



## 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.

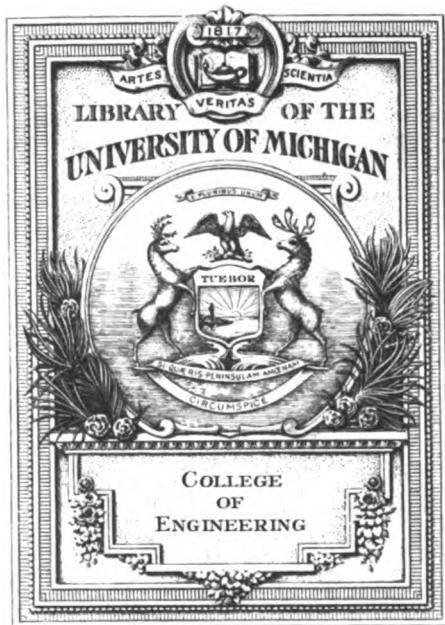
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *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 366139



~~TK~~  
TK

3

.E46







# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

61. Jahrgang

1940

I. Halbjahr

Berlin

Im Buchhandel durch Julius Springer

1940



# Inhaltsverzeichnis

(I. Halbjahr 1940)

## A. Sachverzeichnis

	Seite		Seite
I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen	II	IV. Verbandsnachrichten . . . . .	XIV
II. Persönliches . . . . .	XIII	V. Geschäftliche Mitteilungen . . . . .	XV
III. Schrifttum (insbes. Buchbesprechungen) . . . .	XIV		

**Zeichenerklärung:** \* — größerer Aufsatz. — Brf. — Brief an die ETZ. — B. — Berichtigung. — Votr. — Vortrag. — Bespr. — Besprechung.  
Arch. — Archiv f. Elektrotechn., Bd. 34 (1940). — *E u M* — Elektrotechnik und Maschinenbau.  
Alle Zeichen stehen vor der Seitenzahl. Weitere Abkürzungen s. Abt. A IV, VDE.

### I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen

**Ableiter** s. Überspannungsschutz.  
**Akkumulatoren.**  
Alkalische Batterien. 266.  
**Akustik** s. Technische Akustik.  
**Aluminium** s. Stoffkunde, Leitungen, Wärmetechnik.  
**Analyse** s. Mathematik.  
**Anlasser** (s. a. Regelung, Schaltgeräte).  
Messebericht Anlasser. 212.  
Anlaß- u. Regelgerät f. Brikettpressenantriebe. 212.  
Anlaßeinrichtung „Albo-Knorr“. 213.  
Betriebsverfahren m. Stern-dreieckschaltern. K. Kirsch. \*533.  
**Antennen** s. Funkwesen.  
**Antriebe** s. Maschinenantrieb.  
**Asynchronmaschinen** s. Elektr. Masch.  
**Aufzüge** s. Maschinenantr.  
**Ausstellungen und Messen.**  
— Deutschland.  
— — Leipziger Messe.  
Nachrichten v. d. Leipz. Frühjahrsmesse 1940. 227.  
**Außenhandel** s. Abt. A V, Gesch. Mitt.  
**Bahnbau und Bahnbetrieb** (s. a. Energiewirtschaftl., Schaltger., Signalanl., Stromregelung, Überspann., Überspannungsschutz, Leit.).  
— **Anlagen.**  
Amerika. 156.  
Berlin. 453.

**Bahnbau und Bahnbetrieb.**  
Brünigbahn. 138.  
Deutsches Reich. 453. 501. 593.  
Italien. 405. 593.  
Jungfraubahn. 135.  
Lötschberg. 405.  
New-Haven-Bahn. 156.  
Niederlande. 453.  
Ostmark. 477.  
Schweiz. 43. 65. 135. 138. 155. 405. 502.  
— **Allgemeines.**  
Der Arbeitsverbrauch thermoelekt. u. rein elektr. Fahrzeuge. Nach W. Kummer. 22.  
Wirtschaftliche Stromversorgung v. Wechselstrombahnen. Nach H. Schmidt. 22.  
Die Entwickl. d. elektr. Zugförderung m. Einphasenwechselstr. i. d. Schweiz (Rückblick a. d. letzten Jahre). Nach C. Bodmer. 155.  
Überspannungen i. elektr. Bahnanl. u. ihre Bekämpfung. Nach G. Wilke. 279.  
Leistungsprogramm u. Nennleistung elektrischer Fahrzeuge. Nach C. Bodmer. 346.  
Batterie-Ladevorrichtung f. Eisenbahnpersonenwagen m. Magnesiumkupfersulfid-Gleichrichter. Nach C. A. Kottmann. 404.  
Reichsbahnversuche m. kunststoffisol. Kabeln u. Leit. Nach H. Blatz. 552.  
— **Bahn-Kraftwerke.**  
Die Drehstrom - Drehstrom - Umrichter-anl. Lüttschental d. Jungfraubahn. Nach E. Kern. 135.  
— **Fahrleitungen und Schienen.**  
Schleifschuh-Stromabnehmer. 267.

**Bahnbau und Bahnbetrieb.**  
Vierseilige 110 kV-Bahnstromfernleitung i. d. Ostmark. Nach K. David. 477.  
— **Eisenbahnen.**  
— — **Elektrisierung.**  
Die Elektrisierung d. Brünigbahn. 138.  
Die Elektrisierung d. niederländ. Eisenbahnnetzes. Nach H. J. van Lessen. 453.  
— — **Lokomotiven und Triebwagen.**  
Elektrische Lokomotive Ae 8/14 d. Schweiz. Bundesb. Nach R. Liechty. 43.  
Der Doppelschnelltriebwagen Re 4/8 Nr. 301 d. Schweiz. Bundesb. Nach F. Steiner. 65.  
Betriebseigenschaften d. neuen 3650 PS-Lokomotiven d. New-Haven-Bahn. Nach F. Konn u. F. H. Craton. 156.  
Die Triebwagen Typ ALe der Italienschen Staatseisenbahn. Nach A. D'Arbola. 405.  
Die elektr. Leichttriebzüge d. Lötschbergbahn. Nach H. Werz. 405.  
Der Fahrmotor EKB 1000 d. Reichsbahn-Schnellzuglokomotiven Reihe E 19 f. 180 km/h Geschwindigkeit. Nach H. Hermle. 501.  
Neue 8800 kW-Gotthardlok. Nach C. Bodmer. 502.  
Die neuen elektr. Schnellzüge i. Italien. Nach C. Carli u. S. Rissone. 593.  
Steuerung d. Reichsbahn-Schnellzuglok. Reihe E 19 m. elektr. Zusatzbremse. Nach H. Hermle. 593.  
— — **Meßwagen.**  
Ein neuer Meßwagen z. Untersuchung elektr. Fahrzeuge f. hohe Geschwindigkeiten. Nach K. Großpietsch u. E. W. Curtius. 295.

**Bahnbau und Bahnbetrieb.**— **Straßenbahnen.**

Fein- u. Vielstufenschalter b. Straßenbahnwagen. Nach J. Prüss. 115.

— **Schnellbahnen.**

Die Fahrtsignallöschung b. d. selbsttätigen Signalen d. Berliner S-Bahn. Nach G. Chausette. 453.

**Batterien** s. Akkumulatoren.

**Beglaubigungen** s. Prüfmäster.

**Beleuchtung** s. Lichttechnik.

**Bergbau** (s. a. Erdschluß u. Erdschlußschutz, Lichttechn., Wärmetechn.).  
Berührungsspannungen i. Abbaubeleuchtungen u. ihre Bekämpfung. J. Gonsior. \*233.

Grubenlampen. 265.

Elektrische Verhüttung. 333.

**Berichtigung.**

180. 299. 336.

**Besprechungen** s. Abt. A III, Schrifttum.

**Bildtelegraphie u. Fernsehen** (s. a. Funkw., Leit., Röhren, Meßkunde, Verstärkertechnik, Tagungen).

Die Fernsehantenne auf dem Empire State Building. Nach Nils E. Lindenblad. 15.

Die Entwickl. d. Rundfunks u. d. Fernsehens i. England. Nach N. Ashbridge. 135.

Das Fernsehlaboratorium i. Montrouge. Nach R. Barthélemy. 136.

Lange Energieleitungen z. Übertragung weiter Seitenbänder. Nach E. C. Cork u. I. L. Pawsey. 146.

Der Empfang positiver Bilder b. bildtelegr. Übertragungen. Nach W. Heintze u. H. Schönfeld. 156.

Der Fernsehendienst d. Dtsch. Reichspost. A. Gehrts. \*285.

Die elektronischen Bildzerlegerröhren. Nach J. D. McGee u. H. G. Lubszynski. 373.

Fernsehempfangsantennen. Nach H. O. Roosenstein. 381.

Die Weiterentwickl. unserer Empfangs- u. Bildaufnahmegeräte i. J. 1939. Nach R. Möller u. G. Schubert. 528.

Amerikanische Meßsender f. d. Fernseh- techn. Nach G. Keinath. 528.

Bericht ü. d. Tagung d. Instituts of Radio-Engineers 1939. 552.

**Blindschaltbild** s. Schaltanl. u. Schalttafeln.

**Blitz** s. Überspannung, Erdschluß u. Erdschlußschutz, Leitungen.

**Braunsehe Röhre** s. Meßkunde, Röntgentechnik.

**Brennstoffelement** s. Elektrochemie.

**Brücken** s. Meßkunde.

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

**Bügelisen** s. Wärmetechnik.

**Bürsten** s. Elektr. Masch.

**Chemie** s. Elektrochemie.

**Chlphen** s. Elektrochemie.

**Dampfkessel.**

Die deutschen Einheitskessel. Nach H. Hellmich u. E. Niessen. 175.  
Ausbau d. Kraftw. Brimsdown m. Löffler-Kesseln u. zwei Hochdruck- u. Niederdruckturbinen. 434.

**Dampfkraftwerk** s. Elektrizitätsw.

**Dampflampen** s. Lichttechn.

**Dampfturbine** s. Turbinen.

**Dekafolisolation** s. Leitungen.

**Dellingerereffekt** s. Funkwesen.

**Dielektrika** s. Theor. Elektr., Isolatoren.

**Distanzschutz** s. Schaltgeräte.

**Drahte** s. Leitungen, Theor. Elektr., Wärmetechnik.

**Drahtfunk** s. Fernsprechwesen, Funkwesen, Leitungen.

**Drahtlose Telegraphie** s. Funkwesen.

**Drehbank** s. Werkstatt.

**Drehstrommaschinen** s. Elektr. Masch.

**Drosselspulen** (s. a. Leitungen).

Die elektrostatische Unsymmetrie v. Übertragungsleitungen u. ihr Einfluß a. d. Anwendung v. Petersenspulen. Nach J. A. M. Lyon. 90.

Bewahrung d. Petersenspule in Südafrika. Nach E. F. Rendell u. B. Price. 153.

Berechnung v. Drosseln m. geradem Eisenkern. Nach H. Scheller. 571. Arch. 301.

**Druckgasschalter** s. Schaltgeräte.

**Druckwächter** s. Schaltgeräte.

**Durchschlag** s. Theor. Elektr.

**Einladungen** s. Abt. A IV.

**Einheiten.**

Zahl d. unabhängigen Einheiten i. d. Lehre v. d. elektromagn. Erscheinungen. Nach J. Fischer. 94.

Bestimmung d. absoluten Ampere. Nach H. L. Curtis, R. W. Curtis u. C. L. Critchfield. 407.

**Eisenbahnen** s. Bahnbau.

**Elektrische Maschinen** (s. a. El.-Werke, Magn., Maschinenantr., Meßkde., Normen, Regelung, Schaltanl., Stromr., Transf., Überspann., Theor. Elektr.).

— **Allgemeines.**

Explosionsgeschützte elektr. Betriebsmittel. Nach H. Boiscour. 152.

Messebericht Elektromaschinenbau. 211. Feinmechaniker-Motor. 211.

Spezialisierung, Typung u. Normung i. Elektromotorenbau. R. Schiz. \*275.

Schwingungserscheinungen bei parallel arbeitenden Wechselstrommaschinen. 308.

Die Eigenschwingungen d. einstufigen Stoßanl. F. Lehmhaus. \*323.

— **Theorie u. Entwurf.**

Ein einf. Kreisdiagramm f. d. doppelt erregten magn. Kreis. F. Unger. \*101.

Die Drehzahlkennlinien d. Universalmotors. G. Bolz. \*125.

Hystereseverluste i. Dynamoblechen. Nach F. Brailsford. 298.

Der Entwurf v. Kleinstinduktionsmotoren. Nach F. T. Saunders. 379.

Die Grenzen i. Bau v. elektr. Kleinstmasch. K. Seidl. \*395.

Im konstruktiven Bereich d. Kleinstmotoren. O. Binder. \*445.

Ein neuer Weg z. Bestimm. d. Leistung v. Kleinstmotoren. Nach J. L. C. Löf. 499.

Grenzen d. Theorie b. Entw. elektr. Masch. Nach C. H. Raweliffe. 499.

Über die Fourier-Entwickl. d. Felderreggerkurve v. dreiphas. Durchmesserganzlochwickl. Nach H. Rothert. 503. Arch. 285.

— **Bürsten und Stromwender.**

Bürstenhalter. 212.

**Elektrische Maschinen.**

Stromwendetheorie unter genauerer Berücks. d. Eigenschaften d. Kohlebürste. Nach S. Abe. 402.

— **Erwärmung.**

Mathematische u. experimentelle Untersuchung. ü. d. Erwärmung elektr. Masch. Nach M. Mori. 153.

Die Wirksamk. v. Kühlblechen b. Wicklungen elektr. Masch. Nach F. Moeller. 571.

— **Korrosion.**

Korrosionserscheinung. an elektr. Masch. K. Bätz. \*29.

— **Streuung.**

Magnetische Streuungen a. d. Spulenköpfen d. verteilten Wicklungen. Nach J. Kučera. 328. E u M 1939. 338 u. 364.

— **Gleichstrommaschinen.**

Unipolarmaschine f. kl. Spannungen u. hohe Ströme. M. Zorn. \*358.

— **Synchronmaschinen.**

Über d. Einphasen-Magnetmotor und seine Möglichk., m. mehreren synchron. Drehzahlen laufen zu können. Th. Buchhold. \*7.

Stromrichterbelastung v. Generatoren u. Drehstromnetzen i. vektorieller Darstellung. Nach E. Kübler. 89.

Richtlinien f. d. Bau v. Turbogeneratoren i. d. V. S. Amerika. 132.

Prüfung u. Montage v. gr. Wasserkraftgeneratoren. P. Volkert. Vortr. \*171. 25 000 kVA - Synchron - Blindleistungsmasch. f. Krängede. Nach H. Lundkvist. 176.

Werkzeugmaschinen-Motor. 211.

Nachträglicher Einbau v. Dämpferwickl. b. Generatoren d. Wasserkraftwerks a. Wilson-Dam. Nach R. B. George u. B. B. Bessen. 313.

— **Asynchronmaschinen.**

Berechnung der dch. unisolierte Käfige hervorgerufenen Zusatzverluste b. Asynchronmasch. Nach V. Roßmaier. 32.

Selbsttätige Kraftw. kl. Leistung m. Asynchrongeneratoren. Nach M. L. Besnard. 62.

Regelung v. Asynchronmotoren mittels Stromrichter. Nach R. Savagnone. 154.

Ein neuer Asynchronmotor. Doppelschleifmotor m. einem Käfig. Nach J. Takeuchi. 154.

Messung d. Zusatzverluste v. Asynchronmasch. Nach Th. H. Morgan, W. E. Brown u. A. J. Schumer. 451.

Verallgemeinerte Theorie d. läufergepeisten Drehstrom-Nebenschlußmotors nach Schrage. Nach J.-J. Rudra. 478.

Feldverteilung b. Mehrphasen-Asynchronmasch. Nach W. Kehse. 525.

Über d. Stromwärme i. Läufer d. einphas. Asynchronmotors. Nach K. P. Kovacs. 592.

— **Umformer.**

Schweißumformer oder -umspanner f. d. Handwerk. H. Kaiser. \*203.

**Elektrisierung** s. Bahnbau.

**Elektr. Welle** s. Maschinenantrieb.

**Elektrizitätswerke** (s. a. El. Masch., Energiewirtsch.).

— **Allgemeines.**

Selbsttätige Kraftw. kl. Leistung m. Asynchrongeneratoren. Nach M. L. Besnard. 62.

Reichsarbeitsgemeinschaft „Windkraft“. 482.

**Elektrizitätswerke.**— **Anlagen.**

Amerika. 70.  
Brimsdown. 294. 434.  
Långhag. 332.  
Ottawa. 70.  
Schweden. 332.

— — **Wärmeleistungswerke.**

Dampfkraftwerk Ottawa (Michigan). 70.  
Ausbau d. Kraftwerks Brimsdown m. Löfflerkesseln u. zwei Hochdruck- u. Niederdruckturbinen. 434.  
Die wirtschaftl. Druckgrenze b. Gegen- druckkraftwerk. Nach F. Kaissling. 70.  
Vollautomatische Notstrom- u. Batterie- Lademaschinenätze. 211.  
Entwicklung d. Selbststeuertechnik f. Dieselnostromanl. H. Stößinger. \*269. B. 336.  
Ausbau d. Dampfkraftwerks Brimsdown A. 294.  
Besondere Maßnahmen z. Erhöhung d. Sicherheit d. Energielieferung i. Zell- u. Kunstfaserbetrieben (Notstrom- anlagen). Nach W. Krämer. 394.  
Der Eigenbedarf b. Dampfkraftwerk i. Rahmen d. gesamten Entwurfes. F. Kaißling u. A. Roggendorf. \*437. \*464.

— — **Wasserkraftwerke.**

Flutkraftwerke. W. van Heys. 19.  
Über Gezeiten-Kraftwerke. Nach J. Frank. 21.  
Das Kraftwerk Långhag. Nach S. Malmfors. 332.  
— **Unterwerke.**

Das Unterwerk Distré d. franz. Energie- übertrag. Nach A. Perrin. 526.

— **Geschäftlich-Wirtschaftliches.**

Aus d. Jahresberichten dtsh. Elektrizitäts- werke. 384. 431.

— **Versch. techn. Betriebsfragen.**

Besondere Maßn. z. Erhö. d. Sicherheit d. Energielief. i. Zell- u. Kunstfaser- betr. Nach W. Krämer. 394.

**Elektrizitätswirtschaft s. Energiewirtschaft.****Elektrizitätszähler s. Meßkunde.****Elektroakustik s. Techn. Akustik.****Elektrochemie (s. a. Stoffkde., Meßkde., Theor. Elektr.).**

Entstehung u. Struktur elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxydschichten. Nach W. Baumann. 118.

Neuzeitliche Probleme u. Verfahren d. Elektrochemie. H. Fischer. \*121. \*147.

Wechselstrombrücke z. Bestimm. d. inneren Widerstandes u. d. inneren Kapazität v. Trockenelementen. W. Hübner. \*149.

Das Problem d. Brennstoffelementes. Nach E. Baur. 291.

Chemische Vorgänge i. d. Glimmentladung. Nach W. Holtz u. R. Müller. 333.

Diffusion v. Wasserstoff dch. Eisen. Nach A. Güntherschulze u. A. Winter. 488.

Merkblatt f. d. Verarbeitung v. Chlophen. 530.

**Elektroden s. Wärmetechn.****Elektrofertigung s. Elektroindustrie, Abt. A V.****Elektroindustrie s. Abt. A V.****Elektronen s. Theor. Elektr.**— **Elektronenoptik.**

Der Astigmatismus magn. Linsen. Nach H. Becker u. A. Wallraff. 68. Arch. 43.

Bildfehleruntersuchungen a. einer bild- drehungsfreien magn. Linse. Nach H. Becker u. A. Wallraff. 157. Arch. 115.

Elektronenoptische Spektralanalyse von Hochfrequenzschwingungen. Nach H. E. Hollmann u. A. Thoma. 137.

Über Bildfehlermess. a. einer eisenge- kapselten Linse m. veränderl. Luft- spalt. Nach H. Becker u. A. Wall- raff. 379. Arch. 230.

Der Stand d. Übermikroskopie. Nach B. v. Borries. 429.

Intensitätsfragen u. Auflösungsvermögen d. Elektronenmikroskops. Nach M. v. Ardenne. 530.

Über die Möglichk. d. Untersuchung leb- ender Substanz m. Elektronen- mikroskopen. Nach M. v. Ardenne. 553.

Der Öffnungsfehler v. elektrostat. Rohr- linsen. Nach E. Gundert. 553.

Versuche, Rechn. u. Ergebn. z. Frage d. Auflösungsvermögens b. Übermikro- skop. Nach B. v. Borries u. E. Ruska. 574.

**Elektronenschalter s. Meßkunde, Röhren.****Elektropistole s. Werkstatt, Stoffkunde.****Elektrowärme s. Wärmetechn.****Ellira-Verfahren s. Wärmetechnik.****Empfänger s. Funkwesen.****Energiewirtschaft (s. a. El.-Werke, Bahn- bau u. Bahnbetrieb).**— **Wärmewirtschaft.**

Ausnutzung d. Sonnenwärme. Nach C. G. Abbot. 475.

— **Elektrizitätswirtschaft.**— — **Deutschland.**

Wirtschaftliche Stromversorgung von Wechselstrombahnen. Nach H. Schmidt. 22.

Besondere Maßn. z. Erhö. d. Sicherheit d. Energielief. i. Zell- u. Kunstfaser- betrieben. Nach W. Krämer. 394.

— — **Übriges Europa.**

Die Elektrizitätsversorg. Rumäniens 1938. H. Thiess. \*69.

Ungarns Elektrizitätswirtschaft. Nach H. Keller. 278.

Entwicklung d. belg. Elektrizitätswirtschaft. Nach L. Michel. 278.

Erzeugung u. Verwendung elektr. Energie i. d. Schweiz i. Betriebsjahr 1938/39. 350.

Entwicklung d. türk. Elektrizitätswirtschaft. Nach H. Halet. 386.

**Entladung s. Theor. Elektrot.****Erdschluß und Erdschlußschutz (s. a. Bergbau, Leit., Lichttechn.).**

Erdschlußschlüssel. 218.

Erdungsklemme m. Betätigungsstange. 218.

Kurzschluß-Erdungsvorrichtungen. 218.

Hochspannungszelle mit Erdungsseil. 218.

Berührungsspannungen i. Abbaube- leuchtungen u. ihre Bekämpfung. J. Gonsior. \*233.

Die Blitzschutzwirkung v. Erdseilen b. elektr. Leitungsanl. Nach H. Ziegler. 313.

Die Schutzanlagen d. Boulder Dam-Lei- tung. Nach L. L. Draper. 314.

**Erwärmung s. Elektr. Masch., Wärme- techn.****Expansionsschalter s. Schaltgeräte.****Fahrleitungen s. Bahnbau.****Fassungen s. Installationswesen.****Fehlerortbestimmung s. Leitungen, Meß- kunde.****Feld, elektr., s. Theor. Elektrot., Kon- densatoren, El. Masch.****Feld, magn., s. Leitungen, Theor. Elektr., Magnetismus.****Fernsehen s. Bildtelegraphie u. Fernsehen.****Fernsprechwesen (s. a. Funkw., Fern- wirktechn., Leit., Stromr., Techn. Akustik, Telegraphenw.).**— **Allgemeines.**

Telephonie u. Telegraphie. Nach W. G. Radley. 93.

Die Entwickl. d. drahtl. Telegr. u. Teleph. i. England. Nach C. E. Rickard. 115.

Messeber. Fernmeldetechnik. 223.

Fernsprechen u. Fernschreiben. Nach K. Küpfmüller u. P. Storch. 331.

— **Fernsprechverkehr.**

Eine neue Konferenzanlage m. Lautfern- sprecher o. Röhrenverstärker. E. Hettwig u. A. Pfeiffer. \*207.

Der Einfluß d. Drahtfunks a. Gestaltung u. Techn. d. Fernsprechanl. Nach W. Waldow. 296.

Lärm i. Räumen m. Fernsprechstellen. Nach D. F. Seacord. 363.

— **Fernsprechgeräte.**

Amplitudenfilter u. -begrenzer i. Fern- sprechstromkreisen. Nach A. C. Nor- wine. 44.

Kondensatormikrophon. 224.

Die Amtswachen f. d. Hochfrequenz- Drahtfunk u. ihre Unterbringung i. Fernsprechamt. Nach A. Dold u. W. Ohrogge. 363.

— **Trägerfrequenztechnik.**

Ein verbessertes Dreikanal-Trägerfre- quenz-Fernsprechsystem. Nach J. T. O'Leary, E. C. Blessing u. J. W. Beyer. 6.

Bericht über d. Wirkungsweise d. Träger- stromgeräte f. d. Boulder Dam- Energieübertragungsanlage. Nach J. D. Laughlin. 43.

Ein Zwölfkanal-Trägerfrequenzsystem f. oberird. Leitungen. Nach B. W. Kendall u. H. A. Affel. 93.

Beziehungen zw. Trägerstromsystem u. Leitung. M. Kluge. \*141.

Trägerstrombetrieb i. älteren Fernkabeln. Nach R. Bélus u. L. Simon. 178.

Anforderungen a. d. Linienbau i. Zu- sammenhang m. d. Entwickl. d. Trägersystems f. 12 Kanäle. Nach L. M. Ilgenfritz, R. N. Hunter u. A. L. Withman. 315.

Kupferoxyd-Modulatoren i. Trägerfre- quenz-Fernsprechsystemen. Nach R. S. Caruthers. 346.

— **Selbstanschlußwesen.**

Ein fahrbares Wählamt. Nach R. W. Palmer u. G. A. O. Abbott. 16.

Selbstwählferndienst i. d. Schweiz. Nach E. Frey. 44.

Wählerzentralen. 224.

Sucheinrichtung. 225.

— **Fernwirktechnik (s. a. Funkwesen, Meß- kunde, Signalw.).**

Wahlrufergerät f. drahtl. Fernsteuerung. Nach G. Blaszyk. 36.

Bericht ü. d. Wirkungsweise d. Träger- stromgeräte f. d. Boulder Dam-Ener- gieübertragungsanlage. Nach J. D. Laughlin. 43.

**Fernwirktechnik.**

Fernmessung n. d. Amplituden-Modulationsverfahren. Nach T. Tomituka. 176.

Ferngesteuerte Empfänger f. Funkfern-sprechverbindungen. Nach G. B. Fischer. 406.

Feuchtigkeit s. Meßkunde.

Feuermeldung s. Signalwesen.

Filter s. Fernsprechwesen, Theor. Elektr.

Flechtmaschinen s. Leitungen.

Flutkraftwerke s. Elektr.-Werke.

Flußkreuzung s. Leitungen.

Förderanlagen s. Maschinenantr.

Freileitungen s. Leitungen.

Frequenz s. Meßkunde.

**Funkwesen** (s. a. Bildtelegr., Fernwirk., Isolatoren, Masch.-Antr., Meßkde., Röhren, Telegraphenw., Fernsprechw., Theor. Elektr., Verstärkertechn., Taugungen).

**— Allgemeines.**

Die Entwickl. d. drahtl. Telegr. u. Teleph. i. England. Nach C. E. Rickard. 115.

Bericht ü. d. Tagung d. Instituts of Radio Engineers 1939. 552.

**— Wellenausbreitung.**

Über die Natur des Kurzschwundes. Nach L. V. Berkner. 16.

Über d. Empfindlichkeitsgrenze b. Empfang elektr. Wellen u. ihre Erreichbarkeit. Nach K. Fränz. 116.

Die Gesetze d. Abstrahlung elektromagn. Wellen i. hohlen Ultrakurzwellenleitern v. rechteckigem Querschnitt. Nach H. Buchholz. 136.

Elektromagnetisch. Hohlraumresonatoren i. d. Kurzwellentechn. F. Borgnis. \*461.

Trichter als Sender u. Empfänger elektromagn. Wellen. Nach L. J. Chu u. W. L. Barrow. 480.

Verlustmessungen b. Zentimeterwellen. Nach G. Báz. 501.

Elektrische Wellen an einf. Drähten u. an Paralleldrahtsystemen. Nach K. F. Lindman. 505.

Die Ausbreitung v. Rundfunkwellen ü. d. Erde. Nach B. van der Pol u. H. Bremmer. 564.

**— Rundfunk.**

Die Entwickl. d. Rundfunks u. d. Fernsehens i. England. Nach N. Ashbridge. 135.

**— Drahtfunk.**

Der Einfluß d. Drahtfunks a. Gestaltung u. Techn. d. Fernsprechanl. Nach W. Waldow. 296.

Die Amtswachen f. d. Hochfrequenz-Drahtfunk u. ihre Unterbringung i. Fernsprechanl. Nach A. Dold u. W. Ohlrogge. 363.

Untersuchung d. Übertragungsverhältn. v. Freileit. b. Frequenzen v. 55 bis 1600 kHz. u. bes. Berücks. d. Erfordern. f. d. Drahtfunk. Nach W. Waldow, W. Spang u. W. Fritzsche. 405.

**— Funkstörungen.**

Verhalten v. Hochspannungsisolatoren b. Rundfunkuntersuchungen. Nach Ch. I. Miller jr. 13.

Über d. Rundfunkentstörung v. Aufzugsanl. Nach M. Kreuzritter. \*49.

Eine neue Antennenanordnung z. Verminderung v. Störungen. Nach D. Landon u. D. Reid. 428.

**Funkwesen.**

Die Störverminderung b. Frequenzmodellierung i. Abhängigk. v. d. Amplitudengrenzung. Nach H. Zuhrt. 466.

Bekämpfung v. Funkstörungen. Nach L. Block. 476.

**— Antennen.**

Die Fernsehantenne auf dem Empire State Building. Nach Nils E. Lindenblad. 15.

Antennenzubehör. 225.

Eine Antenne f. breite Frequenzbänder. Nach S. Zisler. 314.

Fernsehempfangsantennen. Nach H. O. Roosenstein. 381.

Eine neue Antennenanordnung z. Verminderung v. Störungen. Nach D. Landon u. D. Reid. 428.

**— Funksender.**

Schwingfrequenz u. Abstimmung b. fremdgesteuerten Einkreisendern. W. Buschbeck. \*25.

Die Erzeugung v. Dezimeterwellen mittels Zweipolröhren. Nach F. B. Llewellyn u. A. E. Bowen. 156.

Ein stabilisierter Kipperschwingungserzeuger. Nach W. E. Kock. 177.

Nachrichtenübermittlung unter Anwendung d. Phasenwinkelmodellierung. Nach M. G. Crosby. 295.

Luftgekühlte Senderröhren. Nach M. v. d. Beck. 331.

Leistung u. Wirkungsgrad d. Magnetfeldröhrensenders i. Gebiet laufzeitunabhängiger Schwingungen. Nach A. F. Harvey. 347.

Empfangsvorsuche m. amplituden- u. frequenzgemodelten Ultrakurzwellensendern. Nach I. R. Weir. 454.

Die Störverminderung b. Frequenzmodellierung i. Abhängigk. v. d. Amplitudengrenzung. Nach H. Zuhrt. 466.

Amerikanische Meßsender f. d. Fernsprech-techn. Nach G. Keinath. 528.

Ein Meßsender f. Ultrahochfrequenz. Nach R. King. 528.

**— Funkempfänger.**

Empfänger m. selbsttätiger Trennschärfe-regelung. Nach F. Farrington. 406.

Ferngesteuerte Empfänger f. Funkfern-sprechverbindungen. Nach G. B. Fischer. 406.

Ein Empfänger f. frequenzmodulierte Schwingungen. Nach J. R. Day. 479.

**— Verschiedene Funk- und Hochfrequenzgeräte.**

Wahlruferät f. drahtl. Fernsteuerung. Nach G. Blasczyk. 36.

Druckempfang i. d. drahtl. Telegr. m. d. Impulsverfahren. Nach E. Hudec. 65.

Das Transitron, eine neue Anordn. m. negativem Widerstand z. Schwingungserzeugung. Nach C. Brunetti. 66.

Wellenfilter m. Kristallgliedern. Nach H. Stanesby u. E. R. Broad. 116.

Hinderniserkennung b. Navigation ohne Sicht. Nach Elie, H. Gutton, Hugen u. Ponte. 136.

Ein stabilisierter Kipperschwingungserzeuger. Nach W. E. Kock. 177.

Kondensatormikrofon. 224.

Quasistabile Frequenzteilerkreise. Nach R. L. Fortescue. 428.

Elektromagnetische Hohlraumresonatoren i. d. Kurzwellentechn. F. Borgnis. \*461.

Zur Theorie d. Siebketten aus X-Schal-tungen. Nach R. Feldtkeller. 594.

**Funkwesen.****— Funkpeilung.**

Automatische Funkpeiler. Nach J. Mari-que. 380.

Gasentladung s. Theor. Elektr.

Gasturbine s. Turbinen.

Generatoren s. Elektr. Masch.

Geschäftl. Mitteilungen s. Abt. A V.

**Geschichte** (s. a. Schaltgeräte, Meß-kunde).

Rückblick a. d. Entwicklungsjahre d. Wechselstromtechnik. G. Brion. \*305

Zehn Jahre Expansionsschalter. F. Kesselring. \*509.

Gewitter s. Überspannung.

Gleichrichter s. Stromrichter.

Glühentladung s. Theor. Elektr.

Glühlampen s. Lichttechn.

**Halbleiter** s. Theor. Elektr., Gleichrichter.

Hebezeuge s. Maschinenantr.

Heißwasser s. Wärmetechn.

Heizung s. Wärmetechn.

Hellschreiber s. Telegraphenwesen.

Herde s. Wärmetechn.

Hochfrequenz s. Funkwesen, Meßkunde.

**Hochfrequenztelefonie** s. Fernsprech-wesen, Funkw., Leit.

Beziehungen zw. Trägerstromsystem u. Leitung. M. Kluge. \*141.

Trägerstrombetrieb i. älteren Fernkabeln. Nach R. Bélus u. L. Simon. 178.

**Hochspannung** s. Schaltgeräte.

**Höhenstrahlung.**

Magnetische Energiebestimmung d. Teilchen d. kosmischen Ultrastrahlung. Nach H. D. Rathgeber. 347.

Der Konstantbereich v. Zählrohren u. d. Auflösungsvermögen v. Verstärkern. Nach K. E. Forsman. 348.

Über d. 12 h-Periode d. Mesotronen-intensität. Nach E. Rau. 481.

**Hohlraumresonatoren** s. Funkwesen.

**Hysterese** s. Magnetismus, Elektr. Masch.

**Installationswesen** (s. a. Schaltanl., Schalt-ger., Leit., Lichttechn.).

Einfache Verbinder f. Aluminium-Kupfer-leiter. 42.

Messebericht Installationstechnik. 219.

Ovale Isolierstoff-Leuchte. 219.

Schaltkasten für einen Kippeschalter. 219.

B. 336.

Doppelschelle f. Feuchtraumleitungen. 220.

Druckentlastete Abstandschelle. 220.

Elgesit-Eindruckschalter. 220.

Imperator-Zangenschelle. 220.

Niedax-Dübel. 220.

Stecker. 220.

Tiefraux-Dübel. 220.

Wasserdichte Abzweigdose. 220.

Aluminium-Zentralklemmen f. Rund-aluminiumschaltanl. 592.

**Institute** (s. a. Wärmetechn., Prüfanter, Stoffkde.).

Bekanntmachung der PTR betr. isolierte Leitungen Nr. 14. 119.

Das Elektrowärme-Forschungsinst. a. d. Dtsch. T. H. zu Prag u. d. Grundl. z. Berechn. elektr. Öfen. Nach F. Niethammer. 279. *E u M* 1939. 256.

Bekanntmachung ü. Kunstharz-Preß-massen f. typisierte u. überwachte Preßstoffe. 282. 300. 317. 352.

**Isolation** (s. a. Elektr. Masch.).

Temperatureinwirkung auf Isolation d. Klasse A. Nach J. J. Smith u. J. A. Scott. 525.

**Isolatoren** (s. a. Korrosion, Funkw., Prüf-eintr., Theor. Elektr., Freileit., Überspannungsschutz).

Verhalten v. Hochspannungsisolatoren b. Rundfunkuntersuchungen. Nach Ch. I. Miller jr. 13.

Die Vakuum-Glimmentladung als Prüf-elektrode. K. Schaudinn. \*73.  
Endverschluß-Isolatoren aus Porzellan. 218.

Lichtbogen-Schutzarmatur für Hängeisolatoren. 218.

Messebericht Isolatoren. 218.

Einf. z. d. Bestimm. ü. Freileitungs-Kettensisolatoren. A. Bürklin u. W. Weicker. \*374.

Einfluß d. Luftfeuchtigkeit a. d. Stoß-überschlagspannung v. Stabfunkenstrecken u. Isolatoren. Nach Y. Ishiguro. 421.

Bildung v. weißem Rost a. feuerverzinkten Tempergußkappen v. Hochspannungsisolatoren. Nach F. Roll. 430.

Alte u. neue Isolatorbauarten i. Schweden. Nach C. Granborg. 450.

Über d. Verhalten v. porös. u. dicht gebrannten Porzellanisolatoren i. hochfrequenten Wechselfeldern. Nach W. Endres. 480.

Die Beladung dielektr. Oberflächen bei Stoßspann. Nach H.-W. Conradt. 529.

Bedeutung d. Glasurfarbe v. Freiluftisolatoren f. d. Überschlagsgefahr. W. Weber u. M. Pfeifer. \*561.

Überschlag-Wechselspann. u. 50%-Überschlag-Stoßspann. von Stabfunkenstrecken. P. Jacottet u. W. Weicker. \*565.

Theorie d. elektr. Durchschlags kristallischer Isolatoren. Nach W. Franz. 595.

**Isolierstoffe** s. Stoffkunde.

**Isolierte Leitung** s. Leitungen.

**Jubiläum** s. Abt. A II, ferner Abt. A V.

**Kabel** s. Leitungen.

**Kabeltrommel** s. Leitungen.

**Kathoden** s. Röhren.

**Kessel** s. Dampfkessel.

**Kipperschwingungen** s. Funkwesen.

**Klemmen** s. Transformatoren u. Wandler, Abt. A IV.

**Kochgeräte** s. Wärmetechn.

**Kohle** s. Stoffkunde.

**Kohlenstaubmotor.** Nach R. Pawlikowski. 456.

**Kommandoanlage** s. Techn. Akustik.

**Kommutator** s. Elektr. Masch.

**Kondensatoren** (s. a. Theor. Elektr.).

Untersuchung d. Feldverlaufs i. Plattenkondensator m. flüssigem Dielektrikum mittels d. elektro-optischen Kerr-effekts. Nach G. Vafiadis. 17.

Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren f. kleinste Kupferverluste. E. v. Halácsy. \*53.

Keramische Kondensatoren. 226.

Messeber. Kondensatoren. 226.

Kondensatorblöcke i. Anzapfschaltung. 227.

Hoch- oder Niederspannungskondensatoren? Nach F. M. Starr. 434.

Elektrolytkondensatoren. Nach Ph. R. Coursey u. S. N. Ray. 500.

**Kondensatormikrophon** s. Techn. Akustik.

**Konferenzanlage** s. Fernsprechwesen.

**Konstruktion** s. Werkstatt.

**Kontakte** s. Schaltgeräte.

**Korona** s. Leitungen.

**Korrosion** (s. a. Elektr. Masch., Isolatoren).

Korrosionserscheinungen an elektr. Masch. K. Bätz. \*29.

Bildung v. weißem Rost a. feuerverzinkten Tempergußkappen v. Hochspannungsisolatoren. Nach F. Roll. 430.

**Kraftübertragung** s. Leitungen.

**Kraftwerke** s. Elektr.-Werke.

**Küche** s. Wärmetechnik.

**Kugelfunkenstrecke** s. Meßkunde.

**Kunststoffe** s. Stoffkunde, Werkstatt.

**Länge** s. Meßkunde.

**Lärm** s. Techn. Akustik, Fernsprechw.

**Lager.**

Metall-Kapillar-Lager. 212.

**Lampen** s. Lichttechn.

**Landwirtschaft** (s. a. Maschinenantr.).  
Molkereimotor. 214.

**Lautsprecher** s. Fernsprechwesen, Techn. Akustik.

**Legierungen** s. Stoffkunde.

**Leistungsfaktor** s. Kondensatoren.

**Leitfähigkeit** s. Theor. Elektr.

**Leitung** s. Theor. Elektr.

**Leitungen** (s. a. Bildtelegr., Erdschluß u. Erdschlußschutz, Fernsprechw., Funkwesen, Hochfrequenzteleph., Install., Meßkde., Schaltger., Rechtspflege, Stoffkde., Theor. Elektr., Stromrichter, Isolatoren).

— **Allgemeines.**

Elektromagnetische Kraftwirk. gr. Ströme i. Innern v. Stromleitern u. deren Berechn. P. Bachert. \*51.

Messebericht Leitungen. 218.

Flechtmaschinen. 267.

Kabeltrommel. 267.

Übertragungsstabilität u. ihre Erfordern. b. d. Kraftübertragung. Nach A. M. Taylor. 314.

Bauzeug f. d. Linienbau i. oberird. Fernsprechnetzen. Nach R. Blain. 315.

Bericht d. Unterausschusses d. AIEE ü. Erfahr. m. Sammelschienen-Schutz-einrichtungen. 332.

Sammelschienen-schutz m. Quotienten-Differentialrelais. Nach R. M. Smith, W. K. Sonnemann u. G. B. Dodds. 361.

Die erste elektr. Gleichstromkraftübertragung m. 50 kV m. Hilfe v. Stromrichtern. Nach P. Egloff u. I.-I. Felix. 591.

Die Gleichstrom-Kraftübertragung Wettingen—Zürich a. d. Schweiz. Landesausstellung. Nach E. Kern. 591.

— **Blitzschutz.**

Die Blitzschutzwirkung v. Erdseilen b. elektr. Leitungsanl. Nach H. Ziegler. 313.

— **Elektr. Leitungs- und Netzberechnung.**  
Über Ermittlung u. Bedeutung d. Unsymmetrie i. Drehstromnetzen. P. Werners. \*353.

Hochfrequenz-Speiseleitung aus drei parallelen Leitern. Nach K. Morita. 553.

Zur Berechnung elektr. Netzwerke. M. Skalicky. 553.

**Leitungen.**

— **Freileitungen.**

Einfache Verbinder f. Aluminium-Kupferleiter. 42.

Die Fern- u. Verteilungsfreileit. d. Zentral- u. Westgebiete i. Frankr. 62.

Die elektrostat. Unsymmetrie v. Übertragungsleit. u. ihr Einfluß a. d. Anwendung v. Petersenspulen. Nach J. A. M. Lyon. 90.

Erfahrungen ü. d. Korona a. d. Übertragungsleitung v. Boulder Dam. Nach B. Cozzens u. W. S. Peterson. 113.

Allgemeine Betriebserfahrungen m. d. Übertragungsleitung Boulder Dam—Los Angeles. Nach W. S. Peterson. 134.

Betriebserfahrungen m. d. Boulder Dam-Leitung. Nach B. Cozzens. 294.

Die Schutzanlagen d. Boulder Dam-Leitung. Nach L. L. Draper. 314.

110 kV-Flußkreuzung. F. Klaus. 401.

Einfluß d. atmosphärischen Bedingungen a. d. Verhalten v. Hochspannungsfreileitungen. Nach H. Josse. 402.

Untersuchung d. Übertragungsverhältn. v. Freileit. b. Frequenzen v. 55 bis 1600 kHz u. bes. Berücks. d. Erfordern. f. d. Drahtfunk. Nach W. Waldow, W. Spang u. W. Fritzsche. 405.

Verlegung v. schwingungsdämpfenden Stahl-Aluminiumseilen. Nach H. Glaßer. 450.

Bestimmung d. Grenzfallspitzenzuges prismatischer Einspannfundamente v. Freileit. K. Kohler. \*491.

Bedeutung d. Glasurfarbe v. Freiluftisolatoren f. d. Überschlagsgefahr. W. Weber u. M. Pfeifer. \*561.

— **Kabel, Allgemeines.**

Aluminium als Baustoff f. Kabelmäntel. Nach F. Hanff, G. Hosse, W. Deisinger. 41.

Über d. Fließvorgänge b. Pressen v. Kabelmänteln. Nach v. Göler u. E. Schmid. 46.

Neuere Erfahrungen m. kunststoffisolierten bzw. -ummantelten Leitungen u. Kabeln. H. Berger. \*97.

Zur Frage d. Verwendung d. Aluminiums als Kabelmantel-Werkstoff. Nach A. Czempiel u. C. Haase. 133.

Die Spannungsverlagerung i. Kabelnetzen E. Kluss. \*337.

Die Zeichenschutzfähigkeit v. Kabelkennfäden. K. Bindewald. 383.

Marine-Kunststoffkabel. Nach Ch. Breitenstein. 477.

Reichsbahnversuche m. kunststoffisol. Kabeln u. Leit. Nach H. Blatz. 552.

— **Starkstromkabel.**

Erwärmung v. Starkstromkabeln. Nach R. W. J. Mackay. 153.

Starkstromkabel m. massiven Teilsektoren. 219.

Betriebserfahrungen m. Endverschlüssen v. Massekabeln. Nach F. Kaiser. 500.

Innendruckkabel f. geringen Gasdruck. Nach G. B. Shanklin. 500.

— **Kabelprüfung u. Kabelfehler.**

Vorausbestimmung v. Fehlern i. Starkstromkabeln. 62.

Neuere Entwickl. i. d. Fehlerortsbestimmung b. Kabeln. Nach J. A. Vahey. 91.

Die Ermittlung v. Überschlagfehlern i. Kabeln. Nach A. T. Starr u. H. T. Gooding. 345.

**Leitungen.**

- **Fernmeldeleitungen.**  
Lange Energieleitungen z. Übertragung weiter Seitenbänder. Nach E. C. Cork u. I. L. Pawsey. 146.
- Trägerstrombetrieb i. älteren Fernkabeln. Nach R. Bélius u. L. Simon. 178.
- Bauzeug f. d. Linienbau i. oberird. Fernsprechnetzen. Nach R. Blain. 315.
- Anforderungen a. d. Linienbau i. Zusammenhang m. d. Entwickl. d. Trägersystems f. 12 Kanäle. Nach L. M. Ilgenfritz, R. N. Hunter u. A. L. Withman. 315.
- **Isolierte Leitungen.**  
Neuere Erfahrungen m. kunststoffisolierten bzw. -ummantelten Leitungen u. Kabeln. H. Berger. \*97.
- Bekanntmachung d. PTR betr. isolierte Leitungen Nr. 14. 119.
- Drähte u. Kabel m. sehr dünner Folienisolation. W. Fischer. \*163.
- Zellglas-Umspinnung v. Dynamodrähten. 212.
- Dekafolisolierung. 219.
- Kunststoffe f. Drahtisolation. Nach W. Patnode, E. J. Flynn u. J. A. Weh. 506.
- Reichsbahnversuche m. kunststoffisol. Kabeln u. Leit. Nach H. Blatz. 552.
- **Maste.**  
110 kV-Flußkreuzung. F. Klaus. 401.
- Bestimmung d. Grenzfallspitzenzuges prismatischer Einspannfundamente v. Freileitungen. K. Kohler. \*491.
- Leuchten s. Lichttechn.**
- Leuchtmassen s. Lichttechnik.**
- Leuchtschaltbild s. Schaltanlagen und Schalttafeln.**
- Lichtbogen s. Theor. Elektr.**
- Lichtbogenöfen s. Wärmetechn.**
- Lichttechnik (s. a. Bergbau, Erdschluß u. Erdschlußschutz, Install., Medizin, Meßkde., Prüfeinr., Regelung, Schalter-, Wärmetechn.).**
- **Allgemeines.**  
Gutes Licht als eine soziale Forderung u. d. Pflege d. Verbreitung lichttechn. Kenntn. i. Deutschland. W. Köhler. \*3.
- Eine einf. Anordnung z. Messung d. Aufładepotentiale elektronenbestrahlter Leuchtstoffschichten. Nach R. Friedrichs u. E. Krautz. 138.
- Anpassung d. beleuchtungstechn. Arbeit a. d. Erfordernisse d. Gegenwart. W. Seelig. \*201.
- Messeber. Lichttechnik. 263.
- Ermüdungserscheinungen elektronenbestrahlter Leuchtmassen. Nach W. Grotheer. 553.
- **Photozellen.**  
Neuartige lichtelektr. gesteuerte Regelgeräte. A. Kuntze. \*195.
- Photoelektr. Zündkerzen-Prüfeinrichtung. 225.
- Lichtgitter-Schutzschranken. 226.
- Raumzelle. 226.
- Photozellenprüfgerät. 226.
- Lichtelektr. Regel- u. Schreibgeräte. 262.
- Lichtelektr. Ausschlagregler. 262.
- Lichtelektr. Kompensationsregler. 262.
- Lichtelektr. Schreiber. 263.
- Ein Photometer z. Untersuchung d. Farbenwiedergabe versch. Lichtquellen. Nach P. M. van Alphen. 362.

**Lichttechnik.**

- Lichtelektrische Feuchtemessung. Ch. Strobel. \*515.
- Zur Kenntnis d. Selen-Photoelements. Nach A. Becker. 554.
- **Ultraviolettstrahlung.**  
Kleinanalysenlampe. 263.
- Künstliche Höhensonnen. 263.
- Solluxlampen. 263.
- Ultra-Lichtpausgerät. 263.
- Hautrötung u. -bräunung dch. UV-Be-strahlung. Nach M. Luckiesh u. A. H. Taylor. 345.
- **Gasentladungslampen.**  
Die Wirtschaftlichk. d. Metaldampflampen. Nach H. Lingenfelder u. E. Schanz. 70.
- Neue Ausführung d. Cooper-Hewitt-Lampe. Nach R. C. Keltling u. L. J. Buttolph. 114.
- Metaldampflampen. 264.
- Mischlichtleuchte. 264.
- Mischlicht dch. Reihenschaltung v. Natriumdampflampen u. Glühlampen i. Wechselstromnetzen. E. Rulla † u. H. Vits. \*413.
- Die Leuchtdichte d. Quecksilberhochdruckentladung. Nach J. Kern. 524.
- Thermokreuzwattmeter z. Mess. an Gasentladungslampen. J. Kühne. \*567.
- **Glühlampen.**  
Trocknung m. Infrarotstrahlung. Nach L. S. Ickis jr. u. H. Haynes. 155.
- Luftschutz-Glühlampen. 263.
- Untersuchungen ü. d. Störanfälligk. v. Glühlampen dch. d. Betrieb v. Lichtbogenöfen. Nach E. Schwabe. 362.
- Mischlicht dch. Reihenschaltung v. Natriumdampflampen u. Glühlampen i. Wechselstromnetzen. E. Rulla † und H. Vits. \*413.
- **Grubenlampen.**  
Grubenlampen. 265.
- **Leuchten.**  
Ovale Isolierstoff-Leuchte. 219.
- Berührungsspannungen i. Abbaubeleuchtungen u. ihre Bekämpfung. J. Gon-sior. \*233.
- Efkalux-Arbeitsleuchte. 264.
- Fabrilux-Leuchten. 264.
- Klein-Analysenlampe. 264.
- Spiegelleuchten. 264.
- Stopflicht. 264.
- Indirekte Leuchten. 265.
- Onmetall-Leuchten. 265.
- **Notbeleuchtung.**  
Notbeleuchtungs- u. Paniklichtschaltergeräte. 214.
- **Scheinwerfer.**  
Die neuere Technik d. militärischen Bogenlichtscheinwerfer. W. Rohloff. Votr. \*389.
- **Außenbeleuchtung.**  
Schnelle Ermittl. mittlerer Beleuchtungsstärken f. Freibleuchtungen. Nach E. Meyer. 479.
- **Innenbeleuchtung.**  
Der Einfluß d. Kriegserfahr. a. d. Entwickl. d. Luftschutzbeleuchtung. E. Kämmerer. \*537.
- **Sehvermögen.**  
Die Anpassungsfähigk. d. menschl. Auges. Nach H. Lossagk. 551.
- Linsen s. Elektronenoptik.**
- Literatur s. Abt. A III.**
- Lokomotiven s. Bahnbau.**
- Lüfter s. Maschinenantrieb.**
- Luftfahrt (s. a. Schaltgeräte).**  
Reihen-Abwurfautomat. 267.

**Luftschutz s. Lichttechnik.**

- Magnetismus (s. a. Elektr. Masch., Höhenstrahlung, Unterricht).**
- Ersatz d. beiden Dreifingerregeln dch. eine einzige. J. Herrmann. 105.
- R. Richter. Brf. 387.
- I. Herrmann. Brf. 387.
- Hystereseverluste i. Dynamoblechen. Nach F. Brailsford. 298.
- Magnetische Energiebestimmung d. Teilchen d. kosmischen Ultrastrahlung. Nach H. D. Rathgeber. 347.
- Spulen f. homogene Magnetfelder. Nach R. H. Lyddane u. A. E. Ruark. 593.
- Maschinenantrieb (s. a. Elektr. Masch., Funkw., Landw., Werkstatt).**
- **Allgemeines.**  
Messebericht Antriebe. 213.
- **Hebezeuge.**  
Über die Rundfunkentstörung v. Aufzugsanl. M. Kreuzritter. \*49.
- Beitrag z. Normalisierung v. Hebezeugbremsen. H. Thomas. \*469.
- Gleich- o. Wechselstr. f. Steuerstromkreise, insbes. f. Aufzüge. P. Donath. \*489.
- **Werkzeugmaschinen.**  
Werkzeugmaschinen-Motor. 211.
- Über d. Bemessung gleichstromgespeister elektromagn. Schlagwerkzeuge. M. Greiner. \*341.
- Das Schwingungsverhalten eines gußeisernen u. eines stählernen Drehbankbettes. Nach H. Kienzle u. H. Kettner. 530.
- **Verschiedene Antriebe.**  
Der elektr. Antrieb v. schweren Metallwalzwerken m. selbsttätiger Steuerung. A. Ohlhoff. \*188.
- Elektrische Welle. 213.
- Molkerei-Motoren. 214.
- Über die Wirtschaftlichkeit v. Regelantr. f. Lüfter. W. Schlotmann. 349.
- Maste s. Leitungen.**
- Mathematik.**  
Neuzeitliche mathem. Maschinen. A. Walther. 33.
- Leitertafeln z. Erleichterung v. Tarifrechnungen. Nach F. Führer. 118.
- Anwendung d. Matrizenrechnung a. Wechselstromvorgänge. Nach S. Noda. 137.
- Die Anwendung d. Matrizenrechnung i. d. Elektrotechn. Nach F. Strecker. 280. Arch. 167.
- Die Herstellung techn. Schaubilder höh. mathem. Grades mittels einf. geometr. Beziehungen. E. Winkel. \*311. \*326.
- Über d. Nyströmsche Stieltjesplanimeter. Nach E. Laurila. 408.
- Harmonischer Analysator. 506.
- Harmonische Analyse v. Drehkraftkurven. Nach A. Bourior. 530.
- Elektrische Darstell. mathem. Funktionen. Nach Chr. Strobel. 596. Arch. 334.
- Matrizen s. Mathematik.**
- Medizin (s. a. Lichttechn., Röhren, Röntgentechn., Elektronenoptik).**  
Elektronenbeschießung v. biolog. Material. Nach F. S. Cooper, C. E. Buchwald, C. O. Hopkins u. R. D. Evans. 17.
- Radiumschutz. 45.
- Kleinanalysenlampen. 263.
- Künstliche Höhensonnen. 263.
- Solluxlampen. 263.
- Ultra-Lichtpausgerät. 263.

**Medizin.**

Neuzeitliche Technik d. Hochspannungsröhren z. Erzeug. v. Röntgenstrahlen u. Neutronen. Nach M. Matricon. 334.

Hautrötung u. -bräunung durch UV-Strahlung. Nach M. Luckiesh u. A. H. Taylor. 345.

Eine besondere leistungsstarke Röntgen-Therapieanl. f. 1,2 MV. A. Nitschke. \*441.

Eine Röntgenröhre f. 1 Mill V. Nach J. H. v. d. Tuuk. 449.

**Messen s. Ausstellungen.**

**Meßkunde** (s. a. Elektr. Masch., Elektrochemie, Fernwirktechn., Funkw., Leit., Lichttechn., Theor. Elektr., Stoffkunde, Wärmetechn., Prüfeinr., Isolatoren.

**— Allgemeines.**

Messeber. Meß- u. Prüfgeräte. 261.

Rückblick a. d. Entwicklungsjahre d. Wechselstromtechn. Meßtechn. Arbeiten. G. Brion. \*309.

Frequenzunabhängige kapazitivohmsche Spannungsteiler f. Meßzwecke. J. Krutsch. Brf. 365.

— O. Zinke. Brf. 366.

**— Prüf- u. Versuchsfelder.**

Rüttelprüfstand. 261.

Neue techn. Meßgeräte z. Isolierstoffprüfung. H. Poleck. \*369.

Gleichlastverfahren z. Prüf. v. Drehstromzählern. H. Nützelberger. \*486.

**— Strom-, Spannungs-, Leistungsmessung.****— — Drehspulmeßgeräte.**

Ein empfindlicher Strom- u. Spannungsschreiber f. 50 bis 10000 Hz. Nach H. F. Grave. 154. Arch. 61.

Kleinstmeßgerät. 261.

Kreuzzeiger-Meßgerät. 261.

Anleger-Meßgeräte. 262.

Meßkoffer. 262.

**— — Oszillographen.**

Ein Mehrfachoszillograph hoher Schreibleistung n. d. Voranodenprinzip. Nach H. Thielen. 113. Arch. 57.

Hochleistungsoszillograph mit abgeschmolzener Braunschwer Röhre. Nach B. v. Borries u. E. Ruska. 154. Arch. 106.

Über d. Beurteilung u. d. objekt. Vergleich d. Meßleistung v. Kathodenstrahl-Osz. Nach B. v. Borries u. E. Ruska. 294. Arch. 161.

Ein Elektronenschalter. Nach C. Dorsman u. S. L. de Bruin. 572.

**— — Messung hoher Spannung.**

Zur Theorie d. Kugelfunkstrecke. Nach S. Whitehead. 15.

Messung v. Stoßspannungen. Nach Y. Ishiguro u. Y. Goshō. 134.

Hochspannungsmessungen mit dem rotierenden Voltmeter. Nach H. Prinz. 379.

Einfluß d. Form d. Stoßspannung a. d. Stoßkennlinie v. Funkenstrecken. Nach A. A. Akopjan. 456.

Elektrostatische Spannungsmessung. Nach J. Müller-Strobel. 479.

Überschlag-Wechselspann. u. 50% Überschlag-Stoßspann. v. Stabfunkenstrecken. P. Jacottet u. W. Weicker. \*565.

**Meßkunde.****— — Gleichrichter-Meßgeräte.**

Beitrag z. Messung mehrwelliger Ströme mittels Gleichrichtergeräten. W. Grunert u. E. Hueter. \*11.

**— — Besondere Leistungsmessungen.**

Leistungsfaktormesser. 261. Multiwattmeter. 262.

**— — Versch. Messungen u. Meßgeräte.**

Messung d. Oberwelligkeit v. Wechselspannungen. C. Moerder. \*77.

— H. Klewe. Brf. 366.

— C. Moerder. Brf. 366.

Entwurf u. Bau einer Kurzwellen-Feldstärkemeßanordnung. Nach F. M. Colebrook u. A. C. Gordon-Smith. 92.

Eine einf. Anordnung z. Messung d. Aufładepotentiale elektronenbestrahlter Leuchtstoffschichten. Nach R. Friedrichs u. E. Krautz. 138.

Geiger-Müller-Zählrohre. 225.

Erdspannungs-Asymmetrier. 263.

Direktes Verfahren z. Messung hoher Gleichströme. Nach R. Fortrat. 279.

Die Ermittlung v. Überschlagerfehlern in Kabeln. Nach A. T. Starr u. H. T. Gooding. 345.

Der Konstanzbereich v. Zählrohren u. d. Auflösungsvermögen v. Verstärkern. Nach K. E. Forsman. 348.

Neue techn. Meßgeräte z. Isolierstoffprüfung. H. Poleck. \*369.

Über Bildfehlermess. a. einer eisengekapselten Linse m. veränderl. Luftspalt. Nach H. Becker u. A. Wallraff. 379. Arch. 230.

Messung d. Zusatzverluste v. Asynchronmaschinen. Nach Th. H. Morgan, W. E. Brown u. A. J. Schumer. 451.

Verlustmessungen b. Zentimeterwellen. Nach G. Böz. 501.

Bestimmung d. Kapazitätsänd. m. d. Fadenausschlag b. Fadenelektrometern. Nach J. Tagger. 501.

Dämpfungsmess. n. d. Quotientenverf. i. d. Hqchfrequenztechn. Nach G. Opitz. 526.

Thermokreuzwattmeter z. Mess. an Gasentladungslampen. J. Kühne. \*567.

Die Messung v. Verlusten b. Hochspannung hoher Frequenz. L. Rohde u. G. Wedemeyer. 577.

Technische Zählrohrgeräte f. Grob- u. Feinstrukturuntersuch. Nach A. Trost. 596.

— **Arbeitsmessung (Elektrizitätszähler).**

Kontrolleinrichtung f. Zähler-Meßsätze. Nach D. Freyér. 14.

Eine neue Zähler-Eicheinrichtung. H. Jürgens. \*161.

Induktionszähler f. einphas. Wechselstr. 279.

Motor-Wattstundenzähler f. Gleichstr. 479.

Gleichlastverfahren z. Prüf. v. Drehstromzählern. H. Nützelberger. \*486.

**— Fernmessung.**

Fernmessung n. d. Amplituden-Modulationsverfahren. Nach T. Tomituka. 176.

**— Frequenzmessung.**

Stroboskopisches Meßgerät f. Frequenz u. Drehzahl. C. H. Sturm. \*103.

Anzeigende Frequenzmeßgeräte f. d. Starkstromtechn. H. Lübeck. \*205.

Anzeigende Frequenzmeßgeräte f. d. Ton- u. Hochfrequenztechn. H. Lübeck. \*252.

**Meßkunde.**

Amerikanische Meßsender f. d. Fernseh-techn. Nach G. Keinath. 528.

Ein Meßsender f. Ultrahochfrequenz. Nach R. King. 528.

**Magnetische Messungen.**

Magnetischer Flußmesser m. Scheibengenerator. Nach G. Cocci u. R. Sartori. 113.

**— Messung versch. Größen.**

Schweißlehre. 263.

Meßverfahren z. Bestimmung d. Temperaturleitfähigkeit u. d. spezifischen Wärme v. Kunststoffen. Nach F. Gottwald. 551.

Elektrischer Drehzahlmesser m. Zweiphasen-Generator. Nach E. B. Brown. 295.

Lichtelektrische Feuchtemessung. Ch. Strobel. \*515.

**— Normale.**

Bestimmung d. absoluten Ampere. Nach H. L. Curtis, R. W. Curtis u. C. L. Critchfield. 407.

**— Registriergeräte.**

Ein registrierendes Voltmeter f. luftelektr. Untersch. Nach E. J. Workman u. R. E. Holzer. 177.

Höchstempfindliche Tintenschreiber m. selbstkompensierendem Verstärker. H. Derigs u. F. Voß. \*193.

Leitfähigkeits-, Meß-, Registrier- und Regelgeräte. 262.

Lichtelektr. Regel- u. Schreibgeräte. 262.

Lichtelektr. Schreiber. 263.

**— Temperaturmessung.**

Temperaturmessung v. Gasen i. Laboratorium u. i. Betrieb. Nach M. G. Ribaud. 65.

Temperaturmessungen i. d. Preßform. Nach H. Horn. 113.

Wärmeleitfähigkeitsmessungen an Isoliersteinen. Nach L. Beuken. 135.

Thermostat. 263.

**— Widerstandsmessung, Brücken.**

Wechselstrombrücke z. Bestimmung d. inneren Widerstandes u. d. inneren Kapazität v. Trockenelementen. W. Hübner. \*149. B. 180.

Leitfähigkeits-, Meß-, Registrier- und Regelgeräte. 262.

Ein neues Gleichstrom-Meßverf. z. Bestimmung d. Ortes eines alladrigen Isolationsfehlers. Nach H. Poleck. 345.

Eine neue Kapazitäts- u. Verlustfaktor-Meßbrücke f. Niederfrequenz mit Hand- u. Selbstabgleich. Nach H. Poleck. 361.

Ein Verfahren z. absoluten Mess. v. Scheinwiderständen b. Frequenzen i. d. Größenordn. v.  $3 \cdot 10^6$  Hz. Nach R. A. Chipman. 451.

Kapazitäts- u. Verlustfaktor-Meßbrücken m. Schleifdraht-Abgleichung. Nach W. Geyger. 452.

Messung kl. Ströme u. Spann. u. kl. Längenänd. m. d. bolometrischen Kompensator. Nach L. Merz u. H. Niepel. 527.

Die Mess. v. Scheinwiderständen i. Geb. d. Dezimeterwellen. Nach N. H. Kaufmann. 550.

Dickenmesser f. dünne nichtmagn. Schichten. Nach M. A. Rusher. 596.

**Meßsender s. Funkw.****Meßwagen s. Bahnbau u. Bahnbetr.****Meßwandler s. Transformatoren.**

- Metalle** s. Stoffkunde.
- Metallspende.**  
Zur Metallspende d. dtsh. Volkes. G. Goldbach. 321.
- Mikrophon** s. Techn. Akustik, Fernsprechwesen.
- Modulation** s. Fernsprechw., Funkw., Theor. Elektr.
- Motor** s. Elektr. Masch., Maschinenantr.
- Netze** s. Leitungen.
- Nomogramm** s. Mathematik, Transf.
- Normale** s. Meßkunde.
- Normen** (s. a. Maschinenantr.) VDE-Best. s. A IV, Verbandsnachr.
- Spezialisierung, Typung u. Normung i. Elektromotorenbau. R. Schiz. \*275.
- Beitrag z. Normalisierung v. Hebezeugbremsen. H. Thomas. \*469.
- Notstromanlagen** s. Elektrizitätswerke, Schaltger., Lichttechn.
- Novachord** s. Techn. Akustik.
- Öfen** s. Wärmetechnik.
- Ölschalter** s. Schaltger.
- Oberwellen** s. Theor. Elektr., Stromrichter.
- Optik** s. Elektronenoptik.
- Oszillograph** s. Meßkunde.
- Peilung** s. Funkwesen.
- Permatron** s. Röhren.
- Persönliches** s. Abt. A II.
- Petersenspule** s. Drosselspulen.
- Photometer** s. Lichttechn.
- Photozellen** s. Lichttechn.
- PTR** s. Institute.
- Piezoelektrizität** s. Theor. Elektrot.
- Preßstoffe** s. Stoffkunde.
- Prüfämter** (s. a. Institute).  
Elektr. Prüfamt. 38. 92.  
Elektr. Prüfamt. 68. 332.  
Prüfungen u. Beglaubigungen. 14. 279. 451. 479.
- Prüfleinrichtungen** (s. a. Isolatoren, Licht. Meßkde., Theor. El., Transf., Stoffkde.)  
Die Vakuum-Glimmentladung als Prüf-elektrode. K. Schaudinn. \*73.  
Magn. u. elektr. Verfahren d. zerstörungsfreien Werkstoffprüfung i. d. V. S. Amerika. Nach H. H. Lester, R. L. Sanford u. N. L. Mochel. 158.  
Eine neue Zähler-Eicheinrichtung. H. Jürgens. \*161.  
Photoelektr. Zündkerzen-Prüfeinr. 225.  
Prüfung d. Gleichstromwandlers u. seine Fehlerkompensation. Nach W. Krämer. 255.  
Rüttelprüfstand. 261.  
Neue Windkanalanlage. 295.
- Prüffelder** s. Meßkunde.
- Prüfstelle des VDE** s. Abt. A IV.
- Quarze** s. Theor. El.
- Quecksilbersdampf** s. Stromrichter.
- Quecksilberlampen** s. Lichttechn.
- Radium** s. Medizin.
- Raumheizung** s. Wärmetechn.
- Rechtspflege.**  
— **Gewerbl. Rechtsschutz.**  
Die Zeichenschutzfähigk. v. Kabelkennfäden. K. Bindewald. 383.
- Regeln d. Schweiz. Elektrotechn. Vereins.** s. A IV.
- Regelung und Widerstände** (s. a. Anlasser, Elektr. Masch., Lichttechn., Wärmetechn., Schaltger., Transf., Stromrichter, Schweißßen).  
— **Spannungsregelung.**  
Dämpfung der dch. Lichtbogenöfen verursachten Spannungsschwank. Nach R. Arnold. 61.  
Lichtelektrischer Kompensationsregler. 262.  
Steuerung d. Stoßspannung b. Schaltversuchen m. getrennter Strom- und Spannungsquelle. Nach A. M. Cassie, F. U. Mason u. L. H. Orton. 364.  
Ein selbsttätig regelnder Transf. f. konstante Spannung. Nach H. Beck. 428.
- **Verschiedenes.**  
Elektrische Temperaturregelung m. Fallbügelgeräten, die nach d. Ausschlagmethode arbeiten. A. Kuntze und K. Branditz. 76.  
Regelung v. Asynchronmotoren mittels Stromrichter. Nach R. Savagnone. 154.  
Neuartige lichtelektr. gesteuerte Regelgeräte. A. Kuntze. \*195.  
Röhrengesteuerte Konstanthaltungs-Einricht. F. Kelbe. 209.  
Anlaß- u. Regelgerät f. Brikettpressenantriebe. 212.  
Lichtelektrischer Ausschlagregler. 262.  
Die Stabilisierung v. Regelanordn. mit Röhrenverstärkern dch. Dämpfung oder elastische Rückführung. Nach E. H. Ludwig. 500. *Arch.* 269.  
Selbsttätige Regelung m. Stromrichtern. Fr. Hölters. \*519.  
Ignitron-Steuerung f. Widerstandsschweißmasch. 572.
- Registriergeräte** s. Meßkunde.
- Reihen-Abwurfautomat** s. Luftfahrt, Schaltger.
- Relais** s. Schaltgeräte.
- Röhren** (s. a. Bildtelegr., Funkw., Medizin, Röntgentechn., Elektronenoptik, Meßkunde).  
Elektronenbeschießung v. biolog. Material. Nach F. S. Cooper, C. E. Buchwald, C. O. Hapkins u. R. D. Evans. 17.  
Das Transitron, eine neue Anordnung m. negativem Widerstand z. Schwingungserzeugung. Nach C. Brunetti. 66.  
Die Erzeugung v. Dezimeterwellen mittels Zweipolröhren. Nach F. B. Llewellyn u. A. E. Bowen. 156.  
Die Entstehung v. Röntgenstrahlen b. Betrieb Braunscher Röhren m. hoher Anodenspannung. Nach H. Bode u. H. Glöde. 175.  
Entladungsröhre aus Hartporzellan. 216.  
Geiger-Müller-Zählrohre. 225.  
Glättungsröhren. 225.  
Messer. Röhren u. Photozellen. 225.  
Oszillographenröhren. 225.  
Das Permatron, eine magn. gesteuerte Elektronenröhre. Nach W. P. Overbeck. 293.  
Luftgekühlte Senderöhren. Nach M. v. d. Beckh. 331.
- Röhren.**  
Neuzeitliche Technik d. Hochspannungsröhren z. Erzeug. v. Röntgenstrahlen u. Neutronen. Nach M. Matricon. 334.  
Leistung u. Wirkungsgrad d. Magnetfeldröhrensenders i. Gebiet laufzeitunabhängiger Schwingungen. Nach A. F. Harvey. 347.  
Die elektronischen Bildzerlegerröhren. Nach J. D. McGee u. H. G. Lubszynski. 373.  
Die neuesten amerikanischen Zyklotrone. Nach A. J. Allen, M. B. Sampson, R. G. Franklin, W. J. Henderson, L. D. P. King, J. R. Risser, H. J. Yearian u. J. D. Howe. 419.  
Neuartige Empfängerröhren. Nach P. G. Cath. 429.  
Eine besonders leistungsstarke Röntgen-Therapieanl. f. 1,2 MV. A. Nitschke. \*441.  
Eine Röntgenröhre f. 1 Mill V. Nach J. H. v. d. Tuuk. 449.  
Wirkungsweise u. prakt. Wert d. Permatrons. Nach W. P. Overbeck. 449.  
Untersuchungen an Hohlkathoden. Nach A. Lompe, R. Seeliger u. E. Wolter. 529.  
Ein Elektronenschalter. Nach C. Dorsman u. S. L. de Bruin. 572.
- Röntgentechnik** (s. a. Medizin, Röhren, Stoffkde., Theor. Elektr.).  
Metallschrot, ein Hilfsmittel b. d. Röntgenprüfung v. Stahlkörpern. Nach C. D. Moriarty. 18.  
Über d. Restionisation v. Gasen unter d. Einwirk. v. Röntgenstrahlen. Nach A. Cotton. 68.  
Die Entstehung v. Röntgenstrahlen b. Betrieb Braunscher Röhren m. hoher Anodenspannung. Nach H. Bode u. H. Glöde. 175.  
Neuzeitliche Technik d. Hochspannungsröhren z. Erzeug. v. Röntgenstrahlen u. Neutronen. Nach M. Matricon. 334.  
Eine besonders leistungsstarke Röntgen-Therapieanl. f. 1,2 MV. A. Nitschke. \*441.  
Eine Röntgenröhre f. 1 Mill V. Nach J. H. v. d. Tuuk. 449.
- Rost** s. Isolatoren.
- Rundfunk** s. Funkwesen.
- Schall** s. Techn. Akustik.
- Schaltanlagen und Schalttafeln** (s. a. Wärmetechn.).  
Neuartige Abstützung v. Sammelschienen i. einer Hochspannungsschaltanl. m. bes. hohen Anford. Nach R. Pink. 14.  
Das Leuchtschaltbild f. elektr. Schaltwarten. Fr. Parschalk. \*247.  
UL-Gehäuserreihe. 256.  
Wandverteilerkasten. 256.  
Einheits-Schalttafel. 257.  
Schaltanlagen f. Industrieöfen. 257.  
Blindschaltbild. 259.  
Betriebsleuchtbilder f. Förder- u. Transportanl. 260.  
Leuchtbildsteuergerät f. Mehrmotorenantriebe. 260.  
Leuchtschaltbild einer kältetechn. Anl. 260.  
Bericht d. Unterausschusses d. AIEE ü. Erfahr. m. Sammelschienen-Schutz-einrichtungen. 332.



**Schaltanlagen und Schalttafeln.**

Einschwingspannung i. einer gr. Umspannungstation. Nach L. Gosland. 402.

**Schaltgeräte** (s. a. Bahnbau, Elektr. Masch., Installat., Leit., Lichttechn., Luftfahrt, Regelung, Überstromschutz, Telegraphenwesen, Wärmetechn., Anlasser).

**— Allgemeines.**

Schaltertechnik i. d. Schweiz. Nach E. Juillard, W. Wanger, Trencham u. Wilkinson, H. Puppikofer, H. Leuch, F. Hug, H. Habich, A. Roth, O. Naef, H. Thommen. 130.

Explosionsgeschützte elektr. Betriebsmittel. Nach H. Boiscour. 152.

Wärmeleitung dch. metallische Kontakte. Nach R. B. Jacobs u. C. Starr. 158.

Einführung z. d. Änderungen an VDE 0670 „Regeln f. Wechselstr.-Hochspannungsgeräte“. E. Krohne. \*166.

Anbaukontakte. 216.

Messebericht Hochspannungsschalter und -geräte. 216.

Messebericht Niederspannungsschalter und -geräte. 256.

Steuerung d. Stoßspannung b. Schaltversuchen m. getrennter Strom- und Spannungsquelle. Nach A. M. Cassie, F. U. Mason u. L. H. Orton. 364.

Ersatz d. leistungsparenden Multiplikationsschaltung dch. d. Koordinatenschaltung. A. Stark. 403.

Einfluß d. Kurzschlußleistungsfaktors a. d. Schaltleistung v. Niederspannungs-Leistungsschaltern. Nach C. J. O. Garrard. 450.

**— Trennschalter.**

Hartgasschalter. 216.

Trennschalter. 216.

Leistungstrennschalter m. Hochleistungssicherungen. 217.

**— Ölschalter.**

Neuartige ölarmer Leistungsschalter. Nach A. Prazak. 92.

Eine neue Form eines ölarmer Leistungsschalters f. 132 kV. Nach C. H. Flurschein. 427.

Höchstspannungs-Ölschalter. 427.

**— Öllose Hochspannungs-Leistungsschalter.**

Die Eignung d. Druckgasschalters f. d. Kurzschlußfortschaltung. G. Brockhaus. \*191.

Zehn Jahre Expansionschalter. F. Kesselring. \*509.

Öllose Leistungsschalter in V. S. Amerika. R. C. Dickinson sowie L. R. Ludwig u. G. G. Grissinger. 526.

**— Installationschalter.**

Schaltkasten für einen Kippschalter. 219. B. 336.

Elgesit-Eindruckschalter. 220.

Stecker. 220.

**— Relais und Schütze.**

Übersicht ü. Distanzschutzeinrichtungen. G. Walther. Votr. \*85.

Aufbau u. Wirkungsweise d. wichtigsten Distanzrelaisysteme. H. Gutmann. Votr. \*107.

Das Zusammenwirken verschiedener Meßverf. i. neuzeitl. Selektivschutzeinr. H. Neugebauer. \*243.

Kleinölschütz. 256.

Luftschütz. 257.

Geräuschloses Schütz. 259.

**Schaltgeräte.**

Empfangsrelais f. d. Telegraphie auf Fernkabeln. Nach J. H. Estoup. 315.

Sammelschienenenschutz m. Quotientendifferentialrelais. Nach R. M. Smith, W. K. Sonnemann u. G. B. Dodds. 361.

Die Planung u. Bemessung v. Schutzzeitr. f. elektr. Netze. H. Titze. Votr. \*471.

Verhalten v. Reaktanzrelais b. zweiseitig gespeisten Kurzschlüssen. H. Gutmann. \*541.

Symmetr. Komponenten d. Leistung b. Richtungsrelais. Nach J. Sallard. 549.

Neuere Erfahr. m. Relaischutz i. d. V. S. Amerika. 549.

**— Versch. Schaltgeräte.**

Die leistungsparende Multiplikationsschaltung. B. Drescher. 90.

Fein- u. Vielstufenschalter b. Straßenbahnwagen. Nach J. Prüss. 115.

Notbeleuchtungs- u. Paniklichtschaltergeräte. 214.

Druckausgleichschalter. 216.

Leistungsschalter f. Fernbetätigung. 217.

Handbedienter Walzenschalter. 258.

Walzenschalter. 259.

Reihenschalter. 259.

Druckwächter. 259.

Fernschalter. 259.

Kurzzeitschalter. 260.

Reihen-Abwurfautomat. 267.

Schaltzeit u. zulässige Schalthäufigk. v. Schnellschaltern. O. Müller. \*467.

Betriebserfahrungen m. Stern dreieckschaltern. K. Kirsch. \*533.

Vereinfachter Präzisions-Zeitschalter f. Widerstandsschweißmasch. Nach F. H. Roby. 573.

**Scheinwerfer s. Lichttechnik.****Schellack s. Stoffkunde.****Schiffahrt (s. a. Leit.).**

Marine-Kunststoffkabel. Nach Ch. Breitenstein. 477.

**Schlagwerkzeuge s. Maschinenantr., Werkstatt.****Schmelzöfen s. Wärmetechn.****Schnellbahnen s. Bahnbau.****Schrifttum s. Abt. A III.****Schütze s. Schalter.**

**Schutzeinrichtungen** s. Schaltgeräte, Elektrische Masch., Überspannungsschutz, Erdschluß u. Erdschlußschutz, Überstromschutz, Leitungen.

**Schweißen s. Wärmetechn.**

**Schweißumformers.** Wärmetechn., Transf., Elektr. Masch.

**Schwingungen, elektr. s. Theor. El.**

**Schwingungen, meehan.** (s. a. Theor. El.). Mechanische Schwingungsentstörung. Nach P. Davey. 94.

**Sammelschienen** s. Leitungen, Schaltanl. u. Schalter.

**Selbstanschluß** s. Fernsprechw.

**Selektivschutz** s. Überstromschutz.

**Sender** s. Funkw.

**Sicherungen** s. Überstromschutz.

**Signalwesen** (s. a. Techn. Akustik, Bahnbau, Fernwirktechnik).

Einrichtung zur selbsttätigen Feuermeldung unter Verwendung d. Wheatstoneschen Brückenschaltung. Nach C. Chouquet. 178.

**Signalwesen.**

20 W-Kommandoanlage. 223.

Die Fahrtsignallöschung b. d. selbsttätigen Signalen d. Berliner S-Bahn. Nach G. Chausette. 453.

Unterwasserschallsignale. Nach S. Rosani. 505.

**Sitzungskalender s. Abt. A IV.**

**Sonnenwärme** s. Energiewirtsch.

**Spinnfasern** s. Stoffkunde.

**Spulen** s. Drosselspulen.

**Ständlicher Aufbau und Neuordnung der Wirtschaft.**

Zum neuen Jahre 1940! M. Kloss. \*1.

**Stecker** s. Installationswesen, Schalter.

**Steuerung** s. Maschinenantrieb, Regelung.

**Störungen** (s. Funkw., Fernsprechw., Erdschluß u. Erdschlußschutz, Überspann., Überstr.).

**Stoffkunde** (s. a. Elektrochem., Meßkde., Leit., Prüfeinr., Röntgentechn., Transf., Werkstatt, Wärmetechn.).

**— Allgemeines.**

Meßverfahren z. Bestimmung d. Temperaturleitzahl u. d. spezifischen Wärme v. Kunststoffen. Nach F. Gottwald. 551.

Gleichstromwiderstand v. Kunststoffen. Nach H. Klingelhöffer u. N. Jasper. 574.

**— Metalle, Allgemeines.**

Metallschrot, ein Hilfsmittel b. d. Röntgenprüfung von Stahlkörpern. Nach C. D. Moriarty. 18.

Papierabdrücke v. Fehlerbildern d. Werkstoffprüfung m. d. Magnetpulver-Verfahren. Nach R. Kienzle u. W. Kolb. 118.

Magn. u. elektr. Verfahren d. zerstörungsfreien Werkstoffprüfung i. d. V. S. Amerika. Nach H. H. Lester, R. L. Sanford u. N. L. Mochel. 158.

Messeber. Werkstoffe. 266.

Die Elektropistole. Nach M. U. Schoop. 316.

Untersuchung bearb. Metalloberflächen mittels Elektroneninterferenzen. Nach E. Plessing. 574.

**— Leichtmetalle.**

Aluminium als Baustoff f. Kabelmäntel. Nach F. Hanff, G. Hosse, W. Deisinger. 41.

Entstehung u. Struktur elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxydschichten. Nach W. Baumann. 118.

Zur Frage der Verwendung des Aluminiums als Kabelmantel-Werkstoff. Nach A. Czempiel u. C. Haase. 133.

Über Stromwandleranschlüsse, unter bes. Berücks. v. Leichtmetall-Schraubverbindungen. Nach K. Wethmüller. 176.

Elektroöfen f. d. Aluminiumerzeugung. J. Wolf. Votr. \*557.

Löten v. Leichtmetallen. Nach R. Schulze. 570.

**— Versch. Metalle u. Legierungen.**

Über die Rekristallisationstemperatur v. Aluminium-Kupfer-Legierungen. Nach W. Bungardt u. E. Osswald. 45.

Hochleistungskontakte aus neuen Legierungen. Nach L. B. Hunt. 280.

Über d. Gold-Chrom-Widerstandslegierung f. Normalwiderstände. Nach A. Schulze. 382.

**Stoffkunde.**

— Kohle

Künstliche Kohle. 266.

— **Preßstoffe.**

Bekanntmachung ü. Kunstharz-Preßmassen f. typisierte u. überwachte Preßstoffe. 282. 300. 317. 352.

Schellack als Preßstoff. 292.

Untersuchungen ü. d. Bohren v. Kunststoffen. Nach E. Sachsenberg und H. Klein. 348.

— **Isolierstoffe**

Neuere Erfahrungen m. kunststoffisol. bzw. -ummantelten Leitungen und Kabeln. H. Berger. \*97.

Chemische Beständigkeit v. Hartpapieren. Nach W. Paul. 138.

Zellglas-Umspinnung v. Dynamodrähten. 212.

Elektrische Untersuchungen a. Spinnfasern. Nach F. Weidmann. 316.

Neue techn. Meßgeräte z. Isolierstoffprüfung. H. Poleck. \*369.

Einführung z. Entw. v. DIN VDE 685 „Keramische Isolierstoffe“. G. Pfestorf u. W. Steger. \*494.

Über d. Wechselstromwiderstand v. keram. Werkstoffen b. Temperaturen bis zu 600°. Nach E.-F. Richter. 554.

**Stoßanlage** s. Überspannung, Theor. Elektrot., Elektr. Masch.**Stoßprüfung** s. Meßkunde.**Stoßspannung** s. Schaltgeräte, Regelung.**Straßenbahnen** s. Bahnbau.**Streuung** s. Elektr. Masch., Transf.**Stroboskop** s. Meßkunde.**Stromabnehmer** s. Bahnbau u. Bahnbetrieb.**Stromerzeugung** s. El.-Werke, Energie-wirtschaft.**Stromrichter** (s. a. Bahnbau, Fernsprechw., Elektr. Masch., Theor. Elektr., Elektrochemie, Regelung, Leit.).— **Allgemeines.**

Stromrichterbelastung v. Generatoren u. Drehstromnetzen i. vektorieller Darstellung. Nach E. Kübler. 89.

Die Drehstrom-Drehstrom-Umrichteranlage Lüttschental d. Jungfraubahn. Nach E. Kern. 135.

Messebericht Stromrichter u. Transf. 214.

Über Hochspannungs-Gleichrichter für Laboratoriumszwecke. G. Häder. \*245.

Gesichtspunkte f. Auswahl u. Betr. von Gleichr. H. Mutschke. \*272.

— R. Ludwig. Brf. 508.

Der Einfluß v. Oberwellen i. Drehstromnetz a. d. Harmonischen d. Gleichspannung u. d. Netzstromes v. Stromrichtern. Nach E. Fässler. 379. Arch. 210.

Diffusion v. Wasserstoff dch. Eisen. Nach A. Güntherschulze u. A. Winter. 488.

— **Trockengleichrichter.**

Trockengleichrichter m. steiler Kennlinie. Nach M. H. E. Giroz. 14.

Der Trockengleichrichter u. seine Anwendung. O. Werner. \*37.

Selen-Trockengleichrichter. 215.

Kupferoxyd-Modulatoren i. Trägerfrequenz-Fernsprechsystemen. Nach R. S. Caruthers. 346.

**Stromrichter.**

Batterie-Ladevorrichtung für Eisenbahnpersonenwagen m. Magnesiumkupfer-sulfid-Gleichrichter. Nach C. A. Kottermann. 404.

Zur Halbleiterttheorie d. Sperrschicht- u. Spitzengleichr. Nach W. Schottky. 478.

— **Quecksilberdampfgefäße.**

Die erste elektr. Gleichstromkraftübertragung m. 50 kV m. Hilfe v. Stromrichtern. Nach P. Egloff u. I. I. Felix. 591.

— **Steuerung von Stromrichtern.**

Der selbstgeführte Wechselrichter in Gegentaktschaltung. Nach P. Brückner. 65. Arch. 1.

Eine Einrichtung z. Erzeugung v. periodischen Spannungskurven, die zur Steuerung v. Gasentladungsgefäßengeeignet sind. Nach G. Clewert. 380.

Selbsttätige Regelung mit Stromrichtern. Fr. Hölters. Votr. \*519.

**Stromwandler** s. Transf.**Synchronmaschinen** s. Elektr. Masch.

Bericht ü. d. Tagung d. Instituts of Radio Engineers 1939. 552.

**Technische Akustik** (s. a. Funkw., Fernsprechw., Signalw.).

Ein einf. Gerät z. Tonaufzeichnung auf Platten. Nach K. de Boer u. A. Th. van Urk. 114.

20 W-Kommandoanlage. 223.

Schallring-Lautsprecher. 224.

Kondensatormikrophon. 224.

Über d. Absorption d. Ultraschalls i. menschlichen Gewebe u. ihre Abhängigk. v. d. Frequenz. Nach R. Pohlmann, R. Richter u. E. Parow. 298.

Klangzerstreuer in Lautsprechern. Nach J. de Boer. 331.

Lärm i. Räumen m. Fernsprechstellen. Nach D.-F. Şeacord. 363.

Über den Einbau v. Lautsprechern. Nach W. Furrer. 455.

Nutzanwendungen d. Ultraschalls. Nach G. Oggioni. 482.

Ultraschallgeneratoren. Nach A. Ciaccia. 482.

Unterwasserschallsignale. Nach S. Rosani. 505.

Das Novachord, ein neues elektr. Musikinstrument. Nach F. D. Merrill. 554.

Ein piezoelektr. Hochleistungs-Ultraschallgeber. Nach W. W. Salisbury u. C. W. Porter. 574.

**Telegraphenwesen** (s. a. Funkwesen, Fernsprechw., Schaltger.).

Druckempfang i. d. drahtl. Telegr. m. d. Impulsverfahren. Nach E. Hudec. 65.

Telephonie u. Telegraphie. Nach W. G. Radley. 93.

Die Entwickl. d. drahtl. Telegr. und Teleph. i. England. Nach C. E. Rickard. 115.

Siemens-Hell-Schreiber. F. Borek. \*237.

Empfangsrelais f. d. Telegraphie auf Fernkabeln. Nach J. H. Estoup. 315.

Fernsprechen und Fernschreiben. Nach K. Küpfmüller u. P. Storch. 331.

Die Telegraphenverbindungen im engl. Weltreich. Nach K. L. Wood. 502.

**Telephonie** s. Fernsprechw.**Temperatur** s. Meßkde., Wärmetechn.**Theoretische Elektrotechnik** (s. a. Elektrochem., Elektr. Masch., Funkw., Isolatoren, Kondens., Meßkde., Röntgentechn., Prüfeinr., Transf., Wärmetechn., Stromr., Leit.).— **Elektr. Feld.**

Untersuchung d. Feldverlaufs i. Plattenkondensator m. flüssigem Dielektrikum mittels d. elektro-optischen Kerreffekts. Nach G. Vafiadis. 17.

Der Einfluß eines elektr. Feldes a. d. innere Reibung v. Flüssigkeiten. Nach H. Menz. 45.

Aufnahme v. Potentialfeldern m. d. Elektrolyttrog. Nach G. Hepp. 529.

— **Durchschlag v. Gasen.**

Elektrische Beanspruchung v. Luft b. hohem Druck. Nach H. H. Skilling. 297.

Untersuchungen ü. d. Durchschlag in verdichteten Gasen. Nach A. H. Howell. 334.

Zündspannungssenkung im inhomogenen Feld. Nach H. Scholthois. 381. Arch. 237.

Zündspannungsänderungen bei techn. Funkenstrecken. Nach W. Fucks u. H. Bongartz. 481.

— **Durchschlag fester Isolierstoffe.**

Theorie d. elektr. Durchschlags kristallischer Isolatoren. Nach W. Franz. 595.

— **Elektr. Durchgang durch Gase.**

Zur Entwickl. v. Kanalentladungen. Nach H. Raether. 68. Arch. 49.

Die Vakuum-Glimmentladung als Prüf-elektrode. K. Schaudinn. \*73.

Durchschlag, Glimmentladung u. lichtelektr. Rückwirkung. Nach W. Rogowski. 117.

Die Anfangscharakteristik d. Townsendentladung i. Edelgasen. Nach H. Büttner. 138.

Untersuchungen d. Druckabhängigkeit v. Gleitentladungen auf Photoplatten. Nach G. Praetorius. 157. Arch. 83.

Über den Zündvorgang d. elektr. Entladung b. Atmosphärendruck. Nach R. Schade. 178.

Chemische Vorgänge i. d. Glimmentladung. Nach W. Holtz u. R. Müller. 333.

Theorie d. kathodischen Entladungsteile einer Niederdruckentladung. Nach W. Weizel, R. Rompe u. M. Schön. 407.

Der Übergang v. d. Glimmentladung i. d. Bogenentladung, hervorgerufen dch. kurzzeitige Stromstöße. Nach H.-J. Höfert. 408.

Über mehrere Arten v. Quecksilber-Hochdrucksäulen u. deren Wärmeleitung. Nach R. Rompe u. P. Schulz. 504.

— **Lichtbogen.**

Lichtbogengradient in verschied. Gasen u. b. verschied. Drücken. Nach C. G. Suits. 67.

Thermische Energieumsetzung i. Lichtbogen. Nach C. G. Suits u. H. Poritsky. 408.

Zum Vorschlag einer neuen Stufung d. Lichtbogenfestigkeit i. VDE 0303. W. Krassowsky. \*447.

— **Elektronentheorie.**

Über d. Beschleunigung goldener Teilchen i. elektromagn. Wechselstromfeld. Nach G. Seiber t. 67. Arch. 31.

**Theoretische Elektrotechnik.**

- Sekundär-Elektronenemission b. Beschuß m. energiereichen Ionen. Nach A. G. Hill, W. W. Buechner, J. S. Clark u. J. B. Fisk. 94.
- Über eine d. Glühkathodenstrahlemission begleitende Materiestrahlung. Nach W. Reichelt. 315.
- Aufladung u. Sekundärelektronenemission. Nach K. Scherer. 333. *Arch.* 143.
- Elektronenbeugung unter Einwirk. geringer Spann. Nach J.-J. Trillat. 481.
- Die Trägheit des Kerreffekts. Nach W. Hanle u. O. Maercks. 595.
- **Wechselströme u. Schwingungen.**
- Die Doppelbrechung elektr. Wellen im Eichenholz. Nach K. F. Lindman. 17.
- Schwingfrequenz u. Abstimmung bei fremdgesteuerten Einkreisendern. W. Buschbeck. \*25.
- Die Ersatzschaltungen d. Transf. Nach H. Pitsch. 133. *E u M* 1939. 384.
- Die Gesetze d. Abstrahlung elektromagn. Wellen i. hohlen Ultrakurzwellenleitern v. rechteckigem Querschnitt. Nach H. Buchholz. 136.
- Leistung u. Dämpfung i. Abschlußwiderständen. M. Skalicky. 157.
- Energetische Betrachtungen a. d. Telegraphengleichg. Nach A. Kneschke. 280. *Arch.* 175.
- Topographisches Verf. z. Behandl. v. Wechselstromaufg. 306.
- Die Eigenschwingungen d. einstufigen Stoßanl. F. Lehnhaus. \*323.
- Die Spannungsverlagerung i. Kabelnetzen. E. Kluss. \*337.
- Der Einfluß v. Oberwellen i. Drehstromnetz a. d. Harmonischen d. Gleichspannung u. d. Netzstromes v. Stromrichtern. Nach E. Fässler. 379. *Arch.* 210.
- Polynom-Vierpole vorgeschriebener Frequenzabhängigkeit. Nach W. Bader. 381. *Arch.* 181.
- Beitrag z. Verwirklichung v. Wechselstromwiderständen vorgeschriebener Frequenzabhängigk. Nach W. Bader. 455. *Arch.* 293.
- Schwingungserzeugung dch. Geschwindigkeitsmodelung. Nach W. C. Hahn u. C. F. Metclaff sowie R. H. Varian 503.
- **Leitung und Leitfähigkeit.**
- Über d. Restionisation v. Gasen unter d. Einwirk. v. Röntgenstrahlen. Nach A. Cotton. 68.
- Die Berechn. d. Stromverteil. i. zylindr. Leitern m. rechteckigem und ellipt. Querschnitt. Nach H. G. Groß. 455. *Arch.* 241.
- Betrachtungen ü. d. Leitfähigk. d. Wassers u. Erklärung d. sonderbaren Einflusses d. gelösten Wassers a. d. Isolationswert d. Öles. Nach J. Borel. 364.
- Zur Theorie der Elektronen-Halbleiter. Nach B. B. A. Nijboer. 407.
- Zur Halbleitertheorie d. Sperrschicht- u. Spitzengleichr. Nach W. Schottky. 478.
- **Piezoelektrizität.**
- Die Frequenz d. Dickenschwingung von Quarzplatten ungleichmäßiger Stärke. Nach J. Koga u. M. Tatibana. 297.

**Theoretische Elektrotechnik.**

- Mechanische Schwingungen eines piezoelektr. angeregten Quarzes. Nach F. Seidl. 364.
- Ein piezoelektr. Hochleistungs-Ultraschallgeber. Nach W. W. Salisbury und C. W. Porter. 574.
- **Verschiedenes.**
- Untersuchungen an v. elektr. Strom erwärmten Drähten. Nach J. Fischer. 157.
- **Induktivität.**
- Die Induktivität eines Siebkontaktes. Nach R. Störmer. 429.
- **Dielekt. Verluste u. Nachwirkung.**
- Berechnung d. Anstieges d. Temperaturverteilung b. Anlegen eines Wechselfeldes an ein Dielektrikum. Nach C. Copple, D. R. Hartree, A. Porter u. H. Tyson. 504.
- Tintenschreiber** s. Meßgeräte.
- Tischfächer.** 266.
- Trägerfrequenztechnik** s. Fernsprechw.
- Trägerstrom** s. Fernsprechwesen.
- Transformatoren und Wandler** (s. a. Elektr. Masch., Regelung, Stoffkunde, Theor. Elektr. Überspann.).
- **Allgemeines.**
- Die Übertragung v. Überspannungen v. d. Oberspannungs- auf d. Unterspannungswickl. v. Transf. Nach M. Wellauer. 63.
- Ein einf. Kreisdiagramm f. d. doppelt erregten magn. Kreis. F. Unger. \*101.
- Die Ersatzschaltungen d. Transf. Nach H. Pitsch. 133. *E u M* 1939. 384.
- Messebericht Stromrichter u. Transformatoren. 214.
- Bemessung v. Transf. Nach K. Faye-Hansen. 293. *Arch.* 121.
- Das Ersatzbild eines Transf. mit mehreren Anzapfungen. M. Skalicky. \*418.
- Nomogramme z. Vorausbestimm. d. Erwärmung v. Transf. Nach R. Marceau. 478.
- Zur Neubearbeitung v. VDE 0532 „Regeln f. Transf.“. W. Krasowsky. 581.
- **Leistungsformatoren.**
- Der wirtschaftlichste Transformator. Nach F. Unger. 63. *Arch.* 20.
- Schweißumformer oder -umspanner f. d. Handwerk. H. Kaiser. \*203.
- Transformator m. Ringkern. 215.
- Leistungsabgabe v. ölgekühlten Transf. b. Änd. d. Wärmeabfuhrbeding. Nach W. Knaack. 293. *E u M* 1939. 233.
- Einführung z. Neufassung d. § 14 „Schaltgruppen u. Schaltungen v. Gleichrichter-Transformatoren“ v. VDE 0555/1936. M. Schenkel. \*397.
- Einführung z. d. Klemmenbezeichnungen v. Stromrichter-Transformatoren § 12 v. VDE 0570/I. 40. M. Schenkel. \*399.
- Oszillatorische Spannungsverteilung i. d. Wicklungen v. Drehstromtransformatoren. Nach S. Miyamoto und Y. Miyoshi. 402.
- Ein selbsttätig regelnder Transf. f. konstante Spannung. Nach H. Beck. 428.
- Die Kupferverluste b. Gleichrichtertanf. Nach H. G. Nolen. 499.
- **Meßwandler.**
- Über Stromwandleranschlüsse, u. bes. Berücks. v. Leichtmetall-Schraubverbindungen. Nach K. Wethmüller. 176.

**Transformatoren und Wandler.**

- Prüfung d. Gleichstromwandlers u. seine Fehlerkompensation. Nach W. Krämer. 255.
- Trafo-Übersetzungsmesser. Nach A. Keller. 572.
- Über die Entkopplung zweier Meßkreise, insbes. b. Spannungswandlern. Nach H. Poleck. 571.
- Transitron** s. Versch. Funk- u. Hochfrequenzger., Röhren.
- Trennschalter** s. Schaltgeräte.
- Trockengleichrichter** s. Stromrichter.
- Turbinen.**
- Eine aerodynam. Wärmekraftanl. Nach I. Ackeret u. C. Keller. 170.
- Entwurf u. Inbetriebnahme neuer Turbinen i. d. V. S. Amerika i. J. 1937. Nach V. Walker. 313.
- Übermikroskop** s. Elektronenoptik.
- Überspannung** (s. a. Übersp.-Schutz, Bahnbau, Elektr. Masch., Theor. El., Transf.).
- **Blitz und Gewitter.**
- Gewittererfahrungen aus amerikan. Freileitungsnetzen f. 110 bis 165 kV. 13.
- Entstehung d. Bahnlinie eines Blitzes u. d. Vorgänge in ihr. Nach B. Walter. 56.
- Der Einfluß einer Wolke bei Blitzmodellversuchen. W. Weber. \*57.
- **Wanderwellen.**
- Die Eigenschwingungen d. einstufigen Stoßanl. F. Lehnhaus. \*323.
- Dämpfung u. Verformung v. Wanderwellen dch. Stromverdrängung. Nach B. G. Gates. 347.
- Mechanische Darstell. v. Wanderwellen. Nach C. F. Wagner. 573.
- **Schaltvorgänge.**
- Überspannungen i. elektr. Bahnanl. u. ihre Bekämpfung. 279.
- **Verschiedenes.**
- Die Übertragung v. Überspann. v. d. Oberspannungs- a. d. Unterspannungswickl. v. Transf. Nach M. Wellauer. 63.
- Überspannungsschutz** (s. a. Bahnbau, Überspann., Isolatoren).
- Hartgasableiter. 217.
- Aus d. Entwickl. d. Kathodenfallableiters f. Hochspannung. H. Geißler. \*229.
- Überspannungen i. elektr. Bahnanl. u. ihre Bekämpfung. 279.
- Hartgasableiter als Überspannungsschutz. Nach G. Frühauf. 477.
- Bedeutung d. Glasurfarbe v. Freiluftisolatoren f. d. Überschlagsgefahr. W. Weber u. M. Pfeifer. \*561.
- Überstromschutz** (s. a. Schaltgeräte).
- **Schmelzsicherungen.**
- Leistungstrennschalter m. Hochleistungssicherungen. 217.
- Das Zusammenwirken verschied. Meßverf. i. neuzeitl. Selektivschutzeinrichtungen. H. Neugebauer. \*243.
- Selektiv-, Querschnitts- u. Rückstromschutz durch Sicherungen i. ein-systemig gespeisten Maschennetzen. P. Wittig. Brf. 387.
- P. Denzel. Brf. 388.

- Ultraschall s. Techn. Akustik.  
 Ultraviolettstrahlung s. Lichttechn.  
 Umformer s. Elektr. Masch.  
 Umrichter s. Stromrichter.  
 Umspannstation s. Schaltanlagen.
- Unfälle.  
 Elektrische Unfälle i. d. Schweiz. Nach F. Siblinger. 46.
- Unipolarmaschinen s. Elektr. Masch.
- Unterricht (s. a. Magn., Werkstatt).  
 Erlaß d. Reichserziehungsministers. 18.  
 Ersatz d. beiden Dreifingerregeln durch eine einzige. I. Herrmann. 105.  
 — R. Richter. Brf. 387.  
 — I. Herrmann. Brf. 387.  
 Zum Verständnis der Konstruktions-tätigkeit i. d. Elektrotechnik. W. Klement. 292.
- Unterwerke s. Elektrizitätswerke.
- VDE s. Abt. A IV.  
 Verkehr s. Fernsprechw., Bahnbau.  
 Verluste s. Transf., Theor. El.  
 Verlustmessungen s. Funkw., Meßkde.  
 Vereinigungen s. Abt. A IV.  
 Verhüttung s. Bergbau, Wärmetechn.
- Verstärkertechnik (s. a. Funkwesen, Bild-telegr., Meßkunde).  
 Der Konstanzbereich von Zählrohren u. d. Auflösungsvermögen v. Verstärkern. Nach K. E. Forsman. 348.  
 Bericht ü. d. Tagung d. Instituts of Radio Engineers 1939. 552.  
 Kurzwellen-Breitbandverstärkung. Nach M. J. O. Strutt u. A. van der Ziel. 594.  
 Ein Verstärker f. sehr kurze Wellen. Nach A. V. Haeff. 362.  
 Empfangsverstärkung breiter Frequenz-bänder (Antennenverstärker). Nach E. Alsleben. 502.
- Vierpole s. Theor. El.
- Wärme s. Meßkunde, Elektr. Masch., Transf., Energiewirtsch., Schalt-geräte, Stoffkunde).  
 Wärmekraft s. El.-Werke.  
 Wärmekraftanlage s. Gasturbine.
- Wärmetechnik (s. a. Bergbau, Institute, Lichttechn., Meßkde., Regelung, Schaltanl., Werkstatt, Stoffkunde).  
 — Allgemeines.  
 Industrielle Elektrowärme. 92.  
 Wärmeleitfähigkeitsmessungen a. Isoliersteinen. Nach L. Beuken. 135.  
 Untersuchungen an v. elektr. Strom erwärmten Drähten. Nach J. Fischer. 157.  
 Wärmeleitung durch metallische Kontakte. Nach R. B. Jacobs und C. Starr. 158.  
 Messebericht Elektrowärme i. Industrie u. Haushalt. 220.  
 — Kochgeräte und elektr. Küche.  
 Erfahrungen m. elektr. Brotbacköfen. Nach E. Kohler. 61.  
 Elektroherd mit Kohleteil. 222.  
 Hochleistungswasserkocher. 223.  
 Keramik-Glühkochplatte. 223.  
 Wasserkocher. 223.
- Wärmetechnik.  
 Wirtschaftliche Durchführung d. elektr. Kochens. Nach G. L. Woolnough u. G. Webster. 350.  
 — Warmwasserbereitung.  
 Heißwasserspender mit Porzellaninnenbehälter. 222.  
 — Raumheizung.  
 Elektrische Heizung f. Handelsschiffe. Nach H. C. MacEwan. 155.  
 Emaille-Leuchtöfen. 223.  
 — Versch. Heizeinrichtungen.  
 Trocknung m. Infrarotstrahlung. Nach L. S. Ickis jr. u. H. Haynes. 155.  
 Bügeleisen. 222.  
 Rohrheizkörper. 223.  
 Klein-Dampferzeuger. 428.  
 — Elektr. Öfen.  
 Über Belastung u. Elektroden großer Elektrostahlöfen. Nach S. v. Hofsten. 44.  
 Dämpfung d. deh. Lichtbogenöfen verursachten Spannungsschwankungen. Nach R. Arnold. 61.  
 Elektr. beheizte Drehherdöfen m. Kippbechern z. Härten v. Massenteilen. S. Herbst. \*199.  
 Kleinhartlötöfen. 221.  
 Luftumwälzöfen. K. A. Lohausen. \*235.  
 Das Elektrowärme-Forschungsinstitut a. d. Dtsch. T. H. zu Prag u. d. Grundl. z. Berechn. elektr. Öfen. Nach F. Niethammer. 279. *E u M 1939. 256.*  
 Schaltanlagen f. Industrieöfen. 257.  
 Elektrische Verhüttung. 333.  
 Untersuchungen ü. d. Störanfälligkeit v. Glühlampen dch. d. Betrieb v. Lichtbogenöfen. Nach E. Schwabe. 362.  
 Elektroöfen f. d. Aluminiumerzeugung. J. Wolf. Votr. \*557.  
 — Schweißen.  
 Die Streufeld-Schweißmaschine. Nach H. Lankau. 114.  
 Die elektr. Widerstandsschweißung von Leichtmetallen. Nach K. Siemens. 115.  
 Schweißumformer oder -umspanner f. d. Handwerk. H. Kaiser. \*203.  
 Punktschweißmaschine. 220.  
 Mehrstellen-Schweißanlage. 221.  
 Schweißumformer. 221.  
 Schweißen von dünnen Stahlblechen. W. Müller. \*240.  
 Schweißlehre. 263.  
 Ein neues selbsttätig-elekt. Schweißverfahren. Nach Fr. Eggelsmann. 280.  
 Das Ellira-Verfahren — ein neues elektr. Schweißverfahren. Nach Ranke u. Tannheim. 405.  
 Ein neues selbsttätiges Lichtbogen-schweißverf. v. besond. Einfachheit. Nach G. Hafergut. 452.  
 Die Herstellung elektr. geschweißter Stahlrohre. Nach M. Sciaky. 508.  
 Ignitron-Steuerung für Widerstands-schweißmasch. 572.  
 Vereinfachter Präzisions-Zeitschalter f. Widerstandsschweißmasch. Nach F. H. Roby. 573.  
 — Temperaturregelung.  
 Elektrische Temperaturregelung m. Fallbügelgeräten, d. n. d. Ausschlagmethode arbeiten. A. Kuntze und K. Branditz. 76.
- Walzwerk s. Maschinenantrieb.  
 Wanderwellen s. Überspannung  
 Wandler s. Transformatoren.  
 Warmwasser s. Wärmetechn.  
 Wasserkraft s. Elektr.-Werke.  
 Wasserkraftgeneratoren s. Elektr. Masch.  
 Wechselströme s. Theor. Elektr.  
 Wechselstrommaschinen s. Elektr. Masch.  
 Wellenausbreitung s. Funkw.
- Werkstatt (s. a. Maschinenantr., Stoffkde., Wärmetechnik).  
 Zum Verständnis d. Konstruktionstätigkeit i. d. Elektrotechnik. W. Klement. 292.  
 Die Elektropistole. Nach M. U. Schoop. 316.  
 Über d. Bemessung gleichstromgespeister elektromagn. Schlagwerkzeuge. M. Greiner. \*341.  
 Untersuchungen ü. d. Bohren v. Kunststoffen. Nach E. Sachsenberg und H. Klein. 348.  
 Die Herstell. elektr. geschweißter Stahlrohre. Nach M. Sciaky. 506.  
 Das Schwingungsverhalten eines gußeisernen u. eines stählernen Drehbankbettes. Nach H. Kienzle und H. Kettner. 530.  
 Löten v. Leichtmetallen. Nach R. Schulze. 570.  
 Untersuchung bearb. Metalloberflächen mittels Elektroneninterferenzen. Nach E. Plessing. 574.
- Werkstoffe s. Stoffkunde.  
 Werkstoffprüfung s. Prüfeinr., Stoffkunde (s. a. Abt. A IV).  
 Werkzeugmaschinen s. Maschinenantr.  
 Wicklungen s. Elektr. Masch., Transf.  
 Windkanalanlage s. Prüfeinrichtungen.  
 Windkraft s. El.-Werke.  
 Wirtschaft s. Energiewirtsch. u. Abt. A V.
- Zähler s. Meßkunde.  
 Zählrohre s. Meßkunde.  
 Zyklotrone s. Röhren.

## II. Persönliches

- Hochschulnachrichten. 228. 299. 336. 435. 507. 555.
- Arco, Georg von †. 507.
- Becker, Karl †. 365.  
 Berthold, Rudolf. 507.  
 Blendermann, Heinrich †. 484. 485 (m. Bild).
- Coulon, Wilhelm. 120.  
 Craemer, Peter. 96.
- Dittes, Paul. †. 409 (m. Bild).  
 Droßbach, Paul. 48.
- Franke, Rudolf. 575. (m. Bild).
- Grabner, Alfred. 299.  
 Grauert, Max. 180.
- Hanaczik, Reinhard †. 47.  
 Hettwig, Emanuel. 48.  
 Hissink, J. W. †. 484 (m. Bild).
- Ohnesorge, Wilhelm. 555.  
 Ossanna, Johann. 600 (m. Bild).

Passavant, Hermann †. 435 (m. Bild).  
Petersen, Waldemar. 531 (m. Bild).

Schlothauer, Reinhold. 387.  
Sequenz, Heinrich. 336.  
Sewig, Rudolf. 435.  
Sienang, R. †. 575 (m. Bild).

Thierbach, Bruno †. 352 (m. Bild).  
Tobler, F. †. 387.  
Todt, Fritz. 336.  
Toepler, Max. 576 (m. Bild).  
Trendelenburg, Ferdinand. 228.  
Troll, Georg †. Von A. Palm. 139.  
Zipp, Hermann †. 599.

### III. Schrifttum

#### Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ)

ETZ-Einbanddecken. 139.

#### Buchbesprechungen

VDE-Fachberichte 1939. 457.  
Lehrgang f. Elektro-Installateure 368.  
Grundfragen der Elektrizitätswirtschaft. 410.  
Gmelins Handb. d. anorg. Chemie. 368.  
Mitteilungen a. d. Forschungsanstalt d. Dt. Reichspost (RPF). 4. Bd. 140.  
Angerer, E. v., Technische Kunstgriffe b. physikal. Untersuchungen. 23.  
Beck, A., Magnesium u. seine Legierungen. 140.  
Becker, R., u. W. Döring, Ferromagnetismus. 23.  
Bergmann, K., Lehrbuch d. Fernmeldetechn. 1. Teil. 458.  
Bergtold, F., Schall u. Klang. 459.  
Blatzheim, H., Fachkunde f. Fernmeldetechnik. 600.  
Boehrer, R., Die Drehzahl-Normung u. ihre wirtschaftl. Auswirkung i. Drehbankbau. 436.  
Bomke, H., Erzeugung v. Atom- u. Ionenstrahlen. 436.  
Diefenbach, W. W., Das große Kurzwellen-u. Ultrakurzwellen-Empfänger-Schaltungsbuch. 411.  
Diesselhorst, H., Magn. Felder u. Kräfte. 367.  
Doerfling, R., Mathematik. 460.  
Döring, W., s. Becker, R.  
Dubbel, H., Taschenbuch f. d. Maschinenbau. 24.  
Dumont, E., Deutsches Jahrbuch f. d. Industrie d. plastischen Massen 1939/1940. 411.  
Faßbender, H., Physik u. Techn. d. Gegenwart. Bd. 7: Einf. i. d. Theorie d. Rundfunk-Siebschaltungen. 460.  
Federn, K., s. Thum, A.  
Geffcken, H., u. H. Richter, Die Photozelle in der Technik. 336.  
Greinacher, H., Physik in Streifzügen. 96.  
Grünwald, R., Die Bedeutung d. Techn. f. d. Gemeinwirtschaft. 367.  
Haake, R., Das Städt. Messe- u. Ausstellungswesen. 268.  
Haberland, F., s. Haberland, G.  
Haberland, G. u. F. Haberland, Elektrotechn. Lehrbücher. 2. Bd. Magnetismus u. Wechselstromtechnik. 180.  
Hartmann, Jul., The air-jet generator. 556.

Hecht, H., Schaltschemata und Differentialgleich. elektr. u. mechan. Schwingungsgebilde. 458.

Holzer, W., Physikal. Medizin in Diagnostik u. Therapie. 532.

Jürgensmeyer, W., Einbau u. Wartung der Wälzlager. 228.

Koch, H., s. Rietz, Dag du.

Lange, B., Die Photoelemente u. ihre Anwend. 2. Teil. 459.

Langer, M., Studien ü. Aufgaben d. Fernsprechtechnik. 2. Teil: Fernverkehr. 180.

Laporte, M., Décharge électrique dans les gaz. 48.

Leonhard, A., Die selbsttätige Regelung i. d. Elektrotechnik. 435.

Leunig, O., Elektr. Masch., Umspanner u. Gleichr. 460.

Linker, P. B. A., Wechselstromaufgaben. 140.

List, H., Die Verbrennungskraftmasch. H. 5: Die Gasmachine. 411.

— H., Die Verbrennungskraftmasch. H. 10: Das Triebwerk schnelllaufender Verbrennungskraftmasch. 411.

Lucas, W., Die Anschluß- und Versorgungspflicht d. Elektrizitätsversorgungsunternehmen nach dem Energiewirtschaftsgesetz. 24.

Lübcke, E., Schallabwehr i. Bau- u. Maschinenwesen. 532.

Matting, A., Anleitungsblätter für das Schweißen u. Löten v. Leichtmetallen. 412.

Mehdorn, W., Kunstharzpreßstoffe u. andere Kunststoffe. 410.

Müller, W., Die Fahrdynamik d. Verkehrsmittel. 555.

Müller-Hillebrand, D., Grundl. d. Erricht. elektr. Anl. i. explosionsgefährd. Betrieben. 459.

Nürnberg, W., Die Prüfung elektr. Masch. 410.

Philippi, W., Leitungen, Schaltgeräte u. Beleuchtung i. Bergwerken unter Tage. 120.

Rietz, Dag du, u. H. Koch, Prakt. Handbuch d. Lichtbogenschweißung. 352.

Röhrs, W., H. Staudinger u. R. Vieweg, Fortschr. d. Chemie, Physik u. Technik d. makromolekularen Stoffe. 160.

Schäfer, W., Transformatoren. 180.

Schmiedel, K., Die Prüfung d. Elektrizitätszähler. 484.

Schnaus, G., Die prakt. Anwendung d. Tarifordnung f. elektr. Energie. 48.

Schröter, F., u. J. Schloemilch, Glimmlampen, Glimmstrecken u. ihre Schaltungen. 336.

Staudinger, H., s. Röhrs, W.

Stenzel, H., Leitfaden z. Berechn. v. Schallvorgängen. 367.

Steuernagel, W., Die Meisterprüfung. 388.

Strigel, R., Elektr. Stoßfestigkeit. 96.

Strutt, J. O., Moderne Kurzwellen-Empfangstechnik. 436.

Thum, A., u. K. Federn, Spannungszustand und Bruchausbildung. 412.

Tomaschek, R., Grimsehl's Lehrbuch d. Physik. 336.

Trendelenburg, F., Einführung i. d. Akustik. 388.

Vieweg, R., s. Röhrs, W.

Wagner, K. W., Operatorenrechnung. 508.

Wasmus, A., Berechnung v. Starkstromleitungen. 24.

Wiesemann, H., Praktische Funktechnik. 23.

### IV. Verbandsnachrichten

#### Verband Deutscher Elektrotechniker

#### VDE-Bestimmungen

(Änd. = Änderungen und Nachträge zu früheren Fassungen und bestehenden Bestimmungen.  
Entw. = vollständiger Abdruck von Entwürfen.)

VDE 0100, Vorschr. nebst Ausführungsregeln f. d. Erricht. v. Starkstromanl. m. Betriebsspann. unter 1000 V. Änd. § 13. 507.

VDE 0100 K, K-Vorschr. nebst Ausführungsregeln f. d. Erricht. v. Starkstromanl. m. Betriebsspann. unter 1000 V. 597.

VDE 0101/XII. 37, Erricht. v. Starkstromanl. m. Betriebsspann. v. 1000 V u. darüber. Änd. 170.

VDE 0165, Leitsätze f. d. Errichtung elektr. Anl. i. explosionsgefährdeten Betriebsstätten u. Lagerräumen. Änd. v. § 3. 351.

VDE 0166, Vorschr. f. d. Errichtung elektr. Anl. i. gefährdeten Räumen v. Sprengstoffbetr. Änd. v. § 3. 351.

VDE 0172, Vorschr. f. d. elektr. Ausrüstung gleisloser explosionsgeschützter Elektrofahrzeuge m. Akkumulatorenbetr. Entw. 498.

VDE 0204 K, K-Vorschr. f. Zink f. Elektrotechnik. 597.

VDE 0210, Vorschr. f. d. Bau v. Starkstrom-Freileit. Änd. 375.

— Einf. dazu. A. Bürklin und W. Weicker. \*374.

VDE 0210 U, Umstellvorschr. f. d. Bau v. Starkstrom-Freileit. Änd. 376.

VDE 0226, Leitsätze f. Maßnahmen a. Fernmeldeanl. u. a. Bahnanl. mit Gleichrichterspeisung i. Hinblick a. gegenseitige Näherungen. Entw. 422.

VDE 0250 K, K-Vorschriften f. isolierte Leitungen i. Starkstromanl. 119. 597.

VDE 0250 U, Umstellvorschr. f. isolierte Leit. i. Starkstromanl. Änd. 84. 544.

VDE 0250 Ue/V 40, Umstell-Vorschr. f. isol. Leit. i. Starkstromanl. 6. Änd. 569.

VDE 0252, Vorschriften f. umhüllte Leitungen. Entw. 82. 518.

VDE 0260/1936 Vorschr. f. Papierbleikabel m. Aluminiumleitern in Starkstromanl., § 7a), Tafel V. Änd. 268.

VDE 0260 U/1937, Umstellvorschr. für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern bis 6 kV, § 7a), Tafel V. Änd. 268.

VDE 0260 K, Vorschr. f. Papierbleikabel m. Aluminiumleitern bis 1 kV. 531.

VDE 0265/1937, Vorschr. f. Gummibleikabel i. Starkstromanl., § 7a) Taf. VI. Änd. 268.

VDE 0265 U/1937, Umstell-Vorschr. für Gummibleikabel i. Starkstromanlag., § 7a) Tafel VI. Änd. 268.

VDE 0270 U/VI. 39, Umstell-Vorschr. f. Starkstrom-Innenraumkabel o. Bleimantel bis 1 kV, § 12c) Änd. 268.

VDE 0283, Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Starkstromanl. 119. 531.

VDE 0303, Leits. f. elektr. Prüf. von Isolierstoffen. Änd. 447.

VDE 0410/X. 38, Meßgeräte. Neufass. 335.

VDE 0418/1932, Zähler. Zusatz zu § 19. 365.  
 VDE 0446, Leitsätze f. d. Prüf. von Isolatoren aus keram. Werkstoffen f. Spann. v. 1000 V an. Änd. 376.  
 — Einf. dazu. A. Bürklin und W. Weicker. \*374.  
 VDE 0448/V. 40, Leits. f. d. Nebel- u. Verschmutzungsprüf. v. Freiluft-Hochspannungsisol. 569.  
 VDE 0530 U/I. 40, Umstellvorschr. für elektr. Maschinen. Änd. 84. B. 139.  
 VDE 0532, Regeln f. Transf. 583.  
 — Einf. dazu W. Krassowsky. \*581.  
 VDE 0532 U/III. 40, Transformatoren. Änd. 344.  
 VDE 0555, Regeln f. Stromrichter. Änd. 398.  
 — Einf. dazu. M. Schenkel. \*397.  
 VDE 0570b/I. 40, Klemmenbezeichn. Änd. 60.  
 — Einf. dazu. M. Schenkel. \*399.  
 VDE 0570, Regeln f. Klemmenbezeichnungen. Änd. 400.  
 VDE 0605 U, Umstellvorschr. f. Installationsrohre f. elektr. Anlagen. Änd. 274. 457.  
 VDE 0608 K, K-Leitsätze f. Klemmen z. Anschluß v. Zinkleitern m. 2,5 mm<sup>2</sup> Nennquerschnitt an Install.-Mat. 597.  
 VDE 0610, Vorschr., Regeln u. Normen f. d. Konstr. u. Prüf. v. Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung. Ergänzt. § 33 u. 36. 507.  
 VDE (610 K, Vorschr., Regeln u. Normen f. d. Konstr. u. Prüf. v. Install.-Mat. bis 750 V Nennspannung. 597.  
 VDE 0610 Uc/IV. 40, Umstellvorschr. f. d. Konstr. u. Prüf. v. Installationsmaterial bis 750 V Nennspann. Änd. 470.  
 VDE 0625 K, Vorschr. f. 2-polige Gerätesteckvorr. u. Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V f. Hand- u. Elektrowärme-geräte. 457.  
 VDE 0635/XI. 39, Vorschr. f. Leitungsschutzsicherungen m. geschl. Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A. 159.  
 VDE 0635a/XI. 39, Leitungsschutzsich. m. geschloss. Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A. Änd. 60.  
 VDE 0660b/IX. 39, Konstruktion, Prüf. u. Verwend. v. Schaltgeräten bis 500 V Wechselspann. u. 3000 V Gleichspann. Änd. 60.  
 VDE 0670, Regeln f. Wechselstr.-Hochspannungsgeräte. Änd. 167.  
 — Einf. dazu. E. Krohne. \*166.  
 VDE 0720/1937, Vorschr. f. Elektrowärme-geräte. 590.  
 VDE 0810, Vorschr. f. isol. Leit. i. Fernmeldeanl. Änd. 547.  
 VDE 0810 U, Vorschr. f. isol. Leit. i. Fernmeldeanl. Änd. 548.

#### Normblätter

DIN VDE 685, Keram. Isolierstoffe. 496.  
 — Einf. dazu. G. Pfestorf und W. Steger. 494.  
 DIN 3348/49, Elektro-Kohleherde. 228.  
 DIN VDE 4912, Elektrowärmetechn., Aufnahmestellen f. Herdkochplatten bis 2500 W. Entw. 47.  
 DIN VDE 4913, Elektr. Haushalterde. Entw. 329.

DIN VDE 4914, Elektr. Haushalterde i. Sonderbauart, Einzel- u. Doppelkochplatten, Tischherde, Einzelbratöfen u. dgl. Entw. 330.  
 DIN VDE 8007, Kappenisolatoren Reihe K, Entw. 1. 377.  
 — Einf. dazu. A. Bürklin und W. Weicker. \*374.  
 DIN VDE 8009, Vollkernisolatoren Reihe VK, Entw. 1. 377.  
 — Einf. dazu. A. Bürklin und W. Weicker. \*374.  
 DIN VDE 8014, Vollkern-Zusatzisolatoren Reihe VKZ, Entw. 1. 378.  
 — Einf. dazu. A. Bürklin und W. Weicker. 374.  
 DIN VDE 9026 U, Pb-Falzrohr m. Mantel aus verbleitem Stahlblech. 457.



#### Prüfstelle des VDE

Zusammenstellung d. erteilten Genehmigungen z. Benutzung d. Verbandskennzeichen. 47.  
 Ablauf d. Prüfzeichengenehmigungen f. Leitungsschutzsicherungen 500 V bis 200 A. 72.  
 Isolierte Leitungen. 119.  
 Genehmigung z. Führung eines Verbandskennfadens f. isolierte Leitungen. 119.  
 Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen z. Benutzung d. Verbandskennzeichen. 299.  
 Leitungsschutzschalter. 299.

#### Mitgliederversammlung

VDE-Fachberichte 1939. 179.

#### Verschiedenes

VDE-Vorschriften f. Starkstrom-Freileitungen als baupolizeil. Richtlinie. 71.  
 Sonderdrucke v. neuen VDE-Arbeiten. 95.  
 Gültigkeit d. VDE-Bestimm. i. Danzig. 159.  
 Gültigkeit d. VDE-Bestimm. i. d. Ostmark. 159.  
 Besuchsabkommen mit ausländ. techn. Vereinig. 281.  
 Gültigkeit der VDE-Bestimm. im Protektorat Böhmen u. Mähren. 483.  
 Sonderdrucke v. neuen VDE-Arbeiten. 483.  
 Übersetzungen v. VDE-Arbeiten. 95. 483.  
 Neu erschienene Normblätter f. Elektrotechnik 597.

#### Bezirk Berlin

(vormals Elektrotechnischer Verein)

#### Einladungen

Bezirksversammlung. 23. 47. 72. 317.  
 Arbeitsgem. 23. 47. 72. 95. 119. 139. 160. 179. 228. 268. 299. 335. 351. 365. 409. 435. 457. 484. 507. 531. 555.  
 Jahresversammlg. 119. 139. 281.  
 Gemeinsame Fachversamml. m. DLTG. 139. 160.  
 Fachgeb. „Elektrizitätswerke u. Unterwerke“. 317. 335.  
 Fachgeb. „Hochspannungsgeräte“. 160. 179.

Fachgeb. „Röhrentechnik“. 299. 317.  
 Fachgeb. „Stromrichter“. 268. 281. 351. 365.  
 Fachgeb. „Theoret. Elektrotechn.“ 179. 228.

#### Vorträge

Gutmann, H., Aufg. u. Wirkungsw. der wichtigsten Distanzrelaissysteme. \*107.  
 Hölters, Fr., Selbsttätige Regelung mit Stromrichtern. \*519.  
 Rohloff, W., Die neuere Techn. d. militär. Bogenlichtscheinwerfer. \*389.  
 Titze, H., Die Planung u. Bemessung v. Schutzzeitr. f. elektr. Netze. \*471.  
 Volkert, P., Prüfung u. Montage von großen Wasserkraftgeneratoren. \*171.  
 Walther, G., Übersicht ü. Distanzschutzzeitr. \*85.  
 Werner, O., Der Trockengleichrichter u. seine Anwendung. \*37.

#### Andere Bezirke des VDE und andere Vereine

Sitzungskal. 23. 47. 72. 95. 120. 139. 160. 179. 228. 281. 268. 299. 317. 335. 351. 365. 387. 409. 435. 457. 484. 507. 531. 555. 575.  
 Deutsche Lichttechn. Ges. 139. 160. 317. 335.  
 Schweiz. Elektrotechn. Verein, Änderung d. Verordnung. 18.  
 Verein Deutscher Bergleute. 317. 335.

#### V. Geschäftliche Mitteilungen

##### Außenhandel

Die deutsche Elektro-Ausfuhr. A. Rachel. \*181.

##### Elektroindustrie

Die Leistungsfähigkeit d. deutschen Elektrofertigung. W. Jaekel. \*183.  
 Barthel, Gustav. 50jähriges Bestehen. 278.  
 Frotzheim & Rudert. 50jähriges Bestehen. 278.  
 Schäffer & Budenberg. 90jähriges Jubiläum. 350.  
 Schuler, L. AG. 100jähriges Bestehen. 350.  
 Städt. Licht- u. Wasserwerk Trabrennbach. 50jähriges Bestehen. 278.  
 Handelsregistereintragungen. 278. 434.

##### Jahresberichten, Aus den — deutscher Elektrizitätswerke.

AG. f. Licht- u. Kraftversorg., München. 431.  
 Alpen-Elektrowerke AG., Wien. 431.  
 Amperwerke Elektrizitäts-AG., München. 433.  
 Badenwerk AG., Karlsruhe. 386.  
 Bayerische Elektrizitäts-Lieferungs-Ges. AG., Bayreuth. 384.  
 Berliner Kraft- u. Licht (Bewag) AG., Berlin. 433.  
 Braunkohlen-Industrie-AG. Zukunft, Weisweiler. 433.  
 Deutsche Continental-Gas-Ges., Dessau. 433.

- Drewag Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG., Dresden. 384.  
 Elektrizitätsverband Gröba, Radebeul 2. 431.  
 Elektrizitätswerk Brandenburg (Havel) AG., Brandenburg a. Havel. 384.  
 Elektrizitäts AG. Mitteldeutschland, Kassel. 386.  
 Elektrizitätswerk Schlesien AG., Breslau. 384.  
 Elektrizitätswerk Unterelbe AG., Hamburg-Altona. 386.  
 Elektrowerke AG., Berlin. 384.  
 EMR Elektrizitätswerk Minden-Ravensberg GmbH., Herford. 386.  
 Esag Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG., Halle a. S. 386.  
 Großkraftwerk Erfurt AG., Erfurt. 384.  
 Großkraftwerk Württemberg AG., Heilbronn. 386.  
 Grube Leopold AG., Bitterfeld. 384.  
 Hamburgische Electricitäts-Werke AG., Hamburg. 433.  
 Hannover-Braunschweigische Stromversorgung AG., Hannover. 386.  
 Kommunales Elektrizitätswerk Mark AG, Hagen. 386.  
 Kraftwerke Main - Wiesbaden AG., Mainz. 433.  
 Kraftwerk Thüringen AG., Gispersleben. 433.  
 Lech-Elektrizitätswerke AG. Augsburg. 384.  
 Main-Kraftwerke AG., Frankfurt a. M.-Höchst. 386.  
 MEW Märkisches Elektrizitätswerk AG. Berlin. 384.  
 Neckar-AG., Stuttgart. 431.  
 Neckarwerke AG., Eßlingen a. N. 386.  
 Niederrheinische Licht- u. Kraftwerke AG, Rheydt. 431.  
 Niederschlesische Elektrizitäts - AG., Hirschberg i. R. 431.  
 Nordwestdeutsche Kraftwerke AG, Hamburg. 434.  
 Österr. Kraftwerke AG., Linz a. d. Donau. 431.  
 Rheinkraftwerk Albrück-Dogern AG., Waldshut a. Rh. 433.  
 Rhein-Main-Donau AG., München. 431.  
 Rhein-Westf. Elektrizitätswerk AG., Essen. 433.  
 Schlesische Elektrizitäts- u. Gas-AG., Gleiwitz. 431.  
 Schleswig-Holsteinische Stromversorgungs-AG., Rendsburg. 431.  
 Schluchseewerk AG., Freiburg i. Br. 386.  
 Steiermärkische Elektrizitäts-Gesellschaft, Graz. 386.  
 Thüringer Electricitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG., Gotha. 386.  
 Überlandwerk Oberschlesien AG., Neiße. 431.  
 Überland - Zentrale Helmstedt AG., Helmstedt. 433.  
 Vorarlberger Kraftwerke AG., Bregenz. 433.

## B. Namenverzeichnis

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt.  
Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II des Sachverzeichnisses.

Zeichenerklärung: \* - größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die ETZ. — B. = Berichtigung. — Votr. = Vortrag. — Bespr. = Besprechung.  
Arch. = Archiv f. Elektrotechn. Bd. 34 (1940). *EM* = Elektrotechnik und Maschinenbau. — Alle Zeichen stehen vor der Seltenzahl.

- Abe, S., Stromwendetheorie unter genauerer Berücks. d. Eigenschaften d. Kohlebürste. 402.
- Abbot, C. G., Ausnutzung d. Sonnenwärme. 475.
- Abbott, G. A. O., s. Palmer, R. W.
- Ackeret, I., u. C. Keller, Eine aerodynam. Wärmekraftanl. 170.
- Affel, H. A., s. Kendall, B. W.
- Akopjan, A. A., Einfluß d. Form d. Stoßspannung a. d. Stoßkennlinie v. Funkenstrecken. 456.
- Allen, A. J., M. B. Sampson, R. G. Franklin, W. J. Henderson, L. D. P. King, J. R. Risser, H. J. Yearian u. J. D. Howe, Die neuesten amerikanischen Zyklotrone. 419.
- Alphen, P. M. van, Ein Photometer z. Untersuchung d. Farbenwiedergabe versch. Lichtquellen. 362.
- Alsleben, E., Empfangungsverstärkung breiter Frequenzbänder (Antennenverstärker). 502.
- D'Arbela, A., Die Triebwagen Typ ALE der Italienischen Staatseisenbahn. 405.
- Ardenne, M. v., Intensitätsfragen und Auflösungsvermögen d. Elektronenmikroskops. 530.
- Über d. Möglichkeit d. Untersuchung lebender Substanz m. Elektronenmikroskopen. 553.
- Arnold, R., Dämpfung d. durch Lichtbogenöfen verursachten Spannungsschwankungen. 61.
- Ashbridge, N., Die Entwickl. d. Rundfunks u. d. Fernsehens i. England. 135.
- Bachert, P., Elektromagn. Kraftwirk. gr. Ströme i. Innern v. Stromleitern u. deren Berechn. \*51.
- Backhaus, H., Bespr. 388.
- Bader, W., Beitrag z. Verwirklichung v. Wechselstromwiderständen vorgegebener Frequenzabhängigkeit. 455. *Arch.* 293.
- W., Polynom - Vierpole vorgegebener Frequenzabhängigkeit. 381. *Arch.* 181.
- Bätz, K., Korrosionserscheinungen an elektr. Masch. \*29.
- Bäz, G., Verlustmessungen b. Zentimeterwellen. 501.
- Barrow, W. L., s. Chu, L. J.
- Barthélemy, R., Das Fernsehlabor. i. Montrouge. 136.
- Bauer, W., Bespr. 336.
- W., Bespr. 96.
- Baumann, W., Entstehung u. Struktur elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxydschichten. 118.
- Baur, E., Das Problem d. Brennstoffelementes. 291.
- Beck, H., Ein selbsttätig regelnder Transf. f. konstante Spannung. 428.
- M. v. d., Luftgekühlte Senderöhren. 331.
- Becker, A., Zur Kenntnis d. Selenphotoelements. 554.
- Becker, H., u. A. Wallraff, Über Bildfehlermess. an einer eisengekapselten Linse m. veränderl. Luftspalt. 379. *Arch.* 230.
- Bildfehleruntersuchungen a. einer bilderdrehungsfreien magn. Linse. 157. *Arch.* 115.
- Der Astigmatismus magn. Linsen. 68. *Arch.* 43.
- Bélu, R., u. L. Simon, Trägerstrombetrieb in älteren Fernkabeln. 178.
- Berck, F., Siemens-Hell-Schreiber. \*237.
- Berger, H., Neuere Erfahrungen mit kunststoffisolierten bzw. -ummantelten Leitungen u. Kabeln. \*97.
- Berger, R., Bespr. 532.
- Bergmann, L., Bespr. 556.
- Bergtold, F., Bespr. 23.
- Berkner, L. V., Über die Natur d. Kurzschwundes. 16.
- Besnard, M. L., Selbsttätige Kraftw. kl. Leistung mit Asynchronen. 62.
- Bessesen, B. B., s. George, R. B.
- Beuken, L., Wärmeleitfähigkeitsmessungen an Isoliersteinen. 135.
- Beyer, J. W., s. O'Leary, J. T.
- Binder, L., Bespr. 457.
- O., Im konstruktiven Bereich d. Kleinstmotoren. \*445.
- Bindewald, K., Die Zeichenschutzfähigkeit. 383.
- Blain, R., Bauzeug f. d. Linienbau i. oberird. Fernsprechnetzen. 315.
- Blaszyk, G., Wählrufergerät f. drahtl. Fernsteuerung. 36.
- Blatz, H., Reichsbahnversuche m. kunststoffisol. Kabeln u. Leit. 552.
- Blessing, E. C., s. O'Leary, J. T.
- Block, L., Bekämpfung von Funkstörungen. 476.
- Bobek, K., Bespr. 24.
- Bode, H., u. H. Glöde, Die Entstehung von Röntgenstrahlen b. Betrieb Braunschauer Röhren mit hoher Anodenspannung. 175.
- Bodmer, C., Neue 8800kW-Gotthardlok. 502.
- C., Leistungsprogramm und Nennleistung elektr. Fahrzeuge. 346.
- C., Die Entwickl. d. elektr. Zuförderung m. Einphasenwechselstrom i. d. Schweiz (Rückblick a. d. letzten Jahre). 155.
- Boer, J. de, Klangzerstreuer in Lautsprechern. 331.
- K. de, u. A. Th. van Urk, Ein einf. Gerät z. Tonaufzeichnung auf Platten. 114.
- Boiscour, H., Explosionsgeschützte elektr. Betriebsmittel. 152.
- Bolz, G., Die Drehzahlkennlinien des Universalmotors. \*125.
- Bongartz, H., s. Fucks, W.
- Borel, J., Betrachtungen ü. d. Leitfähigkeit d. Wassers u. Erklärung d. sonderbaren Einflusses d. gelösten Wassers a. d. Isolationswert d. Öles. 364.
- Borgnis, F., Elektromagn. Hohlraumresonatoren i. d. Kurzwellentechn. \*461.
- Borries, B. v., u. E. Ruska, Über d. Beurteilung u. d. objekt. Vergleich d. Meßleistung v. Kathodenstrahl. Osz. 294. *Arch.* 161.
- B. v., Der Stand d. Übermikroskopie. 429.
- B. v., u. E. Ruska, Hochleistungsoszillograph m. abgeschmolzener Braunschauer Röhre. 154. *Arch.* 106.



- Borries, B. v., u. E. Ruska. Versuche, Rechn. u. Ergebn. z. Frage d. Auflösungsvermögens b. Übermikroskop. 574.
- Bourier, A., Harmonische Analyse von Drehkraftkurven. 530.
- Bowen, A. E., s. Llewellyn, F. B.
- Brailsford, F., Hystereseverluste in Dynamoblechen. 298.
- Branditz, K., s. Kuntze, A.
- Brauer, G., Bespr. 140.
- Breitenstein, Ch., Marine-Kunststoffkabel. 477.
- Breitenstein, Ch., Max Grauert. 180.
- Bremmer, H., s. Pol, B. van der.
- Brion, G., Rückblick a. d. Entwicklungsjahre d. Wechselstromtechnik. \*305.
- Broad, E. R., u. H. Stanesby, Wellenfilter m. Kristallgliedern. 116.
- Brockhaus, G., Die Eignung d. Druckgasschalters f. d. Kurzschlußfortschaltung. \*191.
- Brown, E. B., Elektr. Drehzahlmesser m. Zweiphasen-Generator. 295.
- Brown, W. E., s. Morgan, Th. H.
- Brückner, P., Der selbstgeführte Wechselrichter in Gegentaktschaltung. 65. *Arch. 1.*
- Brüderlink, R., Bespr. 367.
- Bruin, S. L. de, s. Dorsman, C.
- Brunetti, C., Das Transitron, eine neue Anordnung m. negativem Widerstand z. Schwingungserzeugung. 66.
- Buchhold, Th., Über d. Einphasen-Magnetmotor u. seine Möglichk., mit mehreren synchr. Drehzahlen laufen zu können. \*7.
- Buchholz, H., Die Gesetze d. Abstrahlung elektromagn. Wellen in hohlen Ultrakurzwellenleitern v. rechteckig. Querschnitt. 136.
- Buchwald, C. E., s. Cooper, F. S.
- Buechner, W. W. s. Hill, A. G.
- Bürklin, A., u. W. Weicker, Einf. z. d. neuen Bestimm. ü. Freileitungskettenisolatoren. \*374.
- Büttner, H., Die Anfangscharakteristik d. Townsendladung i. Edelgasen. 138.
- Bungardt, W., u. E. Osswald, Über die Rekristallisationstemperatur von Aluminium-Kupfer-Legierungen. 45.
- Buschbeck, W., Schwingfrequenz u. Abstimmung b. fremdgesteuerten Einkreislern. \*25.
- Buttolph, L. J., s. Kelting, R. C.
- Cames, W., Bespr. 411.
- Carli, C., u. S. Rissone, Die neuen elektr. Schnellzüge i. Italien. 593.
- Caruthers, R. S., Kupferoxyd-Modulatoren i. Trägerfrequenz-Fernsprechsystemen. 346.
- Cassie, A. M., F. U. Mason u. L. H. Orton, Steuerung d. Stoßspannung b. Schaltversuchen m. getrennter Strom- u. Spannungsquelle. 364.
- Cath, P. G., Neuartige Empfängerröhren. 429.
- Chausette, G., Die Fahrtsignallöschung b. d. selbsttätigen Signalen d. Berliner S-Bahn. 453.
- Chipman, R. A., Ein Verfahren zur absoluten Mess. v. Scheinwiderständen b. Frequenzen i. d. Größenordn. von  $3 \times 10^8$  Hz. 451.
- Chouquet, C., Einrichtung zur selbsttätigen Feuermeldung unter Verwendung d. Wheatstoneschen Brückenschaltung. 178.
- Chu, L. J., u. W. L. Barrow, Trichter als Sender u. Empfänger elektromagn. Wellen. 480.
- Ciaccia, A., Ultraschallgeneratoren.
- Clark, J. S., s. Hill, A. G.
- Clewert, G., Eine Einrichtung zur Erzeugung v. periodischen Spannungs-kurven, d. z. Steuerung v. Gasentladungsgefäßen geeignet sind. 380.
- Cocci, G., u. R. Sartori, Magn. Flußmesser m. Scheibengenerator. 113.
- Colebrook, F. M., u. A. C. Gordon-Smith, Entwurf u. Bau einer Kurzwellen-Feldstärkemeßanordnung. 92.
- Conradt, H.-W., Die Beladung dielektr. Oberflächen b. Stoßspannungen. 529.
- Cooper, F. S., C. E. Buchwald, C. O. Hopkins u. R. D. Avans, Elektronenbeschleunigung v. biologischem Material. 17.
- Copple, C., D. R. Hartree, A. Porter u. H. Tyson, Berechn. d. Anstieges d. Temperaturverteilung b. Anlegen eines Wechselfeldes an ein Dielektrikum. 504.
- Cork, E. C., u. I. L. Pawsey, Lange Energieleitungen zur Übertragung weiter Seitenbänder. 146.
- Cotton, A., Über d. Restionisation von Gasen unter d. Einwirk. von Röntgenstrahlen. 68.
- Coursey, Ph., R. u. S. N. Ray, Elektrolitkondensatoren. 500.
- Cozzens, B., Betriebserfahr. m. d. Boulder-Dam-Leitung. 294.
- B., u. W. S. Peterson, Erfahrungen ü. d. Korona a. d. Übertragungsleitung v. Boulder Dam. 113.
- Craton, F. H., s. Konn, F.
- Critchfield, C. L., s. Curtis, H. L.
- Crosby, M. G., Nachrichtenübermittlung unter Anwendung d. Phasenwinkelmodellierung. 295.
- Curtis, H. L., R. W. Curtis und C. L. Critchfield, Bestimmung d. absoluten Ampere. 407.
- R. W., s. Curtis, H. L.
- Curtius, E. W., s. Großpietsch, K.
- Czempel, A., u. C. Haase, Zur Frage d. Verwendung d. Aluminiums als Kabelmantel-Werkstoff. 133.
- Davey, P., Mechan. Schwingungsstörung. 94.
- David, K., Vierseilige 110 kV-Bahnstromfernleitung i. d. Ostmark. 477.
- Day, J. R., Ein Empfänger f. frequenzmodulierte Schwingungen. 479.
- Deisinger, W., s. Hanff, F.
- Denzel, P., Selektiv-, Querschnitts- und Rückstromschutz dch. Sicherungen in einsystemig gespeisten Maschen-netzen. Brf. 388.
- Derigs, H., u. F. Voss, Höchstepfindliche Tintenschreiber m. selbstkompensierendem Verstärker. \*193.
- Dickinson, R. C., L. R. Ludwig und G. G. Grissing, Öllose Leistungsschalter in V. S. Amerika. 526.
- Dodds, G. B., s. Smith, R. M.
- Dold, A., u. W. Ohlrogge, Die Amtsweichen f. d. Hochfrequenz-Drahtfunk u. ihre Unterbringung i. Fernsprechamt. 363.
- Donath, P., Gleich- o. Wechselstr. für Steuerstromkreise, insbes. f. Aufzüge. \*489.
- Dorsman, C., u. S. L. de Bruin, Ein Elektronenschalter. 572.
- Draeger, W., Bespr. 555.
- Draper, L. L., Die Schutzanlagen der Boulder Dam-Leitung. 314.
- Drescher, B., Die leistungssparende Multiplikationsschaltung. 90.
- Eggelsmann, Fr., Ein neues selbsttätig-elekt. Schweißverfahren. 280.
- Egloff, P., u. I.-I. Felix, Die erste elektr. Gleichstromkraftübertragung m. 50 kV m. Hilfe v. Stromrichtern. 591.
- Elie, H. Gutton, Hugon und Ponte, Hinderniserkennung b. Navigation ohne Sicht. 136.
- Endres, Über d. Verhalten von porös und dicht gebrannten Porzellanisolatoren i. hochfrequenten Wechsel-feldern. 480.
- Esch, W., Bespr. 410.
- Estoup, J. H., Empfangsrelais f. d. Telegraphie auf Fernkabeln. 315.
- Evans, R. D., s. Cooper, F. S.
- Fässler, E., Der Einfluß v. Oberwellen i. Drehstromnetz a. d. Harmonischen d. Gleichspannung u. d. Netzstromes v. Stromrichtern. 379. *Arch. 210.*
- Farrington, F., Empfänger m. selbsttätiger Trennschärferegelung. 406.
- Faye-Hansen, K., Bemessung von Transf. 293. *Arch. 121.*
- Feldtkeller, R., Zur Theorie d. Siebketten aus X-Schaltungen. 594.
- Felix, I.-I., s. Egloff, P.
- Fischer, G. B., Ferngesteuerte Empfänger f. Funkfernsprechverbindungen. 406.
- H., Neuzeitl. Probleme u. Verfahren d. Elektrochemie. \*121. \*147.
- J., Untersuchungen an von elektr. Strom erwärmten Drähten. 157.
- J., Zahl d. unabhängigen Einheiten i. d. Lehre v. d. elektromagn. Erscheinungen. 94.
- W., Drähte u. Kabel m. sehr dünner Folienisolation. \*163.
- Fisk, J. B., s. Hill, A. G.
- Flurschein, C. H., Eine neue Form eines ölarmen Leistungsschalters für 132 kV. 427.
- Flynn, E. J., s. Patnode, W.
- Forsman, K. E., Der Konstanzbereich v. Zählrohren u. d. Auflösungsvermögen v. Verstärkern. 348.
- Fortescue, R. L., Quasistabile Frequenzteilerkreise. 428.
- Fortrat, R., Direktes Verfahren zur Messung hoher Gleichströme. 279.
- Fränz, K., Über d. Empfindlichkeitsgrenze b. Empfang elektr. Wellen u. ihre Erreichbarkeit. 116.
- Frank, J., Über Gezeiten-Kraftwerke. 21.
- Franklin, R. G., s. Allen, A. J.
- Franz, W., Theorie d. elektr. Durchschlags kristallischer Isolatoren. 595.
- Frerichs, R., u. E. Krautz, Eine einf. Anordnung z. Messung d. Aufladepotentiale elektronenbestrahlter Leuchtstoffschichten. 138.
- Frey, E., Selbstwählerdienst in der Schweiz. 44.
- Freyer, D., Kontrolleinrichtung für Zähler-Meßsätze. 14.
- Friedrich, A., B. Thierbach †. 352.
- Fritz, J. C., Bespr. 412.
- J. C., Bespr. 352.
- Fritzsche, W., s. Waldow, W.
- Frühauf, G., Hartgasableiter als Überspannungsschutz. 477.

- Fucks, W., u. H. Bongartz, Zündspannungsänd. b. techn. Funkenstrecken. 481.
- Führer, F., Leitertafeln z. Erleichterung v. Tarifrechnungen. 118.
- Furrer, W., Über d. Einbau v. Lautsprechern. 455.
- Garrard, C. J. O., Einfl. d. Kurzschlußleistungsfaktors a. d. Schalteistung v. Niederspannungs-Leistungsschaltern. 450.
- Gates, B. G., Dämpfung u. Verformung v. Wanderwellen dch. Stromverdrängung. 347.
- Gehrts, A., Der Fernsehdienst d. Dtsch. Reichspost. \*285.
- Geißler, H., Aus d. Entwickl. des Kathodenfallableiters f. Hochspannung. \*229.
- George, R. B., u. B. B. Bessesen, Nachtrgl. Einbau v. Dämpferwickl. b. Generatoren d. Wasserkraftwerks am Wilson-Damm. 313.
- Geyger, W., Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücken m. Schleifdraht-Abgleichung. 452.
- Giroz, M. H. E., Trockengleichrichter m. steiler Kennlinie. 14.
- Glaßer, H., Verlegung v. schwingungsdämpfenden Stahl-Aluminiumseilen. 450.
- Glöde, H., s. Bode, H.
- Göler, v., u. E. Schmid, Über d. Fließvorgänge b. Pressen v. Kabelmängeln. 46.
- Goldbach, G., Zur Metallspende des dtsh. Volkes. 321.
- Gonsior, J., Berührungsspann. i. Abbaubeleuchtungen u. ihre Bekämpfung. \*233.
- Gooding, H. T., s. Starr, A. T.
- Gordon-Smith, A. C., s. Colebrook, F. M.
- Gosho, Y., s. Ishiguro, Y.
- Gosland, L., Einschwingspannung in einer gr. Umspannung. 402.
- Gottwald, F., Meßverfahren z. Bestimmung d. Temperaturleitfähigkeit u. d. spezifischen Wärme v. Kunststoffen. 551.
- Granborg, C., Alte u. neue Isolatorbauarten i. Schweden. 450.
- Grave, H. F., Ein empfindlicher Strom-u. Spannungsschreiber f. 50 bis 10 000 Hz. 154. Arch. 61.
- Greiner, M., Über d. Bemessung gleichstromgespeister elektromagn. Schlagwerkzeuge. \*341.
- Grissinger, G. G., s. Dickinson, R. C.
- Groß, H. G., Die Berechn. d. Stromverteil. i. zylindr. Leitern m. rechteckigem u. ellipt. Querschnitt. 455. Arch. 241.
- Großpietsch, K., und E. W. Curtius, Ein neuer Meßwagen z. Untersuchung elektr. Fahrzeuge f. hohe Geschwindigkeit. 295.
- Grotheer, W., Ermüdungserschein. elektronenbestrahlter Leuchtmasen. 553.
- Grunert, W., u. E. Hueter, Beitrag zur Messung mehrwelliger Ströme mittels Gleichrichtergeräten. \*11.
- Güntherschulze, A., u. A. Winter, Diffusion v. Wasserstoff dch. Eisen. 488.
- Gundert, E., Der Öffnungsfehler v. elektrostat. Rohrlinsen. 553.
- Gutmann, H., Aufbau u. Wirkungsweise d. wichtigsten Distanzrelais-systeme. Vortr. \*107.
- Verhalten v. Reaktanzrelais b. zweiseitig gespeisten Kurzschlüssen. \*541.
- Gutton, H., s. Elie.
- Haase, C., s. Czempel, A.
- Haberland, G., Bespr. 180.
- Habich, H., s. Juillard, E.
- Häder, G., Über Hochspannungs-Gleichrichter f. Laboratoriumszwecke. \*245.
- Haef, A. V., Ein Verstärker f. sehr kurze Wellen. 362.
- Hafergut, G., Ein neues selbsttätiges Lichtbogenschweißverf. v. besond. Einfachheit. 452.
- Hahn, W. C., u. C. F. Metclaff, sowie R. H. Varian, Schwingungserzeugung dch. Geschwindigkeitsmodellierung. 503.
- Halacsy, E. v., Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren f. kleinste Kupferverluste. \*53.
- Halet, H., Entwickl. d. türk. Elektrizitätswirtschaft. 386.
- Hamel, G., Bespr. 460.
- Hanff, F., G. Hosse, W. Deisinger, Aluminium als Baustoff f. Kabelmängel. 41.
- Hanle, W., u. O. Maereks, Die Tragheit d. Kerreffekts. 595.
- Hapkins, C. O., s. Cooper, F. S.
- Hartmann, Jul., The acoustic air-jet generator. 556.
- Hartree, D. R., s. Copple, C.
- Harvey, A. F., Leistung u. Wirkungsgrad d. Magnetfeldröhrensenders im Gebiet laufzeitunabhängiger Schwingungen. 347.
- Haynes, H., s. Ickis jr., L. S.
- Heintze, W., u. H. Schönfeld, Der Empfang positiver Bilder b. bildtelegr. Übertragungen. 156.
- Hellmich, H., u. E. Niessen, Die deutschen Einheitskessel. 175.
- Henderson, W. J., s. Allen, A. J.
- Hepp, G., Aufnahme v. Potentialfeldern m. d. Elektrolyttrog. 529.
- Herbst, S., Elektr. beheizte Drehherdöfen m. Kippbechern z. Härten von Massenteilen. \*199.
- Hermle, H., Der Fahrmotor EKB 1000 d. Reichsbahn-Schnellzuglokomotiven Reihe E 19 f. 180 km/h Geschwindigkeit. 501.
- Steuerung d. Reichsbahn-Schnellzuglo. Reihe E 19 m. elektr. Zusatzbremse. 593.
- Herrmann, J., Ersatz d. beiden Dreifingerregeln dch. eine einzige. 105. Brf. 387.
- Hettwig, E., u. A. Pfeiffer, Eine neue Konferenzanlage m. Lautsprechern o. Röhrenverstärker. \*207.
- Heys, W. v., Flutkraftwerke. 19.
- Hill, A. G., W. W. Buechner, J. S. Clark u. J. B. Fisk, Sekundär-Elektronenemission b. Beschuß m. energiereichen Ionen. 94.
- Höferr, H.-J., Der Übergang v. d. Glimmentladung i. d. Bogenentladung, hervorgerufen dch. kurzzeitige Stromstöße. 408.
- Hölters, Fr., Selbsttätige Regelung m. Stromrichtern. Vortr. \*519.
- Hoerner, K., Bespr. 460.
- Hofsten, S. v., Über Belastung u. Elektrotren gr. Elektrostahlöfen. 44.
- Hollmann, H. E., u. A. Thoma, Elektronenopt. Spektralanalyse v. Hochfrequenzschwingungen. 137.
- Holtz, W., u. R. Müller, Chemische Vorgänge i. d. Glimmentladung. 333.
- Holzer, R. E., s. Workman, E. J.
- Horn, H., Temperaturmessungen i. d. Preßform. 113.
- Hosse, G., s. Hanff, F.
- Howe, J. D., s. Allen, A. J.
- Howell, A. H., Untersuchungen ü. d. Durchschlag i. verdichtet. Gasen. 334.
- Hudec, E., Druckempfang i. d. drahtl. Telegr. m. d. Impulsverfahren. 65.
- Hübner, W., Wechselstrombrücke zur Bestimmung d. inneren Widerstandes u. d. inneren Kapazität v. Trockenelementen. \*149. B. 180.
- Hueter, E., s. Grunert, W.
- Hug, F., s. Juillard, E.
- Hugen, s. Elie.
- Hunt, L. B., Hochleistungskontakte aus neuen Legierungen. 280.
- Hunter, R. N., s. Ilgenfritz, L. M.
- Ickis jr., L. S., u. H. Haynes, Trocknung m. Infrarotstrahlung. 155.
- Ilgenfritz, L. M., R. N. Hunter u. A. L. Withman, Anforderungen a. d. Linienbau i. Zusammenhang m. d. Entwickl. d. Trägersystems f. zwölf Kanäle. 315.
- Ishiguro, Y., u. Y. Gosho, Messung v. Stoßspannungen. 134.
- Jacobs, R. B., u. C. Starr, Wärmeleitung dch. metallische Kontakte. 158.
- Jacottet, P., u. W. Weicker, Überschlag-Wechselspann. u. 50% Überschlag-Stoßspann. v. Stabfunkenstrecken. \*565.
- Jaekel, W., Die Leistungsfähigkeit der deutschen Elektrofertigung. \*183.
- Jasper, N., s. Klingelhöffer, H.
- Jehlicka, Kohlenstaubmotor. 456.
- Josse, H., Einfluß d. atmosphärischen Bedingungen a. d. Verhalten v. Hochspannungsfreileitungen. 402.
- Jürgens, H., Eine neue Zähler-Eicheinrichtung. \*161.
- Juillard, E., W. Wanger, Trencham u. Wilkinson, H. Puppikofer, H. Leuch, F. Hug, H. Habich, A. Roth, O. Naef, H. Thommen, Schaltertechnik i. d. Schweiz. 130.
- Kafka, H., Bespr. 508.
- Kämmerer, E., Der Einfluß d. Kriegserfahr. a. d. Entwickl. d. Luftschutzbeleuchtung. \*537.
- Kaiser, F., Betriebserf. m. Endverschlüssen v. Massekabeln. 500.
- Kaiser, H., Schweißumformer oder -umspanner f. d. Handwerk. \*203.
- Kaißling, F. u. A. Roggendorf, Der Eigenbedarf b. Dampfkraftwerk im Rahmen d. gesamten Entwurfes. \*437. \*464.
- Kaißling, F., Die wirtschaftl. Druckgrenze b. Gegendruckkraftwerk. 70.
- Kaufmann, N. H., Die Mess. v. Scheinwiderständen i. Geb. d. Dezimeterwellen. 550.
- Kehse, W., Feldverteilung b. Mehrphasen-Asynchronmasch. 525.
- Keinath, G., Amerikan. Meßsender f. d. Fernschicht. 528.
- Kelbe, F., Röhrengesteuerte Konstanthaltungseinricht. 209.

- Keller, A., Trafo-Übersetzungsmesser. 572.
- Keller, C., s. Ackeret, I. 170.
- Keller, H., Ungarns Elektrizitätswirtschaft. 278.
- Kelting, R. C., u. L. J. Buttolph, Neue Ausführung d. Cooper-Hewitt-Lampe. 114.
- Kendall, B. W., u. H. A. Affel, Ein Zwölfkanal-Trägerfrequenzsystem für oberird. Leitungen. 93.
- Kern, E., Die Drehstrom-Drehstrom-Umrichteranlage Lütschental d. Jungfraubahn. 135.
- Die Gleichstrom-Kraftübertragung Wettingen-Zürich a. d. Schweiz. Landesausstellung. 591.
- Kern, J., Die Leuchtdichte der Quecksilberhochdruckentladung. 524.
- Kesselring, F., Zehn Jahre Expansionschalter. \*509.
- Kettner, H., s. Kienzle.
- Kienzle, u. H. Kettner, Das Schwingungsverhalten eines gußeisernen u. eines stählernen Drehbankbettes. 530.
- Kienzle, R., u. W. Kolb, Papierabdrücke v. Fehlerbildern d. Werkstoffprüfung m. d. Magnetpulver-Verfahren. 118.
- King, L. D. P., s. Allen, A. J.
- King, R., Ein Meßsender f. Ultrahochfrequenz. 528.
- Kirsch, K., Betriebserfahr. m. Stern-dreieckschaltern. \*533.
- Klaus, F., 110 kV-Flußkreuzung. 401.
- Klein, H., s. Sachsenberg, E.
- Klement, W., Zum Verständnis der Konstruktionstätigkeit i. d. Elektrotechn. 292.
- Klewe, H., Messung d. Oberwelligk. v. Wechselspannungen. Brf. 366.
- Klingelhöffer, H., u. N. Jasper, Gleichstromwiderstand v. Kunststoffen. 574.
- Kloss, M., Zum neuen Jahre 1940. \*1.
- Kluge, M., Beziehungen zw. Trägerstromsystem u. Leitung. \*141.
- Kluss, E., Die Spannungsverlagerung in Kabelnetzen. \*337.
- Knaack, W., Leistungsabgabe von ölkühlten Transf. b. Änd. d. Wärmeabfuhrbeding. 293. *E u M* 1939. 233.
- Kneschko, A., Energetische Betrachtungen a. d. Telegraphengleichung. 280. *Arch.* 175.
- Kock, W. E., Ein stabilisierter Kipp-schwingungserzeuger. 177.
- Köhler, W., Gutes Licht als eine soziale Forderung u. d. Pflege d. Verbreitung lichttechn. Kenntn. i. Deutschland. \*3.
- Koga, J., u. M. Tatibana, Die Frequenz d. Dickenschwingung von Quarzplatten ungleichmäßiger Stärke. 297.
- Kohler, E., Erfahrungen m. elektr. Brotbacköfen. 61.
- Kohler, K., Bestimm. d. Grenzfallspitzenzug prismatischer Einspannfundamente v. Freileit. \*491.
- Kolb, W., s. Kienzle, R.
- Konn, F., u. F. H. Craton, Betriebseigenschaften d. neuen 3650 PS-Lokomotiven d. New-Haven-Bahn. 156.
- Kopfermann, H., Bespr. 436.
- Kottermann, C. A., Batterie-Ladevorrichtung f. Eisenbahnpersonenwagen mit Magnesiumkupfersulfid-Gleichrichter. 404.
- Kovacs, K. P., Über d. Stromwärme i. Läufer d. einphas. Asynchronmotors. 592.
- Krämer, W., Besondere Maßnahmen z. Erhöhung d. Sicherheit d. Energie-lieferung i. Zell- u. Kunstfaserbetrieben. 394.
- Prüfung d. Gleichstromwandlers u. seine Fehlerkompensation. 255.
- Krassowsky, W., Zum Vorschlag einer neuen Stufung d. Lichtbogenfestigk. i. VDE 0303. \*447.
- Bespr. 411.
- Zur Neubearbeitung v. VDE 0532. \*581.
- Krautz, E., s. Frerichs, R.
- Kreuzritter, M., Über d. Rundfunk-entstörung von Aufzugsanl. \*49.
- Krohne, E., Einf. z. d. Änd. an VDE 0670 „Regeln f. Wechselstr.-Hochspannungsgeräte“. \*166.
- Krohne, K., Bespr. 368.
- K., Bespr. 388.
- Krutsch, J., Frequenzunabhängige kapazitiv-ohmsche Spannungsteiler für Meßzwecke. Brf. 365.
- Kučera, J., Magn. Streuungen a. d. Spulenköpfen d. verteilten Wicklungen. 328. *E u M* 1939. 338 u. 364.
- Kübler, E., Stromrichterbelastung von Generatoren u. Drehstromnetzen in vektorieller Darstellung. 89.
- Kühn, K. Th., Bespr. 458.
- K. Th., Bespr. 367.
- Kühne, J., Thermokreuzwattmeter z. Mess. an Gasentladungslampen. \*567.
- Küpfmüller, K., u. P. Storch, Fernsprechen u. Fernschreiben. 331.
- Kummer, W., Der Arbeitsverbrauch thermoelekt. u. rein elektr. Fahrzeuge 22.
- Kuntze, A., Neuartige lichtelekt. gesteuerte Regelgeräte. \*195.
- A., u. K. Branditz, Elektr. Temperaturregelung m. Fallbügelgeräten, d. n. d. Ausschlagmethode arbeiten. 76.
- Landon, D., u. D. Reid, Eine neue Antennenanordnung z. Verminderung v. Störungen. 428.
- Lankau, H., Die Streufeld-Schweißmaschine. 114.
- Laughlin, J. D., Bericht über die Wirkungsweise d. Trägerstromgeräte f. d. Boulder Dam-Energieübertragungsanlage. 43.
- Laurila, E., Über das Nyströmsche Stieltjesplanimeter. 408.
- Lehmhaus, Fr., Die Eigenschwingungen d. einstufigen Stoßanl. \*323.
- Lessen, H. J. van, Die Elektrisierung d. niederländ. Eisenbahnnetzes. 453.
- Lester, H. H., R. L. Sanford u. N. L. Moche, Magn. u. elektr. Verfahren d. zerstörungsfreien Werkstoffprüfung i. d. V. S. Amerika. 158.
- Leuch, H., s. Juillard, E.
- Liechty, R., Elektr. Locomotive Ae 8/14 d. Schweiz. Bundesb. 43.
- Lindenblad, Nils E., Die Fernsehantenne auf dem Empire State Building. 15.
- Lindman, K. F., Elektr. Wellen an einf. Drähten u. an Paralleldrahtsystemen. 505.
- K. F., Die Doppelbrechung elektr. Wellen i. Eichenholz. 17.
- Lingoufeller, H., u. E. Schanz, Die Wirtschaftlichk. d. Metalldampflampen. 70.
- Llewellyn, F. B., u. A. E. Bowen, Die Erzeugung v. Dezimeterwellen mittels Zweipolröhren. 156.
- Löf, J. L. C., Ein neuer Weg z. Bestimm. d. Leistung v. Kleinstmotoren. 499.
- Lohausen, K. A., Luftumwälzöfen. \*235.
- Lompe, A., R. Seeliger u. E. Wolter, Untersuchungen an Hohlkathoden. 529.
- Lossagk, H., Die Anpassungsfähigk. d. menschl. Auges. 551.
- Luckiesh, M., u. A. H. Taylor, Haut-rötung u. -bräunung dch. UV-Be-strahlung. 345.
- Lübcke, E., Bespr. 459.
- Lübeck, H., Anzeigende Frequenzmeßgeräte f. d. Ton- u. Hochfrequenz-techn. \*252.
- H., Anzeigende Frequenzmeßgeräte f. d. Starkstromtechn. \*205.
- Lubszynski, H. G., s. McGee, J. D.
- Ludewig, R., Gesichtspunkte f. Auswahl u. Betr. v. Gleichr. Brf. 508.
- Ludwig, E. H., Die Stabilisierung von Regelanordn. m. Röhrenverstärkern dch. Dämpfung oder elastische Rückführung. 500. *Arch.* 269.
- Ludwig, L. R., s. Dickinson, R. C.
- Luithlen, H., Paul Dittes †. 409.
- Lundkvist, H., 25 000 kVA-Synchron-Blindleistungsmasch. f. Krängede. 176.
- Lyddane, R. H., u. A. E. Ruark, Spulen f. homogene Magnetfelder. 593.
- Lyon, J. A. M., Die elektrostat. Unsymmetrie v. Übertragungsleit. u. ihr Einfluß a. d. Anwendung v. Petersenspulen. 90.
- MacEwan, H. C., Elektr. Heizung für Handelsschiffe. 155.
- Mackay, R. W. J., Erwärmung v. Starkstromkabeln. 153.
- Maercks, O., s. Hanle, W.
- Märtens, H., Bespr. 484.
- Malmfors, S., Das Kraftwerk Långhag. 332.
- Marceau, R., Nomogramme z. Vorausbestimm. d. Erwärmung v. Transf. 478.
- Marique, J., Automatische Funkpeiler. 380.
- Mason, F. U., s. Cassie, A. M.
- Matricon, M., Neuzeitl. Technik der Hochspannungsröhren z. Erzeug. v. Röntgenstrahlen u. Neutronen. 334.
- McGee, J. D., u. H. G. Lubszynski, Die elektronischen Bildzerlegerröhren. 373.
- Menz, H., Der Einfluß eines elektr. Feldes a. d. innere Reibung v. Flüssigkeiten. 45.
- Menzel, H., Bespr. 368.
- Merrill, F. D., Das Novachord, ein neues elektr. Musikinstrument. 554.
- Merz, L., u. H. Niepel, Messung kl. Ströme u. Spann. u. kl. Längenänd. m. d. bolometrischen Kompensator. 527.
- Metclaff, C. F., s. Hahn, W. C.
- Meyer, E., Schnelle Ermittl. mittlerer Beleuchtungsstärken f. Freibleuchtungen. 479.
- Michel, L., Entwickl. d. belg. Elektrizitätswirtsch. 278.
- Miller jr., Ch. I., Verhalten v. Hochspannungsisolatoren b. Rundfunkuntersuchungen. 13.

- Miyamoto, S., u. Y. Miyoshi, Oszillatorische Spannungsverteilung i. d. Wicklungen v. Drehstromtransformatoren. 402.
- Miyoshi, Y., s. Miyamoto, S.
- Mochel, N. L., s. Lester, H. H.
- Möller, R. M., u. G. Schubert, Die Weiterentwickl. unserer Empfangs- u. Bildaufnahmegeräte i. J. 1939. 528.
- Moeller, F., Die Wirksamk. v. Kühlblechen b. Wicklungen elektr. Masch. 571.
- Moerder, C., Mess. d. Oberwelligk. von Wechselspannungen. \*77. Brf. 366.
- Monath, L., Bespr. 410.
- Morgan, Th. H., W. E. Brown u. A. J. Schumer, Messung d. Zusatzverluste v. Asynchronmasch. 451.
- Mori, M., Mathemat. u. experimentelle Untersuch. ü. d. Erwärmung elektr. Masch. 153.
- Moriarty, C. D., Metallschrot, ein Hilfsmittel b. d. Röntgenprüfung von Stahlkörpern. 18.
- Morita, K., Hochfrequenz-Speiseführung aus drei parallelen Leitern. 553.
- Müller, Harald, Bespr. 96.
- Müller, O., Schaltzeit u. zulässige Schalthäufigk. v. Schnellschaltern. \*467.
- Müller, R., s. Holtz, W.
- Müller, W., Schweißen v. dünnen Stahlblechen. \*240.
- Müller-Hillebrand, D., Bespr. 120.
- Müller-Strobel, J., Elektrostat. Spannungsmeßger. 479.
- Mutschke, H., Gesichtspunkte f. Auswahl u. Betr. v. Gleichr. \*272.
- Naef, O., s. Juillard, E.
- Neugebauer, H., Das Zusammenwirken verschied. Meßverf. i. neuzeitl. Selektivschutzeinrichtungen. \*243.
- Niépel, H., s. Merz, L.
- Niessen, E., s. Hellmich, H.
- Niethammer, G., Das Elektrowärme-Forschungsinstitut a. d. Dt. T. H. zu Prag u. d. Grundl. z. Berechn. elektr. Öfen. 279. *E u M* 1939. 256.
- Nijboer, B. B. A., Zur Theorie d. Elektronen-Halbleiter. 407.
- Nitschke, A., Eine besonders leistungsstarke Röntgen-Therapieanlage für 1,2 MV. \*441.
- Noda, S., Anwendung d. Matrizenrechnung a. Wechselstromvorgänge. 137.
- Nolen, H. G., Die Kupferverluste bei Gleichrichtertransf. 499.
- Norwine, A. C., Amplitudenfilter und -begrenzer i. Fernsprechkreisläufen. 44.
- Nützelberger, H., Gleichlastverf. zur Prüf. v. Drehstromzählern. \*486.
- Oggioni, G., Nutzenwendungen d. Ultraschalls. 482.
- Ohlhoff, A., Der elektr. Antrieb von schweren Metallwalzwerken m. selbsttätiger Steuerung. \*188.
- O'Leary, J. T., E. C. Blessing, u. J. W. Beyer, Ein verbessertes Dreikanal-Trägerfrequenz-Fernsprechsystem. 6.
- Ohlrogge, W., s. Dold, A.
- Opitz, G., Dämpfungsmess. n. d. Quotientenverf. i. d. Hochfrequenztechn. 526.
- Orton, L. H., s. Cassie, A. M.
- Oswald, E., s. Bungardt, W.
- Overbeck, W. P., Wirkungsweise und prakt. Wert d. Permatrons. 449.
- Overbeck, W., Das Permatron, eine magn. gesteuerte Elektronenröhre. 293.
- Palm, A., Georg Troll †. 139.
- Palmer, R. W., u. G. A. O. Abbott, Ein fahrbares Wählamt. 16.
- Parow, E., s. Pohlmann, R.
- Parschalk, Fr., Das Leuchtschaltbild f. elektr. Schaltwarten. \*247.
- Patnode, W., E. J. Flynn u. J. A. Weh, Kunststoffe f. Drahtisolation. 506.
- Paul, W., Chem. Beständigkeit v. Hartpapieren. 138.
- Pawlikowski, R., Kohlenstaubmotor. 456.
- Pawsey, I. L., s. Cork, E. C.
- Perrin, A., Das Unterwerk Distré der franz. Energieübertrag. 526.
- Petersen, H., Bespr. 435.
- Peterson, W. S., Allgemeine Betriebserfahrungen m. d. Übertragungsleitung Boulder Dam—Los Angeles. 134.
- Peterson, W. S., s. Cozzens, B.
- Pfeifer, M., s. Weber, W.
- Pfeiffer, A., s. Hettwig, E.
- Pfistorf, G. u. W. Steger, Einführ. z. Entw. v. DIN VDE 685 „Keramische Isolierstoffe“. \*494.
- Philippi, W., Bespr. 459.
- Pink, R., Neuartige Abstützung von Sammelschienen i. einer Hochspannungsschaltanl. m. bes. hohen Anford. 14.
- Pitsch, H., Die Ersatzschaltungen des Transformators. 133. *E u M* 1939. 384.
- Plessing, E., Untersuchung bearb. Metalloberflächen mittels Elektroneninterferenzen. 574.
- Pohlmann, R., R. Richter u. E. Parow, Über d. Absorption d. Ultraschalls i. menschlichen Gewebe und ihre Abhängigk. v. d. Frequenz. 298.
- Pol, B. van der, u. H. Bremmer, Die Ausbreitung v. Rundfunkwellen ü. d. Erde. 564.
- Poleck, H., Eine neue Kapazitäts- u. Verlustfaktor-Meßbrücke f. Niederfrequenz m. Hand- u. Selbstabgleich. 361.
- H., Neue techn. Meßgeräte z. Isolierstoffprüfung. \*369.
- H., Ein neues Gleichstrom-Meßverf. z. Bestimm. d. Ortes eines alladrigen Isolationsfehlers. 345.
- Über die Entkopplung zweier Meßkreise, insbes. b. Spannungswandlern. 571.
- Ponte, s. Elie.
- Poritsky, H., s. Suits, C. G.
- Porter, A., s. Cople, C.
- Porter, C. W., s. Salisbury, W. W.
- Praetorius, G., Untersuchungen der Druckabhängigkeit v. Gleitentladungen auf Photoplatten. 157. *Arch.* 83.
- Prazak, A., Neuartige ölarme Leistungsschalter. 92.
- Price, B., s. Rendall, E. F.
- Prinz, H., Hochspannungsmess. m. d. rotierenden Voltmeter. 379.
- Prüss, J., Fein- u. Vielstufenschalter b. Straßenbahnwagen. 115.
- Przygode, A., Bespr. 228. 268. 436.
- Puppikofer, H., s. Juillard, E.
- Rachel, A., Die deutsche Elektroausfuhr. \*181.
- Radley, W. G., Telephonie u. Telegraphie. 93.
- Raether, H., Zur Entwickl. v. Kanalentladungen. 68. *Arch.* 49.
- Raettig, H., Bespr. 180. 458. 600.
- Ranke u. Tannheim, Das Ellira-Verfahren — ein neues elektr. Schweißverfahren. 405.
- Rathgeber, H. D., Magn. Energiebestimmung d. Teilchen d. kosmischen Ultrastrahlung. 347.
- Rau, E., Über d. 12 h-Periode der Mesotronenintensität. 481.
- Rawcliffe, G. H., Grenzen d. Theorie b. Entw. elektr. Masch. 499.
- Ray, S. N., s. Coursey.
- Reichelt, W., Über eine d. Glühkathodenstrahlemission begleitende Materiestrahlung. 315.
- Reid, D., s. Landon, D.
- Rendell, E. F., u. B. Price, Bewährung d. Petersenspule i. Südafrika. 153.
- Ribaud, M. G., Temperaturmessung v. Gasen i. Laboratorium u. i. Betrieb. 65.
- Richter, E. F., Bespr. 160.
- Über d. Wechselstromwiderstand v. keram. Werkstoffen b. Temperaturen bis zu 600°. 554.
- Richter, H., s. Geffcken, H.
- Richter, R., s. Pohlmann, R.
- Richter, R., Ersatz d. beiden Dreifingerregeln dch. eine einzige. Brf. 387.
- Rickard, C. E., Die Entwickl. d. drahtl. Telegr. u. Teleph. i. England. 115.
- Ringpfeil, H., Bespr. 412.
- Risser, J. R., s. Allen, A. J.
- Rissone, S., s. Carli, C.
- Roby, F. H., Vereinfachter Präzisions-Zeitschalter f. Widerstandsschweißmasch. 573.
- Roggendorf, A., s. Kaibling, F.
- Rogowski, W., Durchschlag, Glimmentladung u. lichtelektr. Rückwirkung. 117.
- Rohde, L., u. G. Wedemeyer, Die Messung v. Verlusten b. Hochspannung hoher Frequenz. \*577.
- Rohloff, W., Die neuere Technik der militärischen Bogenlichtscheinwerfer. Vortr. \*389.
- Roll, F., Bildung v. weißem Rost a. feuerverzinkten Tempergußkappen v. Hochspannungsisolatoren. 430.
- Rompe, R., u. P. Schulz, Über mehrere Arten v. Quecksilber-Hochdrucksäulen u. deren Wärmeleitung. 504.
- R., s. Weizel, W.
- Roosenstein, H. R., Fernsehempfangsantennen. 381.
- Rosani, S., Unterwasserschallsignale. 505.
- Roßmaier, V., Berechnung der dch. unisolierte Käfige hervorgerufenen Zusatzverluste b. Asynchronmasch. 32.
- Roth, A., s. Juillard, E.
- Rotherth, H., Über d. Fourier-Entwickl. d. Felderrekurve v. dreiphasig. Durchmesser-Ganzlochwickl. 503. *Arch.* 285.
- Ruark, A. E., s. Lyddane, R. H.
- Rudra, J.-J., Verallgemeinerte Theorie d. läufergepeisten Drehstrom-Nebenschlußmotors nach Schrage. 478.
- Rulla †, E., u. H. Vits, Mischlicht dch. Reihenschaltung v. Natriumdampflampen u. Glühlampen i. Wechselstromnetzen. \*413.

- Rusher, M. A., Dickmesser f. dünne nichtmagn. Schichten. 596.
- Ruska, E., s. Borries, B. v.
- Sachsenberg, E., u. H. Klein, Untersuchungen ü. d. Bohren v. Kunststoffen. 348.
- Salisbury, W. W., u. C. W. Porter, Ein piezoelekt. Hochleistungs-Ultraschallgeber. 574.
- Sallard, J., Symmetr. Komponenten d. Leistung b. Richtungsrelais. 549.
- Sampson, M. B., s. Allen, A. J.
- Sanford, R. L., s. Lester, H. H.
- Sartori, R., S. Cocci, G.
- Saunders, F. T., Der Entwurf v. Kleinstinduktionsmotoren. 379.
- Savagnone, R., Regelung v. Asynchronmotoren mittels Stromrichter. 154.
- Schwaiger, A., J. Ossanna, 70 Jahre, 600.
- Sciaky, M., Die Herstell. elektr. geschweißter Stahlrohre. 506.
- Scott, J. A., s. Smith, J. J.
- Seacord, D. F., Lärm i. Räumen mit Fernsprechstellen. 363.
- Seelig, W., Anpassung d. beleuchtungs-techn. Arbeit a. d. Erfordern. der Gegenwart. \*201.
- Seeliger, R., s. Lompe, A.
- Seibert, G., Über d. Beschleunigung geladener Teilchen i. elektromagn. Wechselstromfeld. 67. *Arch.* 31.
- Seidl, F., Mechan. Schwingungen eines piezoelekt. angeregten Quarzes. 364.
- K., Die Grenzen i. Bau v. elektr. Kleinstmasch. \*395.
- Shanklin, G. B., Innendruckkabel für geringen Gasdruck. 500.
- Sibler, F., Elektr. Unfälle i. d. Schweiz. 46.
- Siemers, K., Die elektr. Widerstandsschweißung v. Leichtmetallen. 115.
- Simon, L., s. Bélus, R.
- Skalicky, M., Das Ersatzbild eines Transf. m. mehreren Anzapfungen. \*418.
- Leistung und Dämpfung i. Abschlußwiderständen. 157.
- Zur Berechnung elektr. Netzwerke. 553.
- Skilling, H. H., Elektr. Beanspruchung v. Luft b. hohem Druck. 297.
- Smith, J. J., u. J. A. Scott, Temperatureinwirkung auf Isolation der Klasse A. 525.
- R. M., W. K. Sonnemann u. G. B. Dodds, Sammelschienenschutz mit Quotienten-Differentialrelais. 361.
- Sonnemann, W. K., s. Smith, R. M.
- Spang, W., s. Waldow, W.
- Suits, C. G., u. H. Poritsky, Thermische Energieumsetzung i. Lichtbogen. 408.
- C. G., Lichtbogengradient in verschied. Gasen u. b. verschied. Drücken. 67.
- Schade, R., Über den Zündvorgang der elektr. Entladung b. Atmosphärendruck. 178.
- Schanz, E., s. Lingensfelder, H.
- Schaudinn, K., Die Vakuum-Glimmentladung als Prüfelektrode. \*73.
- Scheller, H., Berechn. v. Drosseln m. geradem Eisenkern. 571. *Arch.* 301.
- Schenkel, M., Einführung z. d. Klemmenbezeichn. v. Stromrichter-Transformatoren, § 12 v. VDE 0570/1. 40. \*399.
- M., Einführung z. Neufassung d. § 14 „Schaltgruppen u. Schaltungen von Gleichrichter-Transformatoren“ von VDE 0555/1936. \*397.
- Scherer, K., Aufladung u. Sekundärelektronenemission. 333. *Arch.* 143.
- Schiz, R., Spezialisierung, Typung und Normung i. Elektromotorenbau. \*275.
- Schliephake, E., Bespr. 532.
- Schlotmann, W., Über d. Wirtschaftlichkeit v. Regelantr. f. Lüfter. 349.
- Schmid, E., s. Göler, v.
- Schmidt, H., Wirtschaftl. Stromversorgung v. Wechselstrombahnen. 22.
- Schnaus, G., Bespr. 410.
- Schön, M., s. Weizel, W.
- Schönfeld, H., s. Heintze, W.
- Scholtheis, H., Zündspannungssenkung i. inhomogenen Feld. 381. *Arch.* 237.
- Schoop, M. U., Die Elektropistole. 316.
- Schottky, W., Zur Halbleitertheorie d. Sperrschicht- u. Spitzengleichr. 478.
- Schubert, G., s. Möller, R. M.
- Schulz, P., s. Rompe, R.
- Schulze, A., Über d. Gold-Chrom-Widerstandslegierung für Normalwiderstände. 382.
- Schulze, R., Löten v. Leichtmetallen. 570.
- Schumer, A. J., s. Morgan, Th. H.
- Schwabe, E., Untersuchungen über die Störanfälligk. v. Glühlampen durch d. Betrieb v. Lichtbogenöfen. 362.
- Stanesby, H., s. Broad, E. R.
- Stark, A., Ersatz d. leistungssparenden Multiplikationsschaltung durch die Koordinatenschaltung. 403.
- Starr, A. T., u. H. T. Gooding, Die Ermittlung v. Überschlagnfehlern in Kabeln. 345.
- C., s. Jacobs, R. B.
- F. M., Hoch- o. Niederspannungskondensatoren? 434.
- Steger, W., s. Pfestorf, G.
- Steiner, F., Der Doppelschnelltriebwagen Re 4/8 Nr. 301 d. Schweiz. Bundesb. 65.
- Steinhaus, W., Bespr. 23.
- Störmer, R., Die Induktivität eines Siebkontaktes. 429.
- Stößinger, H., Entwickl. d. Selbststeuertechnik f. Dieselnostromanl. \*269. B. 336.
- Storch, P., s. Küpfmüller, K.
- Straehler, H., Bespr. 336.
- Strecker, F., Die Anwendung der Matrizenrechnung i. d. Elektrotechn. 280. *Arch.* 167.
- Strigel, R., Bespr. 48.
- Strobel, Ch., Lichtelekt. Feuchtemessung. \*515.
- Elektr. Darstell. mathem. Funktionen. 596. *Arch.* 334.
- Strutt, M. J. O., u. A. van der Ziel, Kurzwell.-Breitbandverstärkung. 594.
- Sturm, C. H., Stroboskopisches Meßgerät f. Frequenz u. Drehzahl. \*103.
- Tagger, J., Bestimm. d. Kapazitätsänd. m. d. Fadenausschlag b. Fadenelktrometern. 501.
- Takeuchi, J., Ein neuer Asynchronmotor. Doppelkäfigmotor m. einem Käfig. 154.
- Tamm, R., Bespr. 460.
- Tannheim, s. Ranke.
- Tatibana, M., s. Koga, J.
- Taylor, A. H., s. Luckiesh, M.
- A. M., Übertragungsstabilität u. ihre Erfordern. b. d. Kraftübertragung. 314.
- Tetzlaff, H., Bespr. 411.
- Thielen, H., Ein Mehrfachoszillograph hoher Schreibleistung n. d. Voranodenprinzip. 113. *Arch.* 57.
- Thierbach, B., Bespr. 24.
- Thiess, H., Die Elektrizitätsversorg. Rumäniens 1938. \*69.
- Thoma, A., s. Hollmann, H. E.
- Thomas, H., Beitrag z. Normalisierung v. Hebezeugbremsen. \*469.
- Thommen, H., s. Juillard, E.
- Thum, A., Bespr. 140.
- Titze, H., Die Planung u. Bemess. v. Schutzzeitr. f. elektr. Netze. Vortr. \*471.
- Tomituka, T., Fernmess. n. d. Amplituden-Modulationsverfahren. 176.
- Trencham, s. Juillard, W.
- Trillat, J.-J., Elektronenbeugung unter Einwirk. geringer Spann. 481.
- Trost, A., Techn. Zählrohrgeräte f. Grob- u. Feinstrukturuntersuch. 596.
- Tschanter, E., Bespr. 24.
- Tuuk, J. H., v. d., Eine Röntgenröhre f. 1 Mill. V. 449.
- Tyson, H., s. Copple, C.
- Unger, F., Ein einf. Kreisdiagramm f. d. doppelt erregten magn. Kreis. \*101.
- F., Der wirtschaftlichste Transformator. 63. *Arch.* 20.
- Urk, A. Th. van, s. Boer, K. de.
- Vafiadis, G., Untersuchung d. Feldverlaufs i. Plattenkondensator mit flüssigem Dielektrikum mittels d. elektrooptischen Kerreffekts. 17.
- Vahey, J. A., Neuere Entwickl. i. d. Fehlerortsbestimmung b. Kabeln. 91.
- Varian, R. H., s. Hahn, W. C.
- Vits, H., s. Rulla †, E.
- Voege, W., Bespr. 459.
- W., Die Photozelle i. d. Technik. 336.
- Volkert, P., Prüf. u. Montage von gr. Wasserkraftgeneratoren. Vortr. \*171.
- Voss, F., s. Derigs, H.
- Wagner, C. F., Mechan. Darstell. v. Wanderwellen. 573.
- Waldow, W., W. Spang u. W. Fritzsche, Untersuchung d. Übertragungsverhältn. v. Freileit. b. Frequenzen v. 55 bis 1600 kHz u. bes. Berücks. d. Erfordern. f. den Drahtfunk. 405.
- Waldow, W., Der Einfluß d. Drahtfunks a. Gestaltung u. Techn. der Fernsprechanl. 296.
- Walker, V., Entw. u. Inbetriebnahme neuer Turbinen i. d. V. S. Amerika i. J. 1937. 313.
- Wallraff, A., s. Becker, H.
- Walter, B., Entstehung d. Bahnlinie eines Blitzes u. d. Vorgänge in ihr. 56.
- Walther, A., Neuzzeitliche mathemat. Masch. 33.
- Walther, G., Übersicht ü. Distanzschutzrichtungen. Vortr. \*85.
- Wanger, W., s. Juillard, E.
- Weber, W., Der Einfluß einer Wolke b. Blitz-Modellversuchen. \*57.
- Weber, W., u. M. Pfeifer, Bedeutung d. Glasurfarbe v. Freiluftisolatoren f. d. Überschlagngefahr. \*561.
- Webster, G., s. Woolnough, G. L.
- Wedemeyer, G., s. Rohde, L.
- Weh, J. A., s. Patnode, W.
- Wehnelt, A., Bespr. 23.
- Weicker, W., s. Bürklin, A. u. Jacottet, P.
- Weidmann, F., Elektr. Untersuch. an Spinnfasern. 316.

- Weir, I. R., Empfangsversuche mit amplituden- u. frequenzgemodelten Ultrakurzwellensendern. 454.
- Weizel, W., R. Rompe u. M. Schön, Theorie d. kathodischen Entladungsteile einer Niederdruckentladung. 407.
- Wellauer, M., Die Übertragung v. Überspannungen v. d. Überspannungs- auf d. Unterspannungswickl. v. Transf. 63.
- Werner, O., Der Trockengleichrichter u. seine Anwendung. Vortr. \*37.
- Werners, P., Über Ermittlung und Bedeutung d. Unsymmetrie i. Drehstromnetzen. \*353.
- Wertz, H., Die elektr. Leichttriebzüge d. Lötschbergbahn. 405.
- Wethmüller, K., Über Stromwandleranschlüsse, unter bes. Berücks. von Leichtmetall-Schraubverbindungen. 176.
- Whitehead, S., Zur Theorie d. Kugelfunkenstrecke. 15.
- Wigge, H., Bespr. 436.
- Wilke, G., Überspannungen in elektr. Bahnanl. u. ihre Bekämpfung. 279.
- Wilkinson, s. Juillard, E.
- Willing, W., Bespr. 48. 387.
- Winkel, E., Die Herstellung techn. Schaubilder höh. mathem. Grades mittels einf. geometr. Beziehungen. \*311. \*326.
- Winter, A., s. Güntherschulze, A.
- Withman, A. L., s. Ilgenfritz, L. M.
- Wittig, P., Selektiv-, Querschnitts- und Rückstromschutz dch. Sicherungen in einsystemig gespeisten Maschen-netzen. Brf. 387.
- Wolf, J., Elektroöfen f. d. Aluminium-erzeugung. Vortr. \*557.
- Wolter, E., s. Lompe, A.
- Wood, K. L., Die Telegraphenverbind. i. engl. Weltreich. 502.
- Woolnough, G. L., u. G. Webster, Wirtschaftl. Durchführung d. elektr. Kochens. 350.
- Workman, E. J., u. R. E. Holzer, Ein registrierendes Voltmeter f. luft- elektr. Untersuch. 177.
- Yarian, H. J., s. Allen, A. J.
- Yshiguro, Y., Einfluß der Luftfeuchtigkeit a. d. Stoßüberschlagspannung v. Stabfunkenstrecken u. Isolatoren. 421.
- Ziegler, H., Die Blitzschutzwirkung v. Erdseilen b. elektr. Leitungsanl. 313.
- Ziel, A., van der, s. Strutt. M. J. O.
- Zinke, O., Frequenzunabhängige kapazitiv-ohmsche Spannungsteiler für Meßzwecke. Brf. 366.
- Zisler, S., Eine Antenne für breite Frequenzbänder. 314.
- Zorn, M., Unipolarmaschine für kleine Spannungen u. hohe Ströme. \*358. — M., Bespr. 140. 180.
- Zuhrt, H., Die Störverminderung bei Frequenzmodelung i. Abhängigk. v. d. Amplitudenbegrenzung. 466.

Ele

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

geb

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 4. Januar 1940

Heft 1

## Zum neuen Jahre 1940!

Der Anfang des neuen Jahres steht im Zeichen des uns von England aufgezwungenen Krieges. Wie England (und ebenso das von ihm geführte Frankreich) mit brutaler Offenheit nunmehr zugibt, ist Sinn und Zweck dieses Krieges die Vernichtung Deutschlands. Warum? Weil das deutsche Volk durch seinen Fleiß, seine Arbeitsamkeit, seine Organisationsfähigkeit, seinen Forschungsdrang, seinen erfinderischen Geist, seine schöpferische Gestaltungskraft und durch die aus solchem Boden hervorgebrachten Leistungen auf allen Gebieten menschlichen Lebens als lästiger Konkurrent empfunden wird, der beseitigt werden muß, wenn man an der seit Jahrhunderten geübten Methode festhalten will, durch Ausbeutung fremder Völker für sich selbst mühelos Reichtümer anzuhäufen.

Das war schon das Ziel, das den Weltkrieg 1914—18 hervorrief und das durch das über ein wehrloses Volk verhängte Schand-Diktat von Versailles erreicht zu sein schien.

Aber die englische Rechnung ging nicht auf. Alle Not und alles Elend, das das ganze Volk wie auch jeden einzelnen von uns viele Jahre lang darniederdrückte, erwies sich schließlich als das, was das Glühen und die Hammerschläge für den Stahlblock sind; und der Schmied, der in Kampf und Mühe, getragen von einem überirdischen, unerschütterlichen Glauben dieses Volk zu einem einheitlichen Block von stahlhartem Gefüge zusammenschweißte, ward uns von einer gütigen Vorsehung in Adolf Hitler geschenkt. Was er aus unserem Volke in der weltgeschichtlich unglaublich kurzen Zeit von kaum 7 Jahren gemacht hat, ist schon für uns selbst fast unfaßbar; für andre Völker aber muß es ganz unverständlich und geradezu unheimlich erscheinen, ganz besonders für England, das aus seiner Jahrhunderte alten Denk- und Handlungsweise heraus gar nicht anders kann, als unsrem Volke Welteroberungspläne zu unterstellen, an die in Deutschland und ganz besonders in dem von nationalsozialistischem Geiste erfüllten Deutschland Adolf Hitlers kein Mensch denkt.

Aus dieser Furcht heraus hat England diesen zweiten, nach seiner Meinung und Absicht nun endgültigen Vernichtungskrieg vorbereitet und vom Zaune gebrochen. Aber wir Deutsche wissen, worum es für uns geht: um die Sicherung der Lebensnotwendigkeiten für unser Volk und um seine ganze Zukunft.

Das verlangt nicht nur den Einsatz unsrer, von Adolf Hitler zum Schutz der Heimat geschaffenen Wehrmacht, sondern ebenso auch den vollen Einsatz aller Kräfte des ganzen Volkes in positiver Arbeit ebenso sehr als im Ertragen aller unvermeidlichen Entbehrungen.

Ganz besonders aber gilt dies für uns Ingenieure und alle unsere Arbeitskameraden auf dem weiten Gebiete

der Technik. Denn diese ist für diesen unseren Daseinskampf von geradezu entscheidender Bedeutung. Das ist ja jedem klar geworden durch die beispiellosen, in so unglaublich kurzer Zeit erzielten Erfolge im polnischen Feldzuge. Der hervorragend bewährte Angriffsgeist unserer jungen Wehrmacht hätte alles dies nicht erreichen können, wenn er sich nicht in weitestem Umfange der technischen Hilfsmittel der motorisierten Truppen, der Panzerwaffe, der Luftwaffe, der Nachrichtentruppe und des Nachschubwesens hätte bedienen können. Und in der Heimat schafft die Technik, in allen Werkstätten mit vollen Touren laufend, um den Bedarf des Heeres laufend zu decken, die notwendigsten Lebensbedürfnisse des Volkes zu befriedigen und sogar noch ans Ausland Waren zur Deckung unseres Rohstoffbedarfes zu liefern. Und was danken wir schließlich der Technik, die uns im Rundfunk die Möglichkeit bietet, daß wir an allem Geschehen teilnehmen können, daß jeder Deutsche im Inland und Ausland eine Führereder mit anhören kann, und daß wir schließlich für unseren Nachrichtendienst eine Waffe der Aufklärung für die ganze Welt in der Hand haben, die jeden Lügennebel durchdringt.

So wird gerade durch den Krieg die ungeheure Bedeutung der Technik offenbar. Das aber legt uns Technikern auch wieder ganz besondere Verpflichtungen auf, daß ein jeder an seinem Platze sich mit all seinen Kräften einsetzt im Rahmen der Gemeinschaftsarbeit, die ja das besondere Kennzeichen für alles technische Schaffen ist.

Aber noch ein Weiteres läßt der Kriegszustand besonders deutlich offenbar werden, und das enthält zugleich eine Mahnung an den Techniker: das ist der Zusammenhang zwischen Technik und Politik. Das wird manchem Techniker — oder sagen wir dem Nur-Techniker — als paradox erscheinen. Haben doch lange Zeit die wenigen Ingenieure, die es für ihre Pflicht hielten, sich nicht mit engen Berufsscheuklappen gegen alles außerhalb des eigenen Fachgebietes abzuschließen, sondern sich vor allem auch um politische Zusammenhänge und insbesondere um völkische Fragen zu kümmern, immer und immer wieder die Erfahrung machen müssen, daß ihre Fachkollegen eine erschreckende Gleichgültigkeit, ja geradezu eine Abneigung gegenüber solchen Fragen an den Tag legten. Das mag zum Teil wohl daher gekommen sein, daß diese Fachkollegen (ebenso wie die Angehörigen anderer Berufe) Politik mit Parteipolitik verwechselten und durch den partikularistischen Aufbau des Reiches und durch die im Bestehen von über 30 Parteien zum Ausdruck kommende Zerrissenheit des Volkes abgeschreckt wurden von jeder Betätigung oder auch nur Beschäftigung mit politischen Fragen.

Der Krieg zeigt nun, wie sich Technik und Politik gegenseitig befruchten und helfen. Es ist dabei nicht so,



daß etwa nur einseitig die Technik in weitem Maße von sich aus Hilfsmittel für die Staatsführung zur erfolgreichen Durchführung ihrer politischen Aufgaben im Frieden wie besonders auch im Kriege zur Verfügung stellt. Vielmehr stellt auch umgekehrt die Politik der Technik immer neue und große Aufgaben, und gerade hierin liegt eine ganz besonders bedeutungsvolle Kraftquelle nationalsozialistischer Staatsführung im Gegensatz zu der heute bei uns immer mehr zurückgedrängten kapitalistischen, rein wirtschaftlichen Denkweise. Diese hätte von sich aus niemals die künstliche Herstellung des Benzins oder diejenige des Buna bis zum erfolgreichen Ende durchgeführt mit der Begründung, daß diese Produkte „zu teuer“ würden und daher ihre Herstellung sich „wirtschaftlich nicht lohnen“ würde. Der Nationalsozialismus beurteilt dagegen solche Fragen nicht lediglich von der Preisseite aus, sondern von dem übergeordneten Gesichtspunkte der Lebensnotwendigkeiten des gesamten Volkes, und das bewährt sich nun für jedermann offenkundig gerade jetzt im Kriege. Dasselbe gilt auch für den Bau der Reichsautobahnen. Die gewaltige, in verhältnismäßig kurzer Zeit erreichte Leistung ist nur ermöglicht worden durch den vom starken Willen des Führers getragenen, auf weite Sicht künftiger Entwicklungsmöglichkeiten abgestellten, also aus politischen Gesichtspunkten entsprungene einheitlichen Plan. Ermöglicht wurde diese rasche Förderung weiterhin durch die ebenfalls politische Tatsache, daß wir im großen Einheitsreiche Adolf Hitlers keine partikularistischen Landesgrenzen mehr haben. Im alten Reiche würde man in der Zeit, in der bis jetzt 4000 km fertiggestellt sind, wahrscheinlich noch nicht über die Verhandlungen zwischen den einzelnen Landesregierungen zwecks Festlegung der Linienführung, der anteiligen Kosten, der Enteignungsfragen und dgl. bürokratische Dinge hinwegkommen sein, ganz abgesehen von den „eingehend zu prüfenden Fragen der Wirtschaftlichkeit“, die unter Umständen dem ganzen Plan den Todesstoß gegeben haben würden. Ähnliches gilt für die Durchführung des Baues des Mittellandkanals, des Adolf Hitler-Kanals und anderer Kanalbauten, die im nationalsozialistischen Reiche mit der ihm eigenen Tatkraft heute vollendet oder in Angriff genommen sind, während in den Zeiten der „Systemregierung“ die Zeit mit endlosen Verhandlungen im Widerstreit der verschiedenen Interessentengruppen und politischen Parteien vergeudet wurde, was der Verfasser seinerzeit als Abgeordneter in der Verfassungsgebenden Preußischen Landesversammlung mit erleben mußte. Hier waren politische und wirtschaftliche Gesichtspunkte wirksam als Hemmschuh für die Entwicklung eines technischen Werkes, weil sie von partikularistischen, selbstsüchtigen Wünschen ausgingen. Im Reiche Adolf Hitlers steht aber als oberster Grundsatz über allem Planen und Schaffen das Wohl des Gesamtvolkes und die Sicherung seiner Zukunft und seiner Lebensnotwendigkeiten.

Gerade in den Fragen der „Wirtschaftlichkeit“ zeigt sich in besonders augenfälliger Weise der Einfluß politischer Erwägungen auf die Aufgabenstellung und die Durchführung technischer Aufgaben. Er lehrt uns, daß die „Wirtschaftlichkeit“ eines technischen Vorhabens nicht vom engen Gesichtswinkel dieses Vorhabens allein aus beurteilt werden darf, sondern immer im großen Rahmen weiterer Zusammenhänge und mittelbarer Auswirkungen. Bei den Reichsautobahnen ist z. B. die Auswirkung auf die tatsächlich sofort eingetretene Verstärkung der Motorisierung zu berücksichtigen.

Meliorisationsarbeiten, die unter Umständen, für sich allein betrachtet, die Note „unwirtschaftlich“ erhalten würden, werden im höheren Sinne wirtschaftlich, wenn sie durch Erschließung neuen Acker- und Weidelandes die Ernährungsgrundlage des Volkes verbreitern und zudem von dem aus politischen Erziehungsgründen aufgebauten Reichsarbeitsdienst durchgeführt werden.

Eine Eisenbahnlinie oder eine elektrische Überlandleitung in ein noch wenig erschlossenes Gebiet kann für

sich allein beurteilt ebenfalls vom rein finanziellen Standpunkt aus als „unwirtschaftlich“ erscheinen, und doch kann ihre Errichtung, vom höheren Gesichtspunkte der wirtschaftlichen Erschließung dieses Landesteiles und der Förderung der Lebensmöglichkeiten seiner Bewohner aus gesehen, notwendig und wirtschaftlich tragbar sein.

Die Ausnutzung einer Wasserkraft, die Errichtung eines Windkraftwerkes dürfen nicht lediglich danach beurteilt werden, ob die von ihnen gelieferte Kilowattstunde „teurer“ oder „billiger“ zu stehen kommt als die eines Dampfkraftwerkes. Von entscheidender Wichtigkeit ist vielmehr die Frage, ob dadurch ein Verbrauch von Kohle, deren Vorräte ja doch begrenzt sind, vermieden und für bessere Zwecke zur Herstellung hochwertiger Erzeugnisse frei wird.

Uns Elektrotechnikern sind ja solche Erwägungen über „Wirkungsgrad“ im engeren und weiteren Sinn auf rein technischem Gebiete durchaus nicht fremd. Ich erinnere an die Bemessung eines Netz-Transformators, bei dem die Verteilung der Verluste nicht nach dem Gesichtspunkte erfolgt, daß der Wirkungsgrad bei Nennlast möglichst hoch wird, sondern danach, daß der „Jahreswirkungsgrad“ möglichst günstig wird. Hier gilt also als Richtlinie für die Beurteilung eines technischen Werkes nicht die Betrachtung dieses Werkes als Einzelding für sich allein, sondern vielmehr der auf höherer Ebene liegende Gesichtspunkt seiner Beziehungen zu anderen Dingen und Vorgängen, mit denen das Einzelwerk in einem größeren Rahmen zusammenzuwirken hat.

Und diesen immer noch im Rahmen rein technischen Schaffens liegenden Gesichtspunkt müssen wir Ingenieure nun folgerichtig noch weiter zu einer Betrachtungsweise erheben, die unser gesamtes technisches Schaffen nicht nur mit rein technischem Maßstabe mißt, vor allem auch in ihm nicht lediglich die Lösung einer rein technischen Aufgabe erblickt, sondern die immer die Zusammenhänge dieses unseres Schaffens mit dem Leben des gesamten Volkes aufspürt, klar erkennt und sich richtungweisend auswirken läßt, und zwar sowohl hinsichtlich der Aufgabenstellung als auch hinsichtlich der Auswirkung unserer Werke. Das heißt aber nichts anderes, als daß der Techniker sein Schaffen politisch auszurichten hat. Dazu ist es aber notwendig, daß er politisch denken lernt. Den Weg dazu findet er leicht, wenn er sich mit der Ideenwelt unseres Führers immer mehr und immer tiefer vertraut macht, wie sie in dem Begriff des Nationalsozialismus zusammengefaßt ist. Gilt dies für jeden von uns, so wird es ganz besonders für jeden Betriebs- und Wirtschaftsführer zur Pflicht, der an leiternder Stelle steht und daher dafür verantwortlich ist, daß der Geist seines Unternehmens sich einheitlich nach dem großen Ziele des Führers richtet: alles für das deutsche Volk und die Sicherung seiner Zukunft. Nicht, was der einzelnen „Firma“ möglichst großen Nutzen bringt, muß das Entscheidende sein, sondern was dem Gesamtvolke am besten dient.

Das ist die Lehre, die sich schon durch die beispiellosen Erfolge in den sieben Jahren der Regierung Adolf Hitlers als richtig erwiesen hat, die uns aber in ganz besonderem Maße durch diesen uns aufgezwungenen Krieg in eindringlichster Weise erneut zum Bewußtsein gebracht wird. In ihr ruht auch zugleich die unbedingte Zuversicht und der unerschütterliche Glaube an den Sieg unserer guten Sache, der das ganze deutsche Volk in so wunderbarer Einheit erfüllt.

Dieser Glaube an den Führer geleitet uns ins neue Jahr 1940 und wird uns stark machen zu allem, was von uns gefordert wird.

Heil dem Führer!

M. Kloss

## Gutes Licht als eine soziale Forderung und die Pflege der Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse in Deutschland

Von W. Köhler VDE, DLTG, Berlin

628.93 : 621.32(07)(43)

*Die „Internationale Beluchtungs-Kommission“ (IBK), die 1913 in Berlin gegründet wurde und die ihre 9. Vollversammlung 1935 in Deutschland durchführte [ETZ 56 (1935) S. 1088], war im Juni v. J. zur 10. Vollversammlung in Scheveningen zusammengetreten. Im Rahmen der Berichterstattung über die Fortschritte und Erfahrungen der letzten vier Jahre wurde deutscherseits u. a. unter obigem Thema ein Kongreßvortrag gehalten, dessen wesentlichen Inhalt wir wegen der grundsätzlichen Ausführungen, die in ihm zur Kennzeichnung des deutschen Vorgehens auf lichttechnischem Gebiet gemacht wurden, hier wiedergeben. Über das fachliche Ergebnis der IBK-Tagung wurde bereits zusammenfassend berichtet [ETZ 60 (1939) S. 1422].*

*Die Wiss. Leitung*

Die mannigfachen beleuchtungstechnischen Aufgaben in der Kriegswirtschaft gehen heute nicht nur die Wirtschaft und die Industrie, sondern jeden einzelnen an. Die Erkenntnisse von der Bedeutung des Lichtes als Helfer und Werkzeug des Menschen bei der Arbeit sowie über die stimmungsbeflussende Wirkung des Lichtes auf den Menschen gelten in der Kriegszeit mehr denn je. Der lebendige Anschauungsunterricht, der uns in den letzten Wochen bei der Durchführung der Aufgabe „Trotz Verdunkelung gute Beleuchtung im Betrieb“ [1]\*) erteilt worden ist, stellt die lebensnotwendige Arbeit des Lichttechnikers erneut und eindringlich unter Beweis. Unter diesem Gesichtswinkel betrachtet sollen die nachfolgenden Ausführungen gleichzeitig einen national-wirtschaftlichen und national-politischen Beitrag zur „Technik der Gegenwart“ liefern.

### Einleitung

Es ist bemerkenswert, daß die internationale Fachorganisation der Lichttechnik, also die Internationale Beluchtungs-Kommission, sich neben ihren rein fachlichen Aufgaben der verschiedensten Art auch einem Gebiet zugewandt hat, das bei oberflächlicher Betrachtung zunächst außerhalb der eigentlichen fachlichttechnischen Arbeit zu liegen scheint. Man könnte meinen, daß die Aufgabe, lichttechnische Kenntnisse zu verbreiten, den Schulmann, den Lehrer auf der einen Seite und den Werbefachmann, den Kaufmann auf der anderen Seite angehe. Dies ist ohne Zweifel richtig; ebenso richtig ist es aber auch, daß die Lichttechnik heute eine planmäßige Pflege der Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse gar nicht mehr entbehren kann, wenn die gewonnenen Erkenntnisse auch in ihrer letzten praktischen Nutzenwendung zum Gemeingut der Lichtverbraucher werden sollen.

Wenn wir heute auf die Entwicklung der Lichttechnik zurückschauen, so zeigt sich dabei die zu verallgemeinernde Erscheinung, daß ein Entwicklungsabschnitt vorliegt, in dem auf die allgemeine Verbreitung gewisser technischer Kenntnisse nicht mehr verzichtet werden kann; denn wehe der Technik, die als Ergebnis

ihrer Arbeit das sagen muß, was Rudolf Diesel in seinem Alter aussprach: „Es ist so schön zu gestalten, so zu erfinden, wie der Künstler gestaltet und erfindet, ob dies aber alles einen Zweck hat, ob die Menschheit dadurch glücklicher geworden ist, vermag ich nicht mehr zu entscheiden.“ Es sei damit nichts gesagt gegen den genialen Konstrukteur Diesel, aber alles gegen die gleichsam apokalyptische Vision einer sich selbst negierenden Philosophie der Technik. Nur aus einer solchen Grundhaltung, aus der Absonderung der technischen Berufe entsprang das vernichtende Urteil, daß die Technik in geistiger und seelischer Beziehung im Menschen viel mehr zerstöre, als sie materiell aufbaue, und daß viele Menschen in der Maschine, dem Werkzeug der Technik, nicht den Helfer, sondern den ärgsten Feind sahen. Die Technik macht den Menschen nicht gut oder böse, aber man muß sich auch bewußt sein, daß sie in der ursprünglichen Bedeutung ihrer Wortbezeichnung eine Kunst ist und demgemäß kunstgemäß zu handeln hat. Ihre Aufgabe ist nicht darin erschöpft, Verfahren der Gütererzeugung zu entwickeln, sondern sie soll Naturstoffe zu Kulturzwecken umgestalten. Da Lebensart und -form aller Kulturvölker heute weitgehend durch die Technik bestimmt werden, muß diese auch bewußt kulturelle Arbeit leisten. Hierzu ist die weitere notwendige Voraussetzung, daß eine auch in unserem Lande früher umstrittene Tatsache eindeutig geklärt ist, die der deutsche Staatslehrer Friedrich List schon vor hundert Jahren angab: Die Arbeit ist der Vater des Kapitals, nicht umgekehrt. Aus dieser Erkenntnis ist es dann weiter notwendig, die Betriebe der Technik zu Stätten des Arbeitsfriedens zu machen und für den arbeitenden Menschen gesund, würdig und schön zu gestalten. Hier setzt nun im einzelnen auch die Arbeit des Lichttechnikers ein; denn das Licht, die natürliche wie die künstliche Beleuchtung, ist nicht nur Werkzeug, d. h. Helfer des Menschen bei der Arbeit, sondern gleichzeitig ein nicht zu entbehrendes Mittel zur Gestaltung der Schönheit der Arbeit [2].

Die Lichttechnik ist ein besonders schönes Beispiel dafür, daß Mittelpunkt und Ausgangspunkt einer jeden technischen Arbeit immer der lebende Mensch sein muß. Schon der auf dem Gebiet der Leuchttechnik, der Lichterzeugung, arbeitende Techniker kann zur Bestimmung des Wirkungsgrades einer Lichtquelle die Physiologie nicht entbehren; denn jede Lichtquelle als Sender muß ja abgestimmt sein auf den Empfänger, d. h. die Beschaffenheit und Arbeitsweise der Netzhaut unseres Auges. Und der Beleuchtungstechniker muß bei seiner Arbeit den „Rohstoff Licht“ so umformen und lenken, wie er zur Lösung der verschiedenen Beleuchtungsaufgaben benötigt wird, wobei die Psychologie in diesem Arbeitsgebiet eingeschlossen ist; denn das Licht vermag ähnlich wie die Musik zur Seele des Menschen zu sprechen und die Einheit des Menschen aus Körper, Seele und Geist zu beeinflussen. Entsprechend darf auch das dritte Teilgebiet der Lichttechnik, das an die Seite von Leucht- und Beleuchtungstechnik getreten ist, die Lichtwirtschaft, nicht von einer materiellen Grundlage ausgehen, sondern muß die Leistungssteigerung durch Licht dadurch erzielen, daß sie den Menschen gesund erhält und ihn sich bei der Arbeit wohlfühlen läßt.

\*) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schriftumsverzeichnis am Schluß des Aufsatzes.

### Die Lichttechnik in ihrer öffentlichen Bedeutung und die Schulungsarbeit in Deutschland

Im Jahre 1926 wurde auf der GESOLEI in Düsseldorf, der großen Ausstellung für Gesundheitspflege, Leibesübungen und soziale Fürsorge, zum erstmalig in Deutschland die Lichttechnik in ihrer Bedeutung für den Menschen der allgemeinen Öffentlichkeit nahegebracht. Auf dieser Ausstellung, die damals von Teichmüller, dem Gründer des ersten deutschen lichttechnischen Hochschul-Instituts, betreut worden war, hatte der damalige Assistent dieses Instituts und heutige Nachfolger von Teichmüller, Weigel, über eine Ausstellungshalle die Überschrift gesetzt: „Licht als Werkzeug“ [3], was damals zunächst noch vielfach belächelt, heute in seinem Gedankeninhalt als Grunderkenntnis der lichttechnischen Arbeit erkannt ist. Im Jahre 1934 stellte dann die Deutsche Lichttechnische Gesellschaft ihre Jahresfachtagung in Essen unter das Leitwort „Licht und Arbeit“ [4], und in dem Winter, der auf die 9. Vollversammlung der Internationalen Beleuchtungs-Kommission, die wir zu unserer Freude in unserem Vaterlande durchführen durften, folgte, setzte der erste große allgemeine Aufklärungsfeldzug „Gutes Licht — gute Arbeit“ ein. Die Führung dieser Aktion lag und liegt in Händen des Amtes „Schönheit der Arbeit“ in der NS-Gemeinschaft „Kraft durch Freude“ der Deutschen Arbeitsfront.

Die erste Aktion „Gutes Licht — gute Arbeit“, die im Winter 1935/36 durchgeführt wurde, mußte zunächst die Allgemeinheit mit ihren Zielen vertraut machen. Um ihren Gedankeninhalt der Allgemeinheit nahezubringen, wurde der lichttechnische Kulturtonfilm „Licht“ [5] geschaffen, der auf der Reichstagung der Deutschen Lichttechniker im Jahre 1936 uraufgeführt wurde. Der Erfolg der begonnenen Arbeit zeigte sich insbesondere darin, daß alle überhaupt nur in Betracht kommenden Stellen, wie Gewerbeaufsichtsämter, Behörden, das Reichsarbeitsministerium, die Deutsche Reichspost, die Deutsche Reichseisenbahn usw., die Gewerbehygiene, die Energieversorgungswerke, Handwerk und Handel, die Architektenschaft und die Industrie sich zur weiteren Durchführung der vom Amt „Schönheit der Arbeit“ verkündeten Ziele zu einer bis dahin in Deutschland und wohl auch in den anderen Ländern nicht gekannten Gemeinschaftsarbeit vereinigten. Nachdem mehrere tausend Menschen mit den notwendigen Grundlagen lichttechnischer Art vertraut gemacht worden waren, ging man in den folgenden Jahren daran, die einzelnen Betriebe in Deutschland zu besichtigen, um festzustellen, welche Beleuchtungsverhältnisse tatsächlich vorlagen; denn die ganze Arbeit konnte nur wirksam gestaltet werden, wenn man von der Kenntnis, wie die Arbeitsstätten am Tage und in den Dunkelstunden beleuchtet waren, ausgehen konnte. Als Richtwerte für die Beurteilung wurden die Angaben zugrunde gelegt, die in den deutschen lichttechnischen Normblättern DIN 5034 und 5035 enthalten sind; diese fanden bereits eine weitgehende Verwendung und offizielle Anerkennung. So wurden z. B. die Leitsätze für die Beleuchtung mit künstlichem Licht DIN 5035 durch den Reichspostminister und den Reichsarbeitsminister für verbindlich erklärt [6]:

Diese sogenannten Betriebsüberhebungen [7] haben einen doppelten Erfolg gezeitigt. Einmal gelang es, einen Überblick über die praktischen Beleuchtungsverhältnisse im ganzen Deutschen Reich zu erzielen, eine Arbeit, die auch in der Folgezeit fortgesetzt werden wird, und zum andern wurde das allgemeine Interesse durch Erkenntnis der Bedeutung dieser lichttechnischen Arbeit im ganzen Volke derart geweckt, daß überall, selbst in den kleinsten Orten, das Bedürfnis nach lichttechnischer fachlicher Beratung entstand. Dieses Bedürfnis konnte mit den bisher eingeschlagenen Mitteln, nämlich der Anlernung einer größeren Anzahl von Menschen, nicht mehr befriedigt werden, und so wurde auf der Reichstagung

der Deutschen Lichttechniker 1937 in Köln [8] der Hauptausschuß „Gutes Licht“ beim Amt „Schönheit der Arbeit“ der DAF gegründet und unter die technische Leitung eines Fachlichttechnikers gestellt [9]. Gleichzeitig ging man daran, überall in Deutschland Beratungsstellen „Gutes Licht“ zu errichten [10]. Dies war möglich, weil die energiever sorgenden Werke, die sich von Anfang an freudig in den Dienst der ganzen Sache gestellt hatten, es übernahmen, solche Beratungsstellen einzurichten. Es wurden für diese Einrichtung und für das Arbeiten der Beratungsstelle Leitsätze aufgestellt, um vor allem zu erreichen, daß eine vollkommen neutrale Beratung durch diese Stellen gewährleistet war. Heute haben bereits über 60 solcher Beratungsstellen in den verschiedenen großen, mittleren und kleinen Städten Deutschlands die Anerkennung seitens des Amtes „Schönheit der Arbeit“ als Beratungsstelle „Gutes Licht“ in Gemeinschaft mit dem Amt „Schönheit der Arbeit“ der Deutschen Arbeitsfront erhalten. Die Schaffung solcher Beratungsstellen ist in weiterer Entwicklung begriffen.

### Lichttechnisches Archiv

Die Arbeit der genannten Beratungsstellen und der einzelnen Lichtberater kann naturgemäß nur dann wirklich erfolgreich sein, wenn diese in ihrer Tätigkeit aus den Erfahrungen der Praxis für die Praxis arbeiten können. Um hier voranzukommen, wurde auf der Reichstagung der Deutschen Lichttechniker 1938 die Schaffung eines lichttechnischen Archivs beschlossen, dessen Anlage bereits vom Hauptausschuß „Gutes Licht“ beim Amt „Schönheit der Arbeit“ der DAF inzwischen vorgenommen wurde. Dieses Archiv soll alle Erfahrungen, die im praktischen Betrieb, in der Industrie, im Handwerk, bei der öffentlichen Beleuchtung, überhaupt bei allen Beleuchtungsvorhaben gemacht werden, sammeln und festhalten. Soll diese Arbeit erfolgreich durchgeführt werden, so kann sie sich wiederum nur in Gemeinschaft aller Beteiligten vollziehen. Insbesondere muß der Betriebsingenieur seine Erfahrungen festhalten und mitteilen, um in jedem einzelnen Falle die beste Anpassung der Beleuchtung an den Arbeitsvorgang zu erreichen. Wir sind der Überzeugung, daß der eingeschlagene Weg auch hier zum Erfolg führen wird. Dieser Erfolg kann naturgemäß nicht in einem oder zwei Jahren erreicht sein. In fünf oder gar zehn Jahren wird aber das lichttechnische Archiv ermöglichen, daß jeder Lichtberater in dem an ihn herantretenden Einzelfall sofort auf die Erfahrungen seiner Fachgenossen in der Praxis bei der Lösung einer gleichen oder ähnlichen Beleuchtungsaufgabe zurückgreifen kann. Dem Fachlichttechniker wird der große Wert, den ein solches Archiv für den praktisch arbeitenden Lichttechniker besitzt, sofort vor Augen stehen, und dieser Wert wird noch dadurch erhöht, daß die Gesamtheit aller bearbeiteten Aufgaben unter dem höheren Gesichtspunkt einer sozialen Forderung betrachtet wird.

Der Hauptausschuß hat sich entschlossen, als Ordnungsprinzip für dieses lichttechnische Archiv die Internationale Dezimalklassifikation (DK) anzuwenden, so daß damit über die sprachliche Verschiedenheit hinweg unter Umständen eine später vielleicht einmal in Aussicht zu nehmende internationale Anwendung des Archivs erleichtert wird. Vom Standpunkt der Dezimalklassifikation ist dieser Entschluß insofern zu begrüßen, als das Fachgebiet der Lichttechnik im Rahmen der DK bisher nicht die Unterteilung gefunden hat, die der Bedeutung dieses Fachgebietes entspricht. Deutscherseits wird wahrscheinlich bald auf die Notwendigkeit der Inangasetzung dieser Arbeiten bei der Geschäftsstelle der DK hingewiesen werden.

### Bisherige Ergebnisse lichttechnischer Betriebsüberhebungen

Um wenigstens einen Überblick über den bisherigen Erfolg [11] auf einem der geschilderten Teilgebiete der Arbeit zu geben, sind die Beleuchtungsverhältnisse ver-

schiedener, willkürlich herausgegriffener Betriebsgruppen nach dem Stande der zweiten Betriebserhebung 1937/38 dargestellt (Tafel 1).

Tafel 1. Stand der Beleuchtungsverhältnisse verschiedener Betriebsgruppen auf Grund der zweiten Betriebserhebung 1937/38.

Betriebsgruppe	natürliche Beleuchtung		künstliche Beleuchtung	
	ausreichend %	verbesserungsbedürftig %	ausreichend %	verbesserungsbedürftig %
Nahrung und Genuß . . . . .	76	24	23	77
Textil und Bekleidung . . . . .	76	24	21	79
Holz . . . . .	78	22	13	87
Eisen und Metall . . . . .	75	25	27	73
Druck und Papier . . . . .	74	26	12	88
Energie, Verkehr, Verwaltung . . . . .	70	30	14	86
Handel . . . . .	74	26	21	79
Handwerk . . . . .	86	14	11	89
Chemie, Leder u. andere . . . . .	82	18	26	74
Durchschnitt . . . . .	77	23	19	81

Danach waren bei der natürlichen Beleuchtung drei Viertel aller untersuchten Betriebe als ausreichend zu bezeichnen, bei der künstlichen Beleuchtung hingegen noch nicht einmal ein Fünftel. Das Ergebnis der ein Jahr später vorgenommenen Betriebserhebungen zeigt in bezug auf die natürliche Beleuchtung etwa den gleichen Stand, wobei die geringfügigen Unterschiede von wenigen Prozent dadurch zu erklären sind, daß naturgemäß in beiden Fällen nicht nur gleiche Betriebe untersucht wurden. Bei der künstlichen Beleuchtung hatte sich dagegen das Verhältnis außerordentlich stark verbessert (Tafel 2).

Tafel 2. Zustand der Anlagen bei lichttechnischen Betriebserhebungen 1938/39.

	Anteil der einwandfreien Anlagen %	Anteil der verbesserungsbedürftigen Anlagen %
Tagesbeleuchtung . . . . .	73	27
künstliche Beleuchtung . . . . .	57	43

nach W. Kircher, VDE-Fachber. 11 (1939) S. 217

Interessant ist die Zusammenstellung der häufigsten Beleuchtungsfehler mit Angabe des Hundertsatzes, unter dem sie bei diesen Betriebserhebungen angetroffen wurden (Tafel 3).

Tafel 3. Häufigste Beleuchtungsfehler in %, ermittelt aus den lichttechnischen Betriebserhebungen.

Fehleranteil:	E	S	⚡	B	F
	41 %	21 %	19 %	12 %	7 %

hierin bedeuten: E zu geringe Beleuchtungsstärke  
 S ungünstige Schattigkeit  
 ⚡ falscher Lichteinfall  
 B Blendung  
 F flackerndes Licht

nach W. Kircher, VDE-Fachber. 11 (1939) S. 217

**Förderung der Schmuckbeleuchtung**

Parallel hierzu laufen die Bestrebungen, die durch das Schlagwort „Beleuchtungsschmuck oder Schmuckleuchte“ gekennzeichnet werden können. Während auf dem Gebiet der sogenannten Zweckleuchten, also den Beleuchtungskörpern, für die Beleuchtung von Werkhallen, Arbeitsplätzen usw. sich in außerordentlich erfreulicher Weise die Harmonie zwischen Formschönheit und lichttechnisch Richtigem vollzogen hat, ist dies auf dem Ge-

biet der sogenannten Schmuckleuchten noch keineswegs der Fall. Der Grund liegt darin, daß Architekt und Kunstgewerbler auf der einen Seite und Lichttechniker auf der anderen Seite meist noch eine verschiedene Sprache sprechen, da die einen künstlerisch intuitiv schaffen, während die anderen formal rechnerisch zu denken und zu arbeiten gewohnt sind. Hinzu kommt, daß der neuzeitliche Beleuchtungskörper sich in seinem Entwurf noch nicht von den historischen Lichtträgern grundsätzlich befreit hat. Man sieht in allen Ländern Öllampen, Kerzen, Petroleum- und Gaslaternen, in die man einfach elektrische Glühlampen hineingesetzt hat. Um auch hier anregend zu wirken, hat das Amt „Schönheit der Arbeit“ begonnen, einen Stab von Architekten auf diese Gedankengänge hinzu lenken, damit diese dann als „Vertrauensarchitekten“ des Amtes zu ihren Fachgenossen in der Sprache des Architekten reden und gleichzeitig dabei die Aufgabe erfüllen können, durch Musterentwürfe die Entwicklung zu fördern.

**Arbeiten des Studienausschusses der DLTG**

Schließlich müssen in diesem Zusammenhang noch die Arbeiten des DLTG-Studienausschusses für öffentliche und Verkehrsbeleuchtung erwähnt werden. Auch für dieses ebenso wichtige Gebiet ist es gelungen, alle irgendwie beteiligten Stellen staatlicher, städtischer, industrieller, wirtschaftlicher und privater Art zusammenzuführen, um von den lichttechnischen Erkenntnissen ausgehend die Beleuchtungsaufgaben, die in der Gegenwart die öffentliche Beleuchtung im allgemeinen und die Verkehrsbeleuchtung im besonderen stellen, zu lösen. Dabei werden auch besondere Aufgaben, wie die Beleuchtung der Verkehrstunnel größerer Länge, die mit hohen Geschwindigkeiten durchfahren werden sollen, behandelt.

**Zusammenfassung**

Im vorstehenden wurde versucht, einen Überblick über die Pflege der Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse in Deutschland, insbesondere seit 1935, zu geben. Hierbei mußte man von den Anschauungen ausgehen, die in Deutschland über die Aufgaben der Technik im allgemeinen und die der Lichttechnik im besonderen herrschen. Lösen wird man diese Aufgaben nur so weit, wie die Allgemeinheit die Bedeutung des Lichtes für den Menschen überhaupt erkennt und soweit der Techniker die Lichttechnik als Sondergebiet wertet und behandelt. Aus diesem Grunde ist auch der Frage der Heranbildung junger Arbeitskräfte ganz besonderes Augenmerk geschenkt. Neben der Ausbildung des besonderen Lichttechnikers für Forschung und Praxis werden lichttechnische Kenntnisse auf unseren Schulen an die Studenten aller technischen Fachrichtungen vermittelt. Jeder Techniker und jeder Ingenieur soll in Zukunft während seines Studiums eine solche Summe lichttechnischer Kenntnisse erhalten, daß er einen Begriff von der Art, Umfang und Bedeutung der Lichttechnik erhält.

Abschließend sei der Meinung Ausdruck gegeben, daß das Vorgehen in Deutschland, wie es in großen Zügen dargestellt wurde, für die Fachgenossen aus den verschiedenen Ländern nicht uninteressant ist, wenn wir auch glauben, daß sich dieses Vorgehen auf die Mehrzahl der in der IBK vertretenen Länder nicht übertragen läßt. Dies anzuregen war nicht der Grund dieser Mitteilung. Wir wollen lediglich allen in der Internationalen Beleuchtungs-Kommission vertretenen Fachgenossen ein wirkliches Bild von dem Vorgehen geben, das wir in Deutschland zum Ziele der Verbreitung lichttechnischer Kenntnisse und damit zum Wohle des Volksganzen einzuschlagen für richtig befunden haben. Dieses Vorgehen kann man vielleicht kurz dadurch kennzeichnen, daß wir in Deutschland die Forderung nach gutem Licht als soziale Forderung herausstellen. Gutes Licht soll dem hohen Ziele dienen, die Stätten unseres Daseins und insbesondere

unserer Arbeit zum würdigen Lebensraum eines Geschlechtes gesunder, stolzer, froher und lebensbejahender Menschen zu machen.

#### Schrifttum

1. Die Deutsche Arbeitsfront, Betriebsinformation Nr. 10 vom 15. XI. 1939, S. 8.
2. W. Köhler, Die Entwicklung der Lichttechnik, ihre volkswirtschaftliche und kulturelle Bedeutung, Techn. u. Wirtsch. 29 (1936) H. 9.
3. R. G. Weigel, Über den wirtschaftlichen Wirkungsgrad des „Lichtes als Werkzeug“ im Arbeitsprozeß, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 2 (1925) S. 125.  
R. G. Weigel, Das Licht als Werkzeug, ETZ 57 (1936) S. 535.
4. ETZ 55 (1934) S. 1045.
5. W. Kircher, „Licht“, der erste deutsche Lichttechnische Kultur-Tonfilm, Werbeleiter 11 (1936) S. 183.
6. F. Schinke, Die Lichttechnik als Aufgabengebiet der Staatsbehörden. (Die Notwendigkeit der Anerkennung und Einführung der lichttechnischen Normen.) Licht 8 (1938) S. 236.
7. R. G. Weigel u. O. H. Knoll, Über das Ergebnis lichttechnischer Erhebungen in deutschen Betrieben, Licht 7 (1937) S. 170 u. 8 (1938) S. 178.
8. H. G. Frühling, Jubiläumstagung der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft, ETZ 58 (1937) S. 1288.
9. W. Kircher, Gutes Licht, lichttechnische Aufklärungs- und Erziehungsarbeit unter Führung der Deutschen Arbeitsfront, Licht 8 (1938) S. 71.
10. W. Köhler, Lichttechnische Beratungsstellen in allen deutschen Gauen. Eine Anregung und eine Forderung, Licht 6 (1936) S. 255.  
W. Kircher, Beratungsstellen „Gutes Licht“ in allen deutschen Gauen, Licht 8 (1938) S. 183.
11. H. Steinwarz, Drei Jahre Gemeinschaftsarbeit „Gutes Licht“. Die sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen, Licht 8 (1938) S. 232.

### Ein verbessertes Dreikanal-Trägerfrequenz-Fernsprechsystem

DK 621.395.44

Zur Zeit gibt es in den V. S. Amerika trägerfrequent betriebene Fernsprechstromkreise in einer Länge von über 1 200 000 km; 90% dieser Stromkreise werden von etwa 600 Trägerfrequenzsystemen der Type C geliefert, mit denen Entfernungen von 120 bis 3200 km überbrückt werden<sup>1)</sup>. Mittels dieser Einrichtungen kann eine oberirdische Leitung — abgesehen von der niederfrequenten Ausnutzung — noch mit drei zusätzlichen trägerfrequenten Gesprächen belegt werden. Neue Erkenntnisse und die Anwendung von neuen Schaltelementen ermöglichten einen Aufbau der Type C, der sich von dem bisherigen durch eine Verringerung der Abmessungen und der Kosten und durch eine beträchtliche Verbesserung der Übertragungstechnischen Eigenschaften unterscheidet. Bei der neuen Type werden für die Verstärker Pentoden und für die Frequenzumsetzung Kupferoxydulgleichrichter angewendet; für die Zwischenverstärker, bei denen in weitgehendem Maße von der Gegenkopplungsschaltung Gebrauch gemacht wurde, und für die Endsätze ist eine neue Art von selbsttätiger Pegelregelung vorgesehen.

Bei dem Einsatz von mehreren Systemen der älteren Type C auf der gleichen Freileitungslinie wurden bisher die Frequenzbänder des zweiten und dritten Systems gegenüber dem ersten System versetzt bzw. in ihrer Lage umgekehrt, um das Nebensprechen zu vermindern und unverständlich zu machen. Bei der neuen Type C werden die Frequenzbänder nicht verschoben, sondern es wird in der oberen Frequenzlage beim ersten System das untere Seitenband und beim zweiten System das obere Seitenband benutzt. Nach den vorliegenden Erfahrungen ist diese vereinfachte Frequenzanordnung zulässig, weil es möglich ist, durch Anwendung von neuen Kreuzungsverfahren und durch besonderen Bau der Leitungen das Nebensprechen wesentlich herabzusetzen. Das übertragene Frequenzband reicht entsprechend den aufgenommenen frequenzabhängigen Kurven von 200 bis etwa 3000 Hz. Für Rundfunkübertragungen ist vorgesehen, den niederfrequenten Kanal durch Einschaltung von besonderen Filtern bis 5000 Hz oder erforderlichenfalls bis 8000 Hz zu erweitern; in letzterem Fall muß allerdings auf den untersten trägerfrequenten Kanal, der in der einen Richtung im Frequenzbereich 6500 bis 9300 Hz liegt, verzichtet werden. Auf der niederfrequenten Seite endigen die trägerfrequent betriebenen Kanäle in Vierdrahtschaltung; an diesen Punkten besteht ein Empfangspegel von +0,45 N und ein Sendepiegel von -1,5 N. Soll ein Kanal in Vierdrahtschaltung, niederfrequent oder trägerfrequent, weitergeführt werden, so werden in die beiden Leitungen Dämpfungsglieder mit einem Wert von je 1,95 N eingeschaltet, um die richtigen Pegelwerte für die Zusammenschaltung der beiden Übertragungsrichtungen zu erhalten. Will man aber einen Kanal in zweidrahtiger Führung

fortschalten, so wird eine Gabelschaltung (ohne Röhren) an die angegebenen Pegelpunkte angeschlossen, wodurch man eine Restdämpfung von 1,0 N für den Kanal erhält. Der Modulator ist so bemessen, daß er hohe Sprachspitzen begrenzt, die sonst eine Übersteuerung der Zwischenverstärker zur Folge hätten, ohne daß damit eine Herabsetzung der Übertragungsgüte verbunden ist. Der Trägerstromerzeuger weist eine hohe Konstanz der abgegebenen Leistung und der Frequenz auf, wozu die Verwendung von Spulen und Kondensatoren mit entgegengesetzten Temperaturkoeffizienten wesentlich beiträgt. An Hand eines Kurvenbildes werden die Eigenschaften der verwendeten Filter besprochen. Die Länge der Verstärkerfelder beträgt etwa 200 bis 400 km, je nach der Stärke des verwendeten Drahtes, der Länge und Art der Einführungs- und Zwischenkabel, der Lage der schon vorhandenen Zwischenämter und dem zu erwartenden Schnee- und Eisanhang an den Leitungsdrähten im Winter. Der Zwischenverstärker arbeitet in Gegenkopplungsschaltung und zeigt sehr günstige Klirrdämpfungswerte 2. und 3. Ordnung; er hat in der einen Übertragungsrichtung ein Frequenzband von 6500 bis 15 900 Hz und in der entgegengesetzten Richtung ein Frequenzband von 17 900 bis 28 400 Hz zu verstärken. Daher ist seine Verstärkungsziffer im unteren Frequenzbereich auf 5 N und im oberen Frequenzbereich auf 5,6 N bemessen. Eine Pegelregelung bewirkt die genaue Einstellung der jeweils erforderlichen Verstärkung; eine Steuerfrequenz, die dem Träger des mittleren Kanals sehr nahe liegt, betätigt die Regelung, die bei einer Dämpfungsänderung von  $\pm 0,06$  N anspricht.

Der Leistungsbedarf für den Endsatz und den Zwischenverstärker konnte bei der neuen Type C wesentlich vermindert werden, und zwar auf  $\frac{2}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$  des früheren Bedarfs. Auch der Raumbedarf für den Endsatz und den Zwischenverstärker konnte, wie in Bildern gezeigt wird, in ähnlichem Ausmaß gesenkt werden. Während früher für den Endsatz  $2\frac{1}{2}$  Gestellbuchten und für die zugehörige selbsttätige Pegelregelung eine Gestellbucht erforderlich waren, ist jetzt in einer einzigen Gestellbucht der ganze Endsatz mit Pegelregelung enthalten. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den neuen Zwischenverstärkern. Zum Schluß wird nochmals auf die hohe Bedeutung der Verminderung des Nebensprechens bei den Trägerfrequenzsystemen für oberirdische Leitungen hingewiesen und erwähnt, daß zur Verringerung dieses Nebensprechens verschiedene Kreuzungspläne zur Anwendung auf die vorhandenen oberirdischen Linienarten entwickelt wurden und daß beim Bau neuer Leitungen die Abstände der beiden Drähte einer Doppelleitung auf 20 cm herabgesetzt werden. Aus einem Bild, in dem die mit der Type C betriebenen Linien eingezeichnet sind, kann die große Ausdehnung und die weitgehende Anwendung der Trägerfrequenztechnik in den V. S. Amerika entnommen werden. *Dll.*

<sup>1)</sup> J. T. O'Leary, E. C. Blessing und J. W. Beyer, Bell. Syst. techn. J. 18 (1939) S. 40.

## Über den Einphasen-Magnetmotor und seine Möglichkeiten, mit mehreren synchronen Drehzahlen laufen zu können

Von Th. Buchhold, Darmstadt

DK 621.313.823.1.001.14

**Übersicht.** Befindet sich ein drehbarer Anker aus Eisen, der jedoch nicht vollkommen rund sein darf, in dem Wechselfeld einer Magnetspule, so vermag er mit synchroner Drehzahl zu laufen. Solche Magnetmotoren werden heute bei Kleinstleistungen dort angewendet, wo Wert auf eine sehr einfache Bauart gelegt wird, eine synchrone Drehzahl erwünscht und ein Anwurf von Hand möglich ist (z. B. als Antriebsmotor für Synchronuhren). In vorliegendem Aufsatz soll die Art des elektrischen Leistungsumsatzes solcher Motoren geprüft werden. Dabei wird auf die Frage der Oberwellen und der notwendigen Blindleistung eingegangen. Es soll ferner untersucht werden, unter welchen Bedingungen ein solcher Magnetmotor die Fähigkeit besitzt, je nach Anwurf mit verschiedenen synchronen Drehzahlen laufen zu können.

### Theorie des einphasig erregten Magnetmotors

#### a. Zwei- und mehrpoliger Aufbau

In Bild 1a und 1b ist im Auf- und Seitenriß ein Magnetmotor gezeichnet. Der drehbar gelagerte Anker

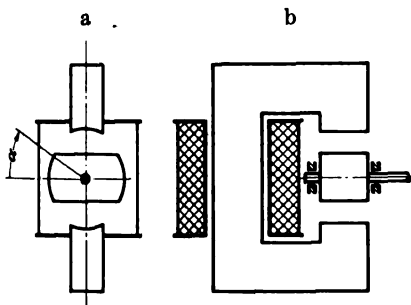


Bild 1. Schematische Darstellung eines einphasig erregten Magnetmotors mit unrundem Eisenläufer.

ist nicht vollkommen rund, sondern sein Luftspalt ist eine Funktion des Drehwinkels. Eine andere Art von Magnetmotor zeigt Bild 2. Hier ist der Läufer gezahnt, und die beiden Pole des Rückschlusses besitzen ebenfalls Zähne der gleichen Teilung. Motoren dieser Art mit noch wesentlich geringeren als den gezeichneten Zahnteilungen kommen heute zum Antrieb von Synchronuhren viel zur Anwendung.

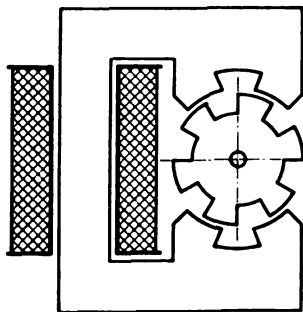


Bild 2. Magnetmotor mit gezahntem Läufer.

#### b. Wirkungsweise des Magnetmotors.

Zur Betrachtung der Wirkungsweise dieser Motoren ist es vorteilhaft, von der Konstruktion nach Bild 1 auszugehen. Stellt man sich vor, daß der Anker in Bild 1 langsam gedreht und daß für jede Winkelstellung  $\alpha$  die Induktivität der Spule bestimmt wird, so ergibt sich, daß bei einer Umdrehung die Induktivität zweimal ein Maximum und zweimal ein Minimum besitzt, also, bezogen auf den Winkel, doppelte Periodenzahl aufweist. Bild 3a zeigt, wie die Induktivität in Abhängigkeit des Drehwinkels  $\alpha$  bzw. der Zeit aussehen kann. Man kann sich die Induktivität in die mittlere Induktivität  $L_0$  und eine dar-

über gelagerte, die doppelte Frequenz besitzende periodische Funktion  $f(2\alpha)$  zerlegt denken, so daß nach Bild 3a gilt

$$L = L_0 + f(2\alpha). \quad (1)$$

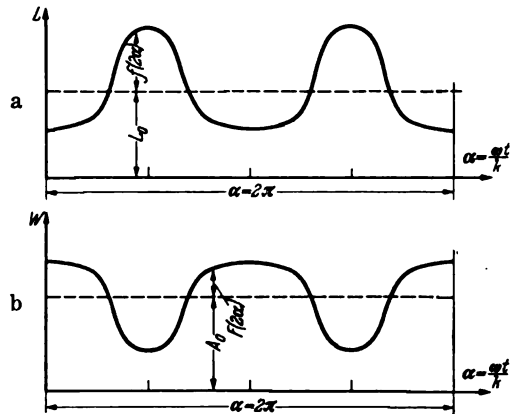


Bild 3a. Induktivität des Motors Bild 1 in Abhängigkeit des Drehwinkels. Bild 3b. Magnetischer Widerstand in Abhängigkeit des Drehwinkels.

Der Winkel  $\alpha$  ist, wenn der Anker gleichmäßig mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  gedreht wird,

$$\alpha = \omega t. \quad (2)$$

Wir wollen jedoch unsere Betrachtung noch verallgemeinern und annehmen, daß die Winkelgeschwindigkeit unseres Läufers nur

$$\frac{\omega}{k} \quad (3)$$

sei; dabei sei  $k$  eine beliebige ganze Zahl. Es gilt dann

$$\alpha = \frac{\omega t}{k}, \quad (4)$$

und für  $L$

$$L = L_0 + f\left(\frac{2\omega t}{k}\right). \quad (5)$$

Der verkettete Kraftlinienfluß  $\Phi$  in Vs ( $\Phi$  ist mittlerer Spulenfluß mal Windungszahl) ergibt sich, falls man unter  $i$  den Strom in A versteht, zu

$$\Phi = i \left[ L_0 + f\left(\frac{2\omega t}{k}\right) \right]. \quad (6)$$

Ist die unserer Spule aufgedrückte Spannung sinusförmig, dann muß der Fluß ebenfalls sinusförmig verlaufen und der Spannung um  $90^\circ$  nacheilen (ohmscher Widerstand vernachlässigt). Schreiben wir den Fluß

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t, \quad (7)$$

so gilt die Beziehung

$$\Phi_m \sin \omega t = i \left[ L_0 + f\left(\frac{2\omega t}{k}\right) \right], \quad (8)$$

oder umgeschrieben

$$i = \Phi_m \sin \omega t \frac{1}{L_0 + f\left(\frac{2\omega t}{k}\right)}. \quad (9)$$

Die Funktion

$$\frac{1}{L_0 + f\left(\frac{2\omega t}{k}\right)} \quad (10)$$

zeigt Bild 3 b. Sie läßt sich aus Bild 3 a stets ausrechnen, und man kann für sie schreiben

$$\frac{1}{L_0 + f \left( \frac{2 \omega t}{k} \right)} = A_0 + F \left( \frac{2 \omega t}{k} \right). \quad (11)$$

Es gilt dann für Gl. (9)

$$i = \Phi_m \sin \omega t \left[ A_0 + F \left( \frac{2 \omega t}{k} \right) \right]. \quad (12)$$

Man kann die in der eckigen Klammer stehende Funktion als einen magnetischen Widerstand auffassen, da der Fluß multipliziert mit diesem Widerstand den notwendigen magnetisierenden Strom ergibt. Das periodische Glied  $F \left( \frac{2 \omega t}{k} \right)$  kann man sich in eine Reihe von höheren Harmonischen zerlegt denken, so daß gilt

$$i = \Phi_m \sin \omega t \left[ A_0 + A_1 \sin \left( \frac{2 \omega t}{k} + \varphi_1 \right) + A_2 \sin \left( 2 \cdot \frac{2 \omega t}{k} + \varphi_2 \right) + \dots + A_\nu \sin \left( \nu \cdot \frac{2 \omega t}{k} + \varphi_\nu \right) + \dots \right]. \quad (13)$$

Hiervon sei zunächst nur die  $\nu$ -te Harmonische betrachtet, wobei  $\nu$  auch 1 sein kann. Der durch die  $\nu$ -te Harmonische bedingte Strom  $i_\nu$  hat dann folgende Größe:

$$i_\nu = \Phi_m \sin \omega t A_\nu \sin \left( \nu \cdot \frac{2 \omega t}{k} + \varphi_\nu \right). \quad (14)$$

Beachtet man die mathematische Beziehung

$$\sin \alpha \sin \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)}{2}, \quad (15)$$

dann ergibt sich

$$i_\nu = \frac{\Phi_m A_\nu}{2} \left[ \cos \left\{ \left( \frac{2 \nu}{k} - 1 \right) \omega t + \varphi_\nu \right\} - \cos \left\{ \left( \frac{2 \nu}{k} + 1 \right) \omega t + \varphi_\nu \right\} \right]. \quad (16)$$

Wenn der Magnetmotor Arbeit leisten soll, so muß der aufgenommene Strom unbedingt eine erste Harmonische enthalten; also müßten in Gl. (16) die vor  $\omega t$  stehenden Klammern gleich 1 sein. Beim zweiten Glied der Gleichung ist dies nicht möglich, jedoch beim ersten Glied, falls hier gilt

$$\frac{2 \nu}{k} - 1 = 1, \quad \frac{\nu}{k} = 1 \text{ oder } \nu = k. \quad (17)$$

Es ergibt sich für den Strom, falls  $\nu, k = 1$  ist,

$$i_\nu = -\frac{\Phi_m A_\nu}{2} [\cos(\omega t + \varphi_\nu) - \cos(3 \omega t + \varphi_\nu)]. \quad (18)$$

Der Strom  $i_\nu$  besteht also aus einem Strom von der ersten und einem gleichgroßen Strom von der dritten Harmonischen. Nur die erste Harmonische vermag Leistung zu übertragen.

c. Oberwelleneinfluß und Leistungsaufnahme

Es ist erwünscht, daß die Grundharmonische möglichst ein Wirkstrom sein soll, das bedeutet, daß dieser gleiche Phasenlage wie die aufgedruckte Spannung besitzen muß. Die Spannung eilt dem Fluß  $\Phi_m \sin \omega t$  um  $90^\circ$  vor, kann also geschrieben werden

$$u = U_m \sin(\omega t + 90) = U_m \cos \omega t. \quad (19)$$

Wenn der Strom der ersten Harmonischen  $i_{\nu_1}$  gleiche Phasenlage mit der Spannung haben soll, so bedeutet dies, daß

$$\varphi_\nu = 0 \text{ ist,} \quad (20)$$

so daß folgt

$$i_{\nu_1} = -\frac{\Phi_m A_\nu}{2} \cos \omega t = I_{\nu_1} \cos \omega t. \quad (21)$$

Setzt man in Gl. (16)  $k = 1$  (der Motor läuft also mit  $n = 3000$  U/min), und nimmt man an, daß die Kurve für den magnetischen Widerstand nach Bild 3 b höhere Har-

monische beliebiger Ordnung enthält, so kann man diese berücksichtigen, indem man in Gl. (16) für  $\nu$  die Werte 1, 2, 3 ... usw. einsetzt. Für die beiden Stromkomponenten nach Gl. (16) ergeben sich dann folgende Ordnungszahlen der höheren Harmonischen:

$\nu$	erste Komponente $2\nu - 1$	zweite Komponente $2\nu + 1$
1	1	3
2	3	5
3	5	7
4	7	9

Man erkennt also, daß ein Magnetmotor, abgesehen von der Grundharmonischen, eine ganze Reihe von höheren Harmonischen ungerader Ordnung aufnimmt. Macht man die Annahme, daß die Kurve nach Bild 3 b einen genau sinusförmig schwankenden Verlauf hat, so daß also  $\nu = 1$  ist und die höheren  $\nu$  verschwinden, so heißt dies, daß außer der ersten Harmonischen noch eine dritte Harmonische fließt, die nach Gl. (18) genau gleiche Größe hat wie die erste Harmonische. Ein Magnetmotor muß also stets, wenn er Arbeit leistet, mindestens eine dritte Harmonische aufnehmen. Wir müssen noch in Gl. (13) in der eckigen Klammer das Glied  $A_0$  betrachten. Die hierdurch bewirkte Stromkomponente ergibt sich zu

$$i_{b_0} = A_0 \Phi_m \sin \omega t = I_{b_0} \sin \omega t. \quad (22)$$

Diese Stromkomponente ist, da sie der Spannung  $U_m \cos \omega t$  um  $90^\circ$  nacheilt, ein reiner Blindstrom. Unter Benutzung der Gl. (21) ergibt sich für das Verhältnis Wirkstrom zu Blindstrom bzw. Wirkleistung zur Blindleistung folgender Wert:

$$\frac{I_w}{I_{b_0}} = \frac{N_w}{N_{b_0}} = \frac{\Phi_m A_\nu}{2 \Phi_m A_0} = \frac{1}{2} \frac{A_\nu}{A_0}. \quad (2)$$

Da stets

$$A_\nu < A_0$$

ist, wird also die Wirkleistung stets klein im Vergleich zur Blindleistung sein. Nimmt man in Bild 3 b an, daß die der Größe  $A_0$  überlagerte Schwankung sinusförmig ist, so kann im äußersten Fall das Minimum dieser Kurve bis auf den Wert Null gelangen (in dieser Stellung müßte der magnetische Widerstand Null, also auch der Luftspalt Null sein), so daß

$$A_1 = A_0 \quad (24)$$

wird. Hieraus ergibt sich dann, daß im günstigsten Falle

$$\frac{I_w}{I_{b_0}} = \frac{N_w}{N_{b_0}} = \frac{1}{2} \quad (25)$$

ist. Ein Magnetankermotor wird sich also stets hinsichtlich der Blindleistung ungünstig verhalten, weil das Verhältnis Wirkleistung zu Blindleistung im günstigsten Falle den Wert 0,5 erreichen kann. Hierbei sind sämtliche Verluste im Magnetmotor gleich Null gesetzt.

d. Mögliche Drehzahlen des Magnetmotors

Besitzt die Kurve nach Bild 3 b eine  $\nu$ -te Harmonische, so ist nach Gl. (16) eine Wirkleistungsübertragung ebenfalls möglich, falls  $k = \nu$  ist; in diesem Falle wird der Motor sich nur  $1/\nu$  so rasch drehen, als der Grundfrequenz entspricht. Ein Magnetmotor besitzt also die Fähigkeit, je nach Anwurf mit so viel synchronen Drehzahlen laufen zu können, als die Kurve des magnetischen Widerstandes (Bild 3 b) höhere Harmonische besitzt. Praktisch können jedoch die meisten dieser Möglichkeiten wegen der vorhandenen Reibungsmomente nicht verwirklicht werden, wenn die höheren Harmonischen in der Kurve des magnetischen Widerstandes klein sind, denn der Wirkstrom ist gemäß Gl. (21) direkt proportional der höheren Harmonischen  $A_\nu$ .

In Formel (21) war der Wirkstrom  $i_{\nu}$  berechnet. Da bei gegebenem Motor die Größe  $A_{\nu}$  festliegt und gleiches für  $\Phi_m$  gilt, falls die Spannung gegeben ist, ist der Wirkstrom  $i_{\nu}$  eindeutig bestimmt. Größer kann der Wirkstrom und damit auch die Wirkleistung nicht werden. Sollte die abgenommene Leistung größer werden, so müßte der Motor außer Tritt fallen. Ist die abgenommene Leistung kleiner, so geschieht folgendes: Ursprünglich enthält die erste Harmonische in Gl. (18) noch den Phasenverschiebungswinkel  $\varphi_{\nu}$ , der in Gl. (21), um reinen Wirkstrom zu bekommen, Null gesetzt war. Läßt man den Winkel  $\varphi_{\nu}$  bestehen, dann ergibt sich für den Strom der ersten Harmonischen

$$i_{\nu 1} = \frac{\Phi_m A_{\nu}}{2} \cos(\omega t + \varphi_{\nu}) = I_{\nu 1} \cos(\omega t + \varphi_{\nu}); \quad (26 a)$$

dabei ist 
$$I_{\nu 1} = \frac{\Phi_m A_{\nu}}{2} \quad (26 b)$$

Man erkennt durch Vergleich mit der Gl. (19), daß der Strom diesmal um den Winkel  $\varphi_{\nu}$  der Spannung voreilt. In einem solchen Fall kann man sich den Strom zerlegt denken in einen Wirkstrom von der Größe

$$I_w = I_{\nu 1} \cos \varphi_{\nu} \quad (27)$$

und in einen Blindstrom von der Größe

$$\Delta I_b = I_{\nu 1} \sin \varphi_{\nu} \quad (28)$$

Der Winkel  $\varphi_{\nu}$ , der in der Gleichung vorkommt, ist als rein elektrischer Winkel aufzufassen. Untersucht man die  $\nu$ -te Harmonische, so ist der tatsächliche räumliche Winkel kleiner, und zwar

$$\alpha_{\nu} = \frac{\varphi_{\nu}}{2\nu} \quad (29)$$

Die abgegebene Wirkleistung ist also (Verluste Null gesetzt)

$$N_w = \frac{U_m I_{\nu}}{2} \cos \varphi_{\nu} \quad (30)$$

In dieser Gleichung kommt der Faktor 1/2 vor, weil mit den maximalen Werten gerechnet wurde. Unter Benutzung der Gl. (21) findet sich

$$N_w = \frac{U_m \Phi_m A_{\nu}}{4} \cos \varphi_{\nu} \quad (31)$$

Aus Gl. (23) ergibt sich durch Verallgemeinerung

$$N_w = N_b \cdot \frac{1}{2} \frac{A_{\nu}}{A_0} \cos \varphi_{\nu} \quad (32)$$

wobei unter Benutzung von Gl. (22)

$$N_b = \frac{U_m A_0 \Phi_m}{2} \quad (33)$$

ist. Aus der Gl. (31) folgt, daß die größtmögliche Wirkleistung den Wert

$$N_w = \frac{U_m \Phi_m A_{\nu}}{4} \quad (34)$$

nicht überschreiten kann, so daß also bei einer größeren abgenommenen Leistung ein Außertrittfall eintreten muß. Bei einer abgenommenen Leistung, die kleiner als die maximal mögliche ist, äußert sich dies darin, daß der Strom um den elektrischen Winkel  $\varphi_{\nu}$ , der Läufer um den räumlichen Winkel  $\varphi_{\nu}/2\nu$  voreilt. In diesen Fällen findet noch eine zusätzliche Blindleistungserzeugung statt, und zwar ist diese unter Benutzung der Gleichungen (26 b) und (28):

$$\Delta N_b = \frac{U_m I_{\nu 1}}{2} \sin \varphi_{\nu} = \frac{U_m \Phi_m A_{\nu}}{4} \sin \varphi_{\nu} \quad (35)$$

Die Gesamtblindleistung, welche zuzuführen ist, wird also kleiner und ergibt sich zu

$$N_b = N_b - \Delta N_b = \frac{U_m \Phi_m A_0}{2} - \frac{U_m \Phi_m A_{\nu}}{4} \sin \varphi_{\nu} \quad (36)$$

$$N_b = \frac{U_m \Phi_m A_0}{2} \left[ 1 - \frac{A_{\nu}}{2A_0} \sin \varphi_{\nu} \right] = N_b \cdot \left( 1 - \frac{A_{\nu}}{2A_0} \sin \varphi_{\nu} \right)$$

Es sei noch gezeigt, daß der Winkel  $\varphi_{\nu}$  nicht negativ werden kann. Wird eine bestimmte Leistung abgenommen, so muß diese gleich der zugeführten Leistung nach Gl. (30) sein. Die zugeführte Leistung kann sowohl bei  $+\varphi_{\nu}$  als auch bei  $-\varphi_{\nu}$  zustande kommen. Betrachtet man den Fall, daß  $\varphi_{\nu}$  positiv ist, und nimmt die abgenommene Leistung um einen kleinen Betrag zu, dann bleibt der Läufer etwas zurück,  $\varphi_{\nu}$  wird kleiner, und die zugeführte Leistung steigt. Der Zustand ist also stabil. Ist dagegen  $\varphi_{\nu}$  negativ und nimmt jetzt die abgenommene Leistung etwas zu, so bleibt ebenfalls der Läufer etwas zurück,  $-\varphi_{\nu}$  wird aber diesmal größer, die zugeführte Leistung also kleiner, d. h. der Zustand ist unstabil und der Läufer fällt außer Tritt.

e. Nutzmoment des Magnetmotors

Um das im Mittel je Umdrehung abgegebene Drehmoment zu erhalten, geht man von der Beziehung aus,

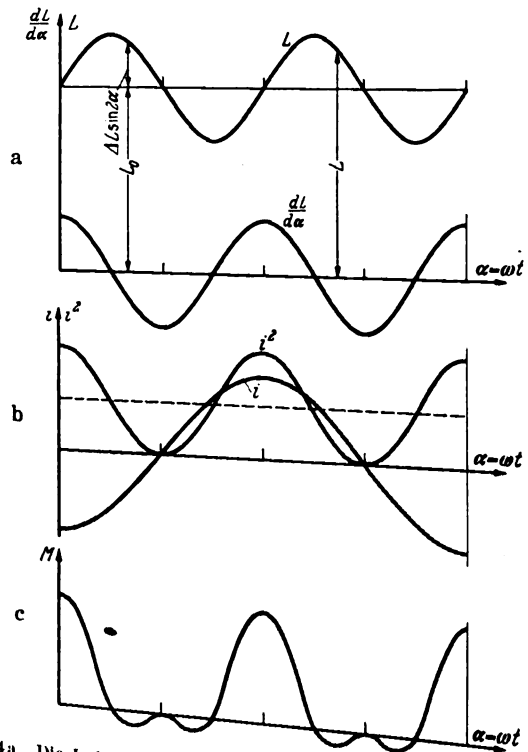


Bild 4a. Die Induktivität und ihr Differentialquotient in Abhängigkeit des Drehwinkels.

Bild 4b. Der Strom und das Stromquadrat in Abhängigkeit des Drehwinkels.

Bild 4c. Das Drehmoment in Abhängigkeit des Drehwinkels.

daß Leistung gleich Drehmoment  $M$  mal Winkelgeschwindigkeit  $\omega/k$  ist und  $k = \nu$  sein muß. Es gilt

$$N_w = M \frac{\omega}{k} = M \frac{\omega}{\nu} \quad (37)$$

oder 
$$M = N_w \frac{\nu}{\omega} \text{ in Ws.}$$

Da 1 Ws = 10,2 kgcm entspricht, folgt

$$M = 10,2 N_w \frac{\nu}{\omega} \text{ in kgcm}$$

oder nach Gl. (31)

$$M = 10,2 \cdot \frac{A_{\nu} \Phi_m U_m}{4} \cos \varphi_{\nu} \frac{\nu}{\omega} \text{ in kgcm.} \quad (38)$$

Das tatsächliche Drehmoment ist jedoch nicht konstant, sondern von den einzelnen Stellungen des Läufers abhängig. Für die Zugkraft eines Magneten bzw. eines Magnetmotors gilt folgende bekannte Beziehung:

$$P = \frac{1}{2} \frac{dL}{dx} \text{ in } \frac{\text{Ws}}{\text{cm}}$$



Benutzt man die Werte von Drehmoment und Drehwinkel, dann gilt folgendes:

$$M = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\alpha} \dot{\alpha}^2 \text{ in Ws.} \quad (40)$$

Die Größe  $dL/d\alpha$  kann aus Bild 3 a durch Differenzieren ermittelt und der Strom kann nach Gl. (9) bestimmt werden, so daß also die Berechnung des in einem gegebenen Zeitpunkt vorhandenen Momentes durchführbar ist.

Um einen leicht zu gewinnenden Einblick zu erhalten, sei angenommen, daß die Induktivität  $L$  gemäß Bild 4 a sinusförmig schwänke und folgenden Wert habe:

$$L = L_0 + \Delta L \sin 2\omega t = L_0 + \Delta L \sin 2\alpha. \quad (41)$$

Zur Vereinfachung seien die höheren Harmonischen klein gegenüber der Grundharmonischen (Wirkstrom + Blindstrom), so daß, falls wir  $i$  nach Bild 4 b wählen,

$$i = -I_m \cos \omega t = -I_m \cos \alpha \quad (42)$$

wird und sich dann aus Gl. (40) folgende Beziehung ergibt:

$$\begin{aligned} M &= \Delta L \cos 2\alpha I_m^2 \cos^2 \alpha \\ &= \frac{1}{2} \Delta L I_m^2 \cos 2\alpha (1 + \cos 2\alpha) \text{ in Ws} \\ &= 5,1 \Delta L I_m^2 \cos 2\alpha (1 + \cos 2\alpha) \text{ in kgcm.} \end{aligned} \quad (43)$$

In Bild 4 a ist der Differentialquotient  $dL/d\alpha$  eingezeichnet und in Bild 4 b die Strom- und Stromquadratkurve. Das tatsächlich vorhandene Drehmoment in Abhängigkeit der Zeit bzw. des Drehwinkels zeigt Bild 4 c.

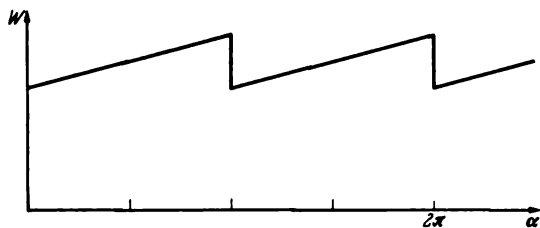


Bild 5. Magnetischer Widerstand in Abhängigkeit des Drehwinkels.

Könnte eine magnetische Widerstandskurve nach Bild 5 erzielt werden, bei der sich die einzelnen Harmonischen verhalten wie

$$1 : 2 : 3 : 4 \dots,$$

so würden, falls man den Motor jetzt mit Drehzahlen laufen läßt, die sich auch verhalten wie

$$1 : 2 : 3 : 4 \dots,$$

nach Gl. (38) bei den verschiedenen Drehzahlen gleiche maximale Drehmomente herauskommen. Analysiert man die Sägekurve nach Bild 5, so findet man tatsächlich, daß

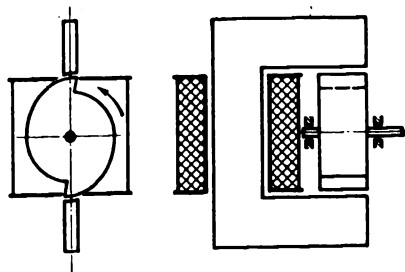


Bild 6. Magnetmotor, der mit verschiedenen synchronen Drehzahlen laufen kann.

die einzelnen Harmonischen sich wie  $1 : 2 : 3 : 4 : 5$  verhalten. Bild 6 zeigt, wie eine solche Kurve näherungsweise verwirklicht werden kann.

#### f. Aufgenommene Stromkurve

Es sei noch geprüft, welche höheren Harmonischen auftreten, wenn man z. B.  $k = 4$  setzt, d. h. den Läufer

nur mit  $\frac{1}{4}$  der vollen Drehzahl laufen läßt. Unter Benutzung der Gl. (16) bekommt man für die beiden Stromglieder folgende Frequenzen:

	erste Komponente	zweite Komponente
$\nu$	$\frac{2\nu}{4} - 1$	$\frac{2\nu}{4} + 1$
1	$(-)\frac{2}{4}$	$\frac{6}{4}$
2	$\frac{0}{4} = 0$	$\frac{8}{4} = 2$
3	$\frac{2}{4}$	$\frac{10}{4}$
4	$\frac{4}{4} = 1$	$\frac{12}{4} = 3$
5	$\frac{6}{4}$	$\frac{14}{4}$
6	$\frac{8}{4} = 2$	$\frac{16}{4} = 4$

Man erkennt, daß sogar Frequenzen niedriger als 1 möglich sind, und daß sich unter den übrigen Frequenzen solche befinden, die überhaupt nicht mehr ganzzahlig sind. Der Magnetmotor nimmt also ein ganz sonderbares Stromgemisch auf, und in einem Oszillographen würde man kein ruhiges Bild der Kurve erhalten können.

#### g. Mehrpolige Magnetmotoren

Untersucht sei jetzt der Magnetmotor nach Bild 2. Er hat sechs Zähne, so daß je Umdrehung sechs Flußschwankungen, also dreimal soviel wie bei Bild 1, auftreten. Die niederste höhere Harmonische ist also hier  $\nu = 3$ , so daß der Motor mit der Drehzahl  $3000/3$  laufen kann. Falls in der Flußkurve noch höhere Harmonische enthalten sind, kann der Motor theoretisch mit noch kleineren Drehzahlen laufen. Als stabile Drehzahl kommt im allgemeinen, falls man nicht besondere Maßnahmen anwendet, stets 3000 durch die halbe Zähnezahl  $z/2$  geteilt in Betracht; also

$$n = \frac{3000}{\nu} = \frac{3000}{z} = \frac{6000}{z} \quad (44)$$

Macht man die Zähnezahl groß, also  $\nu$  klein, so kann man den Magnetmotor leicht von Hand anwerfen. Um eine gute Ausnutzung des Motors zu erhalten, muß man die Flußschwankungen beim Zahnwechsel möglichst groß machen, damit die maßgebende Größe  $A$ , auch groß wird.

#### Zusammenfassung

In vorliegendem Aufsatz wird gezeigt, daß ein Magnetmotor mit verschiedenen synchronen Drehzahlen laufen kann. Die bei diesen Drehzahlen möglichen Leistungen lassen sich berechnen und hängen von der Ausbildung der höheren Harmonischen in der magnetischen Widerstandskurve ab. Wird bei einer bestimmten synchronen Drehzahl die abgenommene Leistung größer als die maximal mögliche, so fällt der Magnetmotor außer Tritt. Ist die Leistung kleiner als die größtmögliche, so äußert sich dies in einer Voreilung des Läufers und in einer etwas absinkenden Blindstromaufnahme. Ein Magnetankermotor nimmt stets höhere Harmonische auf. Nimmt man an, daß die Schwankungen des magnetischen Widerstandes sinusförmig verlaufen, so ist bei voller Leistungsentnahme außer der ersten Wirkharmonischen noch eine dritte Harmonische von gleicher Größe vorhanden. Die Blindleistung eines Magnetankermotors ist beachtlich, und es wird gezeigt, daß im günstigsten Falle das Verhältnis Wirkleistung zu Blindleistung nur den Wert  $1/2$  erreichen kann, wobei die Verluste vernachlässigt sind.

# Beitrag zur Messung mehrwelliger Ströme mittels Gleichrichtergeräten

Von W. Grunert VDE und E. Hueter VDE, Darmstadt

DK 621.317.31.018.3

**Übersicht**<sup>1)</sup>. Das Verhalten von Gleichrichterinstrumenten bei der Messung verzerrter Kurven wird insbesondere auch für den Fall behandelt, daß die auftretenden Frequenzen in einem bruchzahligen Verhältnis zueinander stehen. Eine praktische Anwendung wird besprochen.

Gleichrichterinstrumente mit annähernd geradliniger Kennlinie des Meßgleichrichters werden gewöhnlich in Effektivwerten bei Sinusform geeicht, zeigen aber bei verhältnismäßig geringer Kurvenverzerrung den Effektivwert bekanntlich nicht mehr richtig an. Dabei haben die bezüglich der Frequenz von der Meßwelle abweichenden Wellen der verzerrten Kurve verschiedenen Einfluß auf die Anzeige, wobei zweckmäßig folgendermaßen unterschieden wird:

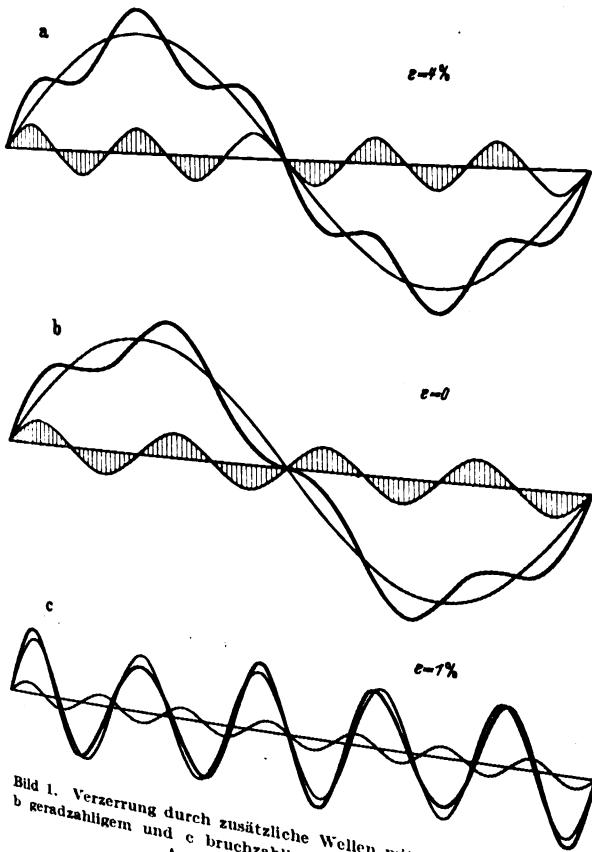


Bild 1. Verzerrung durch zusätzliche Wellen mit a ungeradzahligem, b geradzahligem und c bruchzahligem Frequenzverhältnis bei einem Amplitudenverhältnis von 0,2.

a) Eine ungeradzahlige Harmonische (Bild 1a) beeinflusst den Ausschlag je nach der Phasenlage der Oberwelle gegenüber der Grundwelle mit

$$\epsilon = \pm \frac{a}{n} \cdot 100 \text{ in } \%,$$

wenn a das Verhältnis der Oberwellenamplitude zur Meßwellenamplitude, n die Ordnungszahl der Oberwelle und  $\epsilon$  der Oberwelleneinfluß, bezogen auf den von der Grundwelle herrührenden Ausschlag, ist. Die Abweichung der Effektivwertanzeige gegenüber dem tatsächlichen Effektivwert der resultierenden Kurve kann dabei positiv oder negativ sein<sup>2)</sup>.

b) Der Einfluß einer geradzahlig Harmonischen (Bild 1b) liegt je nach ihrer Phasenlage gegenüber der Grundwelle zwischen Null und einem positiven Größtwert, der mit zunehmender Ordnungszahl der Oberwelle kleiner wird und angenähert quadratisch mit dem Amplitudenverhältnis wächst. Dieser Einfluß kann aber den Ausschlag auch günstigstenfalls nicht bis zur Anzeige des tatsächlichen Effektivwertes der resultierenden Kurve erhöhen; der Fehler der Anzeige gegenüber dem wahren Effektivwert bleibt also stets negativ.

c) Eine Welle, deren Frequenz in einem bruchzahligen Verhältnis zur Meßfrequenz steht (Bild 1c), wirkt sich wiederum anders auf die Anzeige aus. In Bild 2 ist die durch eine solche Welle — sie sei kurz Fremdwelle genannt — verursachte Ausschlagänderung in Abhängigkeit vom Amplitudenverhältnis dargestellt, wobei nur vorausgesetzt werden muß, daß die Fremdwelle keine zusätzlichen Nulldurchgänge der resultierenden Kurve hervorruft. (Diese Erscheinung wird vermieden, solange das Amplitudenverhältnis kleiner als der Kehrwert des Frequenzverhältnisses ist.) Die Kurve deckt sich bis zu einem Amplitudenverhältnis von etwa 0,5 weitgehend mit der einfachen Näherungsgleichung

$$\epsilon \approx \frac{a^2}{4} \cdot 100 \text{ in } \%,$$

deren Verlauf ebenfalls eingezeichnet ist. Zum Vergleich kann aus dem Bild 2 ferner die Ausschlagänderung durch die Fremdwelle bei einem unmittelbar effektive Werte zeigenden Gerät entnommen werden, wofür bekanntlich die Beziehung gilt

$$\epsilon = (\sqrt{1 + a^2} - 1) \cdot 100 \text{ in } \%.$$

Bemerkenswert ist, daß der Einfluß einer Fremdwelle mit bruchzahligem Frequenzverhältnis auf die Anzeige eines Gleichrichtergerätes praktisch unabhängig vom Frequenzverhältnis und von der Phasenlage der Fremdwelle gegenüber der Meßwelle ist, abgesehen von folgenden Ausnahmen:

Wenn das Frequenzverhältnis ein Bruch mit dem Nenner 3 ist, d.h. wenn die Meßwelle die 3. Harmonische und die Fremdwelle eine andere Harmonische der gleichen periodischen Funktion ist, dann ändert sich der Einfluß auf die Anzeige mit der Phasenlage der Fremdwelle in allerdings ziemlich engen Grenzen. Die größtmögliche Abweichung von dem in Abb. 2 wiedergegebenen „mittleren“ Einfluß beträgt angenähert

$$\Delta \epsilon_{\text{max}} = 16 a n \text{ in } \%,$$

wenn mit  $\Delta \epsilon_{\text{max}}$  die auf den „mittleren“ Einfluß bezogene größtmögliche Abweichung und mit n die Ordnungszahl der Fremdwelle, bezogen auf die oben erwähnte periodische Funktion, bezeichnet wird.

Ähnliche Verhältnisse liegen vor, wenn die Meßwelle die 5. und die Fremdwelle eine andere Harmonische einer periodischen Funktion ist, jedoch mit dem Unterschied, daß hier die Abweichungen schon viel geringer sind, praktisch sogar meistens nicht mehr feststellbar sind.

<sup>1)</sup> Auszug aus einer demnächst erscheinenden, am Hochspannungslaboratorium der T.H. Darmstadt entstandenen Arbeit.

<sup>2)</sup> Pfannenmüller, Einfluß der Wellenformlichen Instrumenten und Geräten, Arch. techn.

wie es für die 7. und die noch höheren Harmonischen einer periodischen Funktion als Meßwelle erst recht zutrifft.

Wenn außer der Meßwelle zwei Fremdwellen mit bruchzahligem Frequenzverhältnis vorhanden sind, dann müssen folgende Fälle unterschieden werden:

1. Die drei Frequenzen erfüllen die Bedingung

$$\frac{\omega_1 \pm \omega_2}{2} = p \omega_m,$$

wobei  $p$  eine beliebige ganze Zahl,  $\omega_m$  die Kreisfrequenz der Meßwelle,  $\omega_1$  und  $\omega_2$  die Kreisfrequenzen der Fremdwellen sind. In diesem Fall ist der größtmögliche Einfluß der Fremdwellen auf die Anzeige angenähert

$$\epsilon_{\max} = \frac{(a_1 + a_2)^2}{4} \cdot 100 \text{ in } \%.$$

( $a_1$  und  $a_2$  sind die Amplitudenverhältnisse der Fremdwellen zur Meßwelle).

2. In allen anderen Fällen schwankt der Fremdweleneinfluß in verhältnismäßig engen Grenzen mehr oder weniger um den mittleren Wert

$$\epsilon = \frac{a_1^2 + a_2^2}{4} \cdot 100 \text{ in } \%.$$

Bei mehr als zwei Fremdwellen ist der Einfluß ungünstigstenfalls etwa

$$\epsilon_{\max} = \frac{(a_1 + a_2 + a_3 + \dots)^2}{4} \cdot 100 \text{ in } \%.$$

Die vorstehenden Ergebnisse können bei nur einer Fremdwelle verhältnismäßig einfach rechnerisch ermittelt werden, ausgehend von der Gleichung für die resultierende Kurve

$$y = \sin m \omega t + a \sin (n \omega t + \psi),$$

wobei  $\omega$  die Kreisfrequenz einer periodischen Funktion ist, für die die Meßwelle eine höhere Harmonische mit der Ordnungszahl  $m$  und die Fremdwelle eine beliebige andere Harmonische (einschließlich Grundwelle) mit der Ordnungszahl  $n$  ist, und  $\psi$  die Phasenverschiebung zwischen Fremdwelle und Meßwelle angibt. Zuerst werden die Nulldurchgänge der resultierenden Kurve  $\omega t_0, \omega t_1, \omega t_2 \dots \omega t_m$  mit Hilfe des Newtonschen Näherungsverfahrens ermittelt, und dann die durch diese Nulldurchgänge abgeteilten Flächen der Meßwelle und der Fremdwelle über einer Halbperiode der Grundwelle der vorerwähnten periodischen Funktion entsprechend der Gleichrichterwirkung zusammengesetzt:

$$\begin{aligned} F_{m_1} &= \int_{\omega t_0}^{\omega t_1} \sin m \omega t \, dt & F_{n_1} &= \int_{\omega t_0}^{\omega t_1} a \sin (n \omega t + \psi) \, dt \\ F_{m_2} &= \int_{\omega t_1}^{\omega t_2} \sin m \omega t \, dt & F_{n_2} &= \int_{\omega t_1}^{\omega t_2} a \sin (n \omega t + \psi) \, dt \\ &\vdots & &\vdots \\ F_{m_m} &= \int_{\omega t_{m-1}}^{\omega t_m} \sin m \omega t \, dt & F_{n_m} &= \int_{\omega t_{m-1}}^{\omega t_m} a \sin (n \omega t + \psi) \, dt \\ \Sigma F_m &= F_{m_1} + F_{m_2} + \dots + F_{m_m} & \Sigma F_n &= F_{n_1} + F_{n_2} + \dots + F_{n_m} \end{aligned}$$

Ist keine Fremdwelle vorhanden, dann wird

$$F_m = \frac{1}{\omega} \cdot 2.$$

Somit ist der Fremdweleneinfluß

$$\epsilon = \frac{\omega (\Sigma F_m + \Sigma F_n) - 2}{2} \cdot 100 \text{ in } \%.$$

Der Vergleich der so errechneten Ergebnisse mit dem Experiment zeigte praktisch vollkommene Übereinstimmung.

Da bei mehreren Fremdwellen die Rechnung unter Berücksichtigung der möglichen Phasenlagen der Wellen untereinander einen zu großen Aufwand erfordert, wurden in diesen Fällen nur experimentelle Nachprüfungen vorgenommen. Der Versuch erbrachte schließlich noch den Nachweis, daß die Abweichungen der wirklichen Gleichrichterkennlinie von der idealen die dargelegten Verhältnisse praktisch nicht ändern.

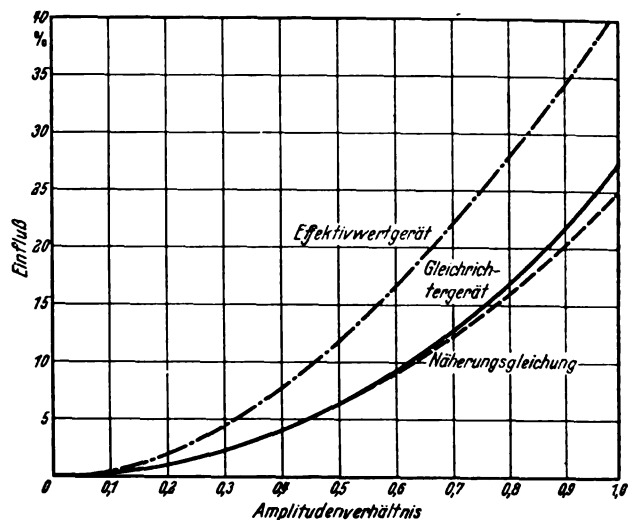


Bild 2. Fremdweleneinfluß bei bruchzahligem Frequenzverhältnis.

Vorstehendes hat u. a. Bedeutung für die harmonische Analyse technischer Frequenzen, bei der vielfach die zu messende Oberwelle mit Hilfe eines oder mehrerer Resonanzkreise ausgesiebt wird. Dabei werden üblicherweise Effektivwertgeräte wie z. B. Thermoumformer mit abgeschlossenem Drehspulinstrument verwendet. Die trotz der Resonanzwirkung noch durchkommenden Fremdwelensströme beeinflussen dann die Anzeige wegen der quadratischen Mittelwertbildung nur verhältnismäßig wenig. Wird an Stelle des Effektivwertgerätes ein Gleichrichterinstrument zur Anzeige verwendet, so gewinnt man neben dessen bekannten Vorzügen, wie geringer Verbrauch, Überlastbarkeit, nahezu lineare Skala usw. den Vorteil eines noch kleineren Fremdweleneinflusses (vgl. Bild 2); denn die Grundwelle und die der Meßwelle benachbarten Oberwellen, die hauptsächlich den Fremdweleneinfluß verursachen, erfüllen die Bedingungen für geringsten Einfluß, da in jedem Falle

1. ein bruchzahliges Frequenzverhältnis zur Meßwelle besteht und
2. das Amplitudenverhältnis infolge der Siebung praktisch für den ganzen Bereich der Oberwellenmessung kleiner als der Kehrwert des Frequenzverhältnisses ist.

Das Gleichrichterinstrument kann daher mit Vorteil bei der harmonischen Analyse technischer Frequenzen verwendet werden.

**Zusammenfassung**

Bei der Messung verzerrter Kurven mittels Gleichrichterinstrumenten ist der Einfluß der verzerrenden Wellen in manchen Fällen unerwartet klein, ganz besonders aber dann sehr klein, wenn die Frequenzen der „Fremdwellen“ in einem bruchzahligem Verhältnis zur Frequenz der „Meßwelle“ stehen. Hieraus ergibt sich eine vorteilhafte Verwendungsmöglichkeit des Gleichrichtergehätes für die harmonische Analyse technischer Frequenzen.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 551.594.22 : 621.315(7)

**Gewittererfahrungen aus amerikanischen Freileitungsnetzen für 110 bis 165 kV.** [Nach Electr. Engng. 58 (1939) Trans. Sect. S. 294; 13 S., 19 B.]

Auf der Wintertagung des Amer. Inst. of Electr. Engrs. (A. I. E. E.) im Januar 1939 ist vom Unterausschuß für Gewitter und Isolatoren des A. I. E. E.-Ausschusses für Kraftübertragung und -verteilung ein Bericht erstattet worden über das Ergebnis einer Rundfrage an 35 Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmungen in Amerika und Kanada über Gewittererfahrungen im Freileitungsbetrieb während der letzten zehn Jahre. Antworten sind von 24 Elektrizitätswerken eingegangen über Erfahrungen an insgesamt 11 400 km Freileitungen (davon 9000 km auf Eisenmasten und 2400 km auf Holzmasten;

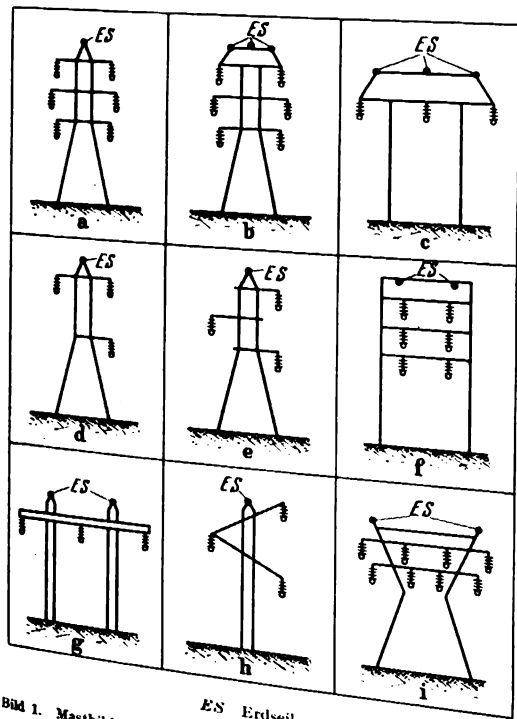


Bild 1. Mastbilder amerikanischer Freileitungen zu 110 bis 165 kV.

54% für 132 kV und 31% für 110 kV Betriebsspannung). Der Bericht enthält eine sehr eingehende Aufstellung mit Einzelheiten über Ausführung, Belegung, Isolation, Lichtbogenschutz, Überspannungsschutz, Auslösungen usw. bei den erfaßten Leitungen. Die hauptsächlich verwendeten Mastbauarten, daß bei Leitungen mit Erdseilen verwendeten Mastbauarten, heblich seltener sind als bei Leitungen ohne Erdseil (Anm. d. Ber.: Die Leitungen werden durchweg mit Sternpunktterdung betrieben, bei der jeder Überschlag eines Leiters nach Erde ein Kurzschluß bedeutet und zu einer Auslösung im Mittel 18,7 Betriebsunterbrechungen auf Eisenmasten im Mittel 6,1 während für gleichartige Leitungen mit 1 Erdseil diese Zahl 6,1 und für Leitungen mit 2 Erdseilen mit 4,4 beträgt. Die Arbeit enthält auch einen Vergleich zwischen den Zahlen für Einfach- und Doppelleitungen. Es wird aber darauf verwiesen, daß diese Zahlen wegen der meist höheren Isolation und besseren Erdung der neueren Doppelleitungen unsicher sind. Es ist auch versucht worden, die Unterlagen dahin auszuwerten, in

welcher Höhe die Erdseile über den Leiterseilen verlegt werden sollen. Aber auch hier wird darauf verwiesen, daß andere Umstände die Ergebnisse mehr beeinflussen, so daß aus dieser statistischen Zusammenstellung nichts über die richtige Lage der Erdseile zu den Leiterseilen zu entnehmen ist. Wenn die Zahl der Leitungsauslösungen klein bleiben soll, wird empfohlen, die Ausbreitungswiderstände der Masten nicht größer als 10  $\Omega$  zu wählen. Es sind aber auch Betriebsunterbrechungen bei geringeren Mastausbreitungswiderständen vorgekommen. Bemerkenswert ist die Feststellung, daß eine Überisolation der Leitungen über das gewöhnliche Maß hinaus keinen großen Einfluß auf ihre Sicherheit gegenüber Betriebsunterbrechungen bei Gewitter hat. Die Höhe der Leitungen über Erde ist ebenfalls von geringem Einfluß auf die Gewittersicherheit bzw. dieser Einfluß wird von anderen Umständen verdeckt. Lichtbogenschutz an den Ketten verringert die Zahl der Betriebsunterbrechungen. Schutzhörner an der Seilseite der Isolatorstellen allein genügen nicht. Als Maßnahmen zur Verbesserung der Gewittersicherheit von Leitungen werden empfohlen: Erdungsverbesserung, selbstlöschende Schutzfunkenstrecken an den Isolatorenketten, Schnellwiedereinschaltung der Leitungsschalter.

In der Aussprache ist von Waldorf mit Recht zum Ausdruck gebracht worden, daß es sehr schwierig ist, aus einer statistischen Zusammenstellung von Unterlagen über Betriebserfahrungen aus Freileitungen, auch wenn sie noch so ausführlich ist, einwandfrei festzustellen, wie sich die einzelnen Umstände und Maßnahmen auf die Betriebssicherheit im ganzen auswirken. Beachtlich ist auch sein Hinweis, daß man die Erdungen nicht nach starren Regeln, sondern dem Einzelfalle angepaßt anlegen soll und daß die meist sehr großen Unterschiede in den Ausbreitungswiderständen der Mastterdungen den Einfluß der Isolationshöhe auf die Gewittersicherheit der Leitungen nicht hervortreten lassen. (Anm. d. Ber.: Die Bemerkungen von Waldorf können nicht genug unterstrichen werden. So interessant die Ergebnisse solcher Rundfragen sind, so unsicher nur nach statistischen Gesichtspunkten vornimmt. Wirklich stichhaltige Schlußfolgerungen lassen sich nur nach der eingehenden Untersuchung jedes einzelnen Blitzeinschlagfalles ziehen. Ein Mittel hierzu sind z. B. Messungen mit Stahlstäben, die auch in Amerika im beachtlichen Umfange durchgeführt werden.) Gd.

DK 621.315.623/4 : 621.396.823  
**Verhalten von Hochspannungsisolatoren bei Rundfunkuntersuchungen.** [Nach Ch. I. Miller jr., Electr. Wld., N. Y. 111 (1939) S. 859; 3 1/2 S., 9 B.]

Der Verfasser beschreibt verschiedene bemerkenswerte Erscheinungen an Hochspannungsisolatoren der Stützer- und Hängeform bei der Untersuchung von Rundfunkempfangsstörungen mit Hilfe eines vom „Institution of Electrical Engineers“ vorgeschlagenen Meßgeräts. Obwohl nicht näher erläutert, so ist anzunehmen, daß die zwischen Aufhängevorrichtung der Isolatoren bzw. der Stütze einerseits und Erde andererseits auf tretenden hochfrequenten Störspannungen bei Inbetriebsetzung beobachtet worden sind. Verschiedene Abbildungen erläutern die Meßergebnisse. In Übereinstimmung mit an anderer Stelle ausgeführten Messungen werden bei ansteigender Hochspannung höhere Störwerte gemessen als bei abfallender Hochspannung, während ein fester Spannungswert die beobachteten Störungen allmählich auf einen bestimmten Betrag zurückgehen läßt. Der Verfasser beobachtet eine merkliche Verschiebung der Kennlinie, wenn er den Isolator einer kurzzeitigen Überspannung oder einem Überschlag aussetzt, und führt diese Erscheinung auf Restladungen der Porzellanoberfläche zurück. Teils bessern, teils verschlechtern sich hierdurch die Störwerte. Bei der Untersuchung einer Vielzahl der auf einer Leitung eingebauten Isolatoren findet Miller, daß die höchste Störziffer des einzelnen Isolatoren für die Gesamtwirkung maßgebend ist. Durch anschauliche Kurven wird dieses Ergebnis erläutert. Auch die ferner gemachte Stellung, daß die Ausbildung von Korona gleichzeitige Auftreten von Empfangsstörungen verknüpft.

beide Erscheinungen in ihrer Intensität vollständig unabhängig voneinander sind, deckt sich mit anderen Beobachtungen. Der Verfasser beschreibt zwei an verschiedenen Stellen eines Hängeisolators auftretende Koronaerscheinungen, die nacheinander bei ansteigender Betriebsspannung sichtbar werden. Die entsprechenden Störspannungen liegen jedoch mindestens um eine Größenordnung auseinander. *Cd.*

DK 621.316.351

**Neuartige Abstützung von Sammelschienen in einer Hochspannungsschaltanlage mit besonders hohen Anforderungen.** [Nach R. Pink, AEG-Mitt. (1939) S. 253; 4 S., 10 B.]

Die Errichtung einer Schaltanlage, Drehstrom 6 kV für ein Ofenhaus mit 2 neuen Karbidöfen von je 25/28 MVA Leistungsaufnahme, bei einer Entfernung von rd. 50 m der Kraftwerks-Schaltanlage bis Mitte Ofenhaus, erforderte zum Anschluß an das im Kraftwerk vorhandene Dreifach-Sammelschienen-system eine neue Lösung, da 6000 A je Schienensystem, bei einem Kurzschlußstrom von 40000 A und einem Stoßkurzschlußstrom von 200000 A, übertragen werden mußten. Die Lösung wurde so gewählt, daß mit Rücksicht auf die hohe Stromstärke und die hohen mechanischen Beanspruchungen, der Stützpunktabstand wegen der Felderteilung 2,3 m und die bei Kurzschluß auftretende Kraft zwischen 2 benachbarten Leitungen 2750 kg betrug; als Stromschienen werden 2 Doppel-U-Profile, welche durch besondere Laschen zu einer Schiene verbunden sind, verwendet. Als Werkstoff wurde Polital gewählt und dank seiner Eigenschaften konnten Schraubverbindungen fast ganz vermieden und an Stelle dessen Hammer-schweißung verwendet werden, so daß geschweißte Strecken von mehr als 25 m erreicht werden konnten. Dehnungsbänder wurden bei Biegungen und zum Ausgleich der Erwärmung eingebaut. Die Abstützung der Schienen wurde in 15 mm starken Wänden aus Hartpapier, durch Einlegen von Gleitschienen aus Porzellan mit Buna-Einlagen, zur Dämpfung der auftretenden Stöße vorgenommen. *Lb.*

### Geräte und Stromrichter

DK 621.314.63.012

**Trockengleichrichter mit steiler Kennlinie.** [Nach M. H. E. Giroz, Bull. Soc. franç. Électr. 9 (1939) S. 257; 24 S., 19 B.]

Unter Berücksichtigung der Spannungsabfall-Kennlinie der Gleichrichterelemente werden Schaltungen mit reiner Wechselstromdrossel und mit gleichstromvormagnetisierten Drosseln untersucht und Angaben zur Berechnung gleichstromvormagnetisierter Drosseln gemacht. Die Berechnung stützt sich auf die versuchsmaßig ermittelten Kurvenscharen für die Wechselspannungen in Abhängigkeit vom Gleichstrom bei verschiedenen Wechselströmen. Erwünscht ist eine Kennlinie, bei der die Leerlaufspannung nicht oder nicht wesentlich größer ist als die Arbeitsspannung. Eine Reihendrossel wird von der Gleichspannung vormagnetisiert und eine dieser nachgeschaltete, dem Gleichrichtertransformator parallel geschaltete Drossel vom Gleichstrom vormagnetisiert. Im Kurzschlußfall ist die Vormagnetisierung der Reihendrossel Null, sie besitzt also einen großen Widerstand. Die Paralleldrossel wird durch den Kurzschlußstrom voll erregt und besitzt einen kleinen Widerstand. Die Netzspannung teilt sich auf die beiden Drosseln daher so auf, daß an der Paralleldrossel und damit auch am Gleichrichtertransformator nur eine kleine Restspannung verbleibt und somit nur ein kleiner Kurzschlußstrom auftreten kann. Im Leerlauf entsprechen die Verhältnisse nicht dem Ideal, da an der voll erregten Reihendrossel die Stromaufnahme der nicht erregten Paralleldrossel nur einen verhältnismäßig kleinen Abfall verursachen kann.

In einer weiteren in der Quelle angegebenen Schaltung wird die Reihendrossel nicht vormagnetisiert, die Paralleldrossel aber gegensinnig von Strom und Spannung in der Weise, daß sich die Erregungen etwas unterhalb des Nennstromes aufheben. Bei kleineren Strömen überwiegt die Spannungsvormagnetisierung, bei größeren die Stromvormagnetisierung. Man erhält daher etwas unterhalb des Nennstromes ein Maximum der Gleichspannung und lediglich infolge der Spannungsabfall-Kennlinie der Gleichrichterelemente gegen Leerlauf einen geringen Wiederanstieg der Spannung auf etwa denselben Wert. *O. Wr.*

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.785

**Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung<sup>1)</sup>

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden den Systemen  $\boxed{150}$ ,  $\boxed{162}$ ,  $\boxed{191}$ ,  $\boxed{192}$ ,  $\boxed{170}$  und  $\boxed{171}$  folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereicht:

I. Zusatz zu System  $\boxed{150}$ , die Formen W3k, W3kr, W3kT und W3krT, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu System  $\boxed{150}$ , die Form W3k4Sr, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

III. Zusatz zu den Systemen  $\boxed{162}$  bzw.  $\boxed{191}$  bzw.  $\boxed{192}$ , die Formen W6koT und W6korT bzw. DD6T und DD6rT bzw. DV6T und DV6rT, Induktionszähler für ein- bzw. mehrphasigen Wechselstrom,

IV. Zusatz zu den Systemen  $\boxed{170}$  bzw.  $\boxed{171}$ , die Formen DD2T bzw. DV2T, Induktionszähler für mehrphasigen Wechselstrom,

sämtlich hergestellt von der Deutschen Zähler-Gesellschaft in Hamburg.

Berlin-Charlottenburg, den 30. Oktober 1939.

DK 621.317.785

Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung<sup>2)</sup>

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) sind die folgenden Elektrizitätszählerformen zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfmäster im Deutschen Reich zugelassen und ist ihnen das beigezeichnete Systemzeichen zuerteilt worden:

System  $\boxed{206}$ , die Formen AB2\* und AB2a\*, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Danubia, Aktien-Gesellschaft, in Wien.

Berlin-Charlottenburg, den 31. Oktober 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

In Vertretung Möller.

DK 621.317.785.062.9

### Kontrolleinrichtung für Zähler-Meßsätze.

Zähler in Verbindung mit Meßwandlern kommen in der Regel für Messungen großer Energiemengen in Frage. Handelt es sich um Energiemessungen in Hochspannungsanlagen, so werden hierfür außer Stromwandlern auch Spannungswandler benötigt. Störungen im Spannungskreis der Meßeinrichtung, etwa hervorgerufen durch abgeschmolzene Sicherungen oder Unterbrechungen im Spannungswandler, veranlassen Fehlanzeigen der Zähler. Man war deshalb bestrebt, durch geeignete Vorrichtungen Störungen anzuzeigen. Eine einfache Möglichkeit bietet die Einschaltung zweier Glühlampen, die zwischen die Phasen R und S bzw. T und S geschaltet sind. Bei Störung in irgendeiner der drei Phasen erlöscht eine Lampe. Schließlich kann man auch an die Phasen R und S und T ein dreipoliges Relais anschließen. Hat eine der drei Phasen Unterbrechung, dann wird dies sofort vom Relais angezeigt, d. h. der betreffende Relaisanker fällt ab und es erscheint eine rote Scheibe.

Alle diese Meldevorrichtungen haben jedoch den Nachteil, daß sie nur Fehler anzeigen, die außerhalb des Zählers liegen. Wird im Zähler eine Spannungsspule schadhaft oder tritt irgendeine andere Unterbrechung auf, so wird dies von keiner der oben geschilderten Meldevorrichtungen angezeigt. — Dagegen zeigt die in Bild 2 angeordnete Meldevorrichtung jede Störung im Spannungskreis eines Drehstrom-Dreileitersystems an, gleichgültig, ob der Fehler außerhalb oder innerhalb des

<sup>1)</sup> Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1483. Zentralblatt für das Deutsche Reich, Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

<sup>2)</sup> Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1484. Zentralblatt für das Deutsche Reich, Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

Zählers liegt. Bekanntlich führt die mittlere Phase eines Dreileiterzählers im störungsfreien Zustand den 1,73fachen Strom eines der beiden Außenleiter. Schaltet man in diese Phase eine Meldevorrichtung ein, die es sofort anzeigt, wenn der Strom kleiner als  $1,73 \times$  Außenleiterstrom ist, dann hat man ein Mittel, jede Störung im Spannungskreis festzustellen. Als Meldevorrichtung kann entweder ein Relais oder ein Strommesser verwendet werden. Die Spule des Relais oder Strommessers ist nicht dauernd eingeschaltet, sondern wird durch einen federnden Kurzschlußbügel überbrückt. Der mit der

[Anm. d. Ber.: Es ist  $\lambda_i = 0$ , für  $\lambda$  der letzten Formel denke man  $\lambda_e$  gesetzt; berücksichtigt man, daß  $\epsilon_e > \epsilon_i$ , so hat man obige Formel für  $\lambda$  zu schreiben

$$\lambda_e = \frac{V_i \epsilon_e - 1}{\frac{N_1 \epsilon_i}{N} - 1}$$

woraus mit vorhandenen Eichwerten stets  $\lambda_e = 1$  wird.]

Der Verfasser kommt infolge der Gleichsetzung  $\epsilon_i = \epsilon_e$  zu folgendem Ergebnis (durch zahlenmäßige Auswertung der Formel mit Hilfe der neuen Eichwerte):  $\lambda$  bewegt sich praktisch zwischen den Grenzen 0,2 und 0,7 und nimmt mit  $s/D$  und  $D$  zu. In erster Näherung dürfte  $\lambda$  umgekehrt proportional  $k$ , der Kapazität zwischen den Kugeln, und direkt proportional  $k$ , der Kapazität gegen die Umgebung sein, so daß eine „innere Asymmetrie“  $\lambda_0$  definiert werden kann:  $\lambda_0 = \frac{k}{k'}$ ,  $\lambda$ , eine weniger veränderliche Größe als  $\lambda$ .

Für Werte von  $s/D < 0,5$  wobei  $[N_1/N - 1]$  klein und  $V_i \approx V_e$  ist, kommt der Größe von  $\lambda_0$  keine Bedeutung zu, es genügt, daß die („äquivalente“) geerdete Fläche näher der geerdeten als der Spannung führenden Kugel liegt, und daß Fremdkörper nicht erheblich stören. Entsprechend ist der Mindestabstand gegen diese Körper auf die Schlagweite oder die zu messende Spannung zu beziehen. Für  $s/D < 0,5$  hingegen ist der Abstand vom Kugeldurchmesser abzuleiten (nicht von  $s$ ) „um die richtige Größe von  $\lambda$  zu sichern“.

Der Polaritätseffekt bei sehr großen Schlagweiten läßt sich durch das Auftreten von Koronaentladungen („stable corona“) erklären. Bei kleineren Schlagweiten wird das Feld durch Raumladungen verformt, die sich am leichtesten in der Nähe der negativen Kugel durch die schwer beweglichen positiven Ionen bilden, weshalb in diesem Bereich kleiner Schlagweiten der Überschlag von der negativen Kugel ausgeht. Erdet man die positive Kugel, so wird die Feldstärke an der negativen Kugel nochmals erhöht: die Überschlagspannung geht zurück. Bei Erdung der negativen Kugel geht die Überschlagspannung gegenüber dem Wert bei symmetrischer Spannungsverteilung nicht so stark herunter, da die Feldstärkeerhöhung infolge Unsymmetrie des statischen Feldes vor der positiven Kugel auftritt, während die Steigerung der Feldstärke durch Raumladungen auch jetzt in der Nähe der negativen Kugel entsteht. Es ist also bei kleinen Schlagweiten  $V_e(+)/V_e(-) < V_i/V_e$  ( $V_i$  für symmetrische Spannungsverteilung,  $V_e$  für einpolige Erdung). Der Übergang von „negativen“ zu „positiven“ Überschlägen liegt bei etwas weniger als  $s = 2D$ . Raumladung bildende Leiter in der Nähe der Funkenstrecke soll man vermeiden, da sie durch Neutralisieren der positiven Raumladung die Überschlagspannung in unberechenbarer Weise erhöhen könnten. Wenn irgend möglich sollten Schlagweiten  $s > 0,5D$  überhaupt nicht zu Messungen benutzt werden, da für größere Schlagweite die Verhältnisse  $V_i/V_e$  und  $V_e(+)/V_e(-)$  stark abhängig von äußeren Störquellen werden.

Für die Stoßweite 150  $\mu s$  nimmt der Verfasser Übereinstimmung der negativen Mindest-Überschlagspannung mit dem 50 Hz-Wert an, rechnet aber für kürzere Wellen mit höheren Überschlagspannungen. [Anm. d. Ber.: Dies war bis vor kurzem eine weit verbreitete Anschauung, ganz neuerdings nimmt man an, daß für Wellen von 1  $\mu s$  Stirnzeit auch bei Rückenhalbwertzeiten von 5  $\mu s$  und weniger noch keine nennenswerte Spannungserhöhung in Betracht kommt.]

Schließlich wird der Luftdichte-Korrektionsfaktor betrachtet, der in Wirklichkeit von  $s/D$  und  $D$  abhängt, wobei jedoch für praktische Belange beide Abhängigkeiten vernachlässigbar sind. Der neue IEC-Entwurf legt Werte zugrunde, die größtenteils den Peekschen für  $D = 25$  cm entsprechen. Hhr.

Fernmeldetechnik

DK 621.396.67 : 621.397.6

Die Fernsehantenne auf dem Empire State Building.

[Nach Nils E. Lindenblad, RCA-Rev. 3(1939) S.387; 21S.22B.]

Auf der Spitze des Empire State Building in New York ist eine Fernsehantenne in Betrieb genommen worden, deren Leistung hinsichtlich der Bandbreite die bisherigen Erfordernisse weit übersteigt. Der Erbauer, Nils E. Lindenblad, berichtet in der vorliegenden Arbeit ausführlich über Wege und Überlegungen, die zu dieser Antenne führten. Die Antenne ist in der Weise aufgebaut, daß eine Halbwelle über dem Metallkörper der Wolkenkratzer Spitze eine Gruppe von vier horizontal polari-

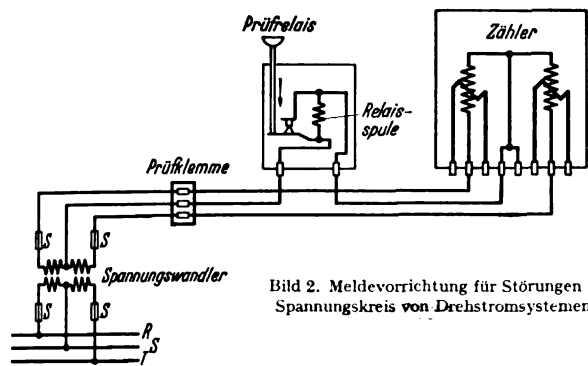


Bild 2. Meldevorrichtung für Störungen im Spannungskreis von Drehstromsystemen.

monatlichen Zählerablesung Beauftragte kann die Überbrückung aufheben, wenn er auf einen von außen zugänglichen Druckknopf drückt. Durch die Betätigung des Druckknopfes wird die Meldevorrichtung in Tätigkeit gesetzt, und der Zählerableser kann beobachten, ob eine Störung vorhanden, oder ob der Spannungskreis noch störungsfrei ist. Bei Zählersätzen mit mehreren Zählern (Höchstverbrauch-, Doppeltarif-, Blindverbrauch- und Kontrollzähler) schaltet man den Störungsmelder in den Spannungskreis des Kontrollzählers.

D. Freyer VDE, Augsburg

DK 621.317.728

Zur Theorie der Kugelfunkenstrecke. [Nach S. Whitehead, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 408; 8<sup>1</sup>/<sub>4</sub> S., 4 B.]

Durch graphische Darstellung der Eichwerte für Kugelfunkenstrecken in der Form  $\epsilon = f(\sqrt{2}/D)$  ( $\epsilon$  ist die Durchbruchfeldstärke), zeigt S. Whitehead, daß für gewisse Bereiche, besonders für Kugeldurchmesser  $D < 50$  cm mit großer Genauigkeit die Gleichung gilt

$$\epsilon = \epsilon_0 + \frac{\Phi(s/D)}{\sqrt{D}}$$

Schreibt man dafür  $\epsilon = \epsilon_0 + \frac{\Psi(s/D)}{\sqrt{s}}$ , so folgt als Grenz-

fall mit  $D \rightarrow \infty$  die Toepler-Stephensonsche Formel für das homogene Feld  $\epsilon = \epsilon_0 + (\text{konst.}/\sqrt{s})$ . Der Wert der Durchbruchfeldstärke für das unendlich ausgedehnte homogene Feld (für  $s \rightarrow \infty$ ) beträgt nach W. M. Thornton:  $\epsilon_0 = 24,75$  kV/cm (Scheitelwert). Wenn  $v_1$  und  $v_2$  die Potentiale beider Kugeln sind, ist  $(v_1 + v_2)/(v_1 - v_2) = \lambda$  ein Maß für die Unsymmetrie der Spannungsverteilung. Kugel 1 soll diejenige mit dem höheren Absolutwert des Potentials sein, dann wird der Durchbruch von ihr ausgehen. Die Feldstärke am Überschlagpunkt ist nach Russek

$$\epsilon = \frac{v_1 - v_2}{s} N + \frac{v_1 + v_2}{s} (N_1 - N)$$

$N$  und  $N_1$  sind Zahlenfaktoren (d. h. die Umrechnungsfaktoren vom räumlichen Mittelwert der Feldstärke in der Achse auf den Höchstwert am Überschlagpunkt. D. Ber.). Durch Einsetzen von  $(\lambda = (v_1 + v_2)/(v_1 - v_2))$  in die letzte Gleichung folgt für die Potentialdifferenz  $V = v_1 - v_2$  zwischen den Kugeln

$$V = \frac{s \epsilon / N}{1 + \lambda \left[ \frac{N_1}{N} - 1 \right]}$$

Der Verfasser setzt nun vereinfachend die Durchbruchfeldstärke für symmetrische Spannungsverteilung gleich der Durchbruchfeldstärke für einpolige Erdung:  $\epsilon_i = \epsilon_e$ . Dann folgt für das Verhältnis der Durchbruchspannungen

$$\frac{V_i}{V_e} = 1 + \lambda \left[ \frac{N_1}{N} - 1 \right] \text{ bzw. } \lambda = \frac{(V_i/V_e) - 1}{(N_1/N) - 1}$$

sierten „Torpedos“ aus chromiertem Kupfer angebracht sind, die je aus einem eigentümlich geformten „Kragen“ hervorgehen. Die vier Kragen verschmelzen der Mastachse zu einem einheitlichen Durchdringungskörper. Der ursprünglich große Zwischenraum zwischen Kragen und Torpedo, der „Hals“, verringert sich nach innen zu mehr und mehr bis auf die Abmessungen der Speiseleitung hin. Eine Halbwelle oberhalb der Bildantenne befindet sich die Tonantenne, die durch die Art ihres Aufbaus so wirksam entkoppelt ist, daß sie nur ein Millionstel der ausgestrahlten Bildleistung aufnimmt. Der Hals ist durch Quarzfenster gegen Regen verschlossen, Abstreifringe aus Glimmer ein Stück weiter außen verhindern das Eindringen von Kriechwasser. Jeder Torpedo ist in seiner Äquatorebene teilbar und durch einen Aluminiumring vereinigt, an dem gleichzeitig die Stützkonstruktion angreift. Die Stützkonstruktion ist interessanterweise völlig aus Metall, und in ihrem Innern verlaufen die Zuleitungsdrähte zu den gegen Vereisung angebrachten Innenheizkörpern, von denen in beiden Antennen zusammen 27 kW installiert sind. Der Torpedo ist also sozusagen gegen Erde „kurzgeschlossen“, in Wahrheit hat aber diese metallische Verbindung einen so hohen induktiven Scheinwiderstand für den Fernsehräger, und die Antenne ist so niederohmig, daß durch diese Verbindung keine Störungen vorkommen. Die wesentlich niedrigeren Blitzfrequenzen werden indessen durch die metallische Verbindung mit Leichtigkeit abgeleitet. Dies ist um so wichtiger, als ein Gebäude von der Höhe des Empire State Building naturgemäß häufig Blitzen ausgesetzt ist. Die Torpedos sind für einen mechanischen Sicherheitsfaktor 5 bei einer Windstärke von 200 km/h berechnet. Beide Antennen zusammen wiegen 2400 kg. — Antennen dieser Größe lassen sich nicht aufs Geratewohl bauen, andererseits ist eine Berechnung nahezu unmöglich. Die Antenne wurde daher rein experimentell an Hand viel kleinerer Modelle bei 150 MHz im Rocky Point Laboratorium entwickelt. Die sich so ergebenden Abmessungen wurden später maßstäblich umgerechnet. Bei der Entwicklung ging man von der an sich bekannten Tatsache aus, daß die Parallelschaltung einer Induktivität  $L$  und einer Kapazität  $C$ , von denen jede einen ohmschen Widerstand  $R = \sqrt{L/C}$  in Reihe hat, unabhängig von der Frequenz einen realen Scheinwiderstand  $R$  ergibt. Der Torpedo stellt nun zusammen mit seinem Kragen einen außerhalb der geometrischen Mitte gespeisten Viertelwellendipol dar, bei dem der Torpedo kapazitiv und der Kragen mit Zubehör induktiv wirkt. Durch die Versuche war eine Form zu finden, bei der beide Teile gleichermaßen mit Strahlung belegt sind. Die dabei an der Speiseleitung auftretenden Reflexionen wurden gemessen. Sie wurden am geringsten für ellipsoidartige Form, während sie bei weiterer Vergrößerung der Querabmessungen wieder stiegen. Als Bandbreite wurde diejenige Frequenzänderung definiert, bei der die Reflexion eben 5% nach beiden Seiten erreicht. (Als Vergleich sei genannt, daß bei der in der Verstärkertechnik üblichen Definition der Bandbreite die Grenze durch 45% Reflexion bezeichnet wird. Sie bedeutet das Zehnfache der hier gemeinten Bandbreite. D. Ber.). Bei den Modellversuchen ergab sich eine Bandbreite von 20%, beim endgültigen Aufbau in natürlicher Größe sogar 60%. Der Widerstand am Speisepunkt betrug 110  $\Omega$ . Je zwei benachbarte Torpedos sind durch eine 110  $\Omega$ -Leitung verbunden, an die ein Kabel zum Sender so angeschlossen ist, daß der Weg zum einen Torpedo um eine Viertelwellenlänge weiter ist. Auf diese Weise führen zwei 55  $\Omega$ -Kabel zu dem symmetrischen Senderausgang hinunter, wodurch gleichzeitig der schwierige Übergang von Symmetrie auf Unsymmetrie erreicht ist. Die Phase der Torpedos wächst mithin im selben Maße wie der räumliche Winkel, so daß ein Drehfeld, ein Rundstrahler entsteht, trotz der waagerechten Polarisation. Bei der Zusammenschaltung heben sich übrigens die restlichen Reflexionen nahezu vollends auf. Die Bildfrequenz ist 45 MHz. Durch das Hinzukommen eines Metallgelanders und einer Leiter ergab sich bei 53 MHz eine einzelne Reflexionsstelle von 8%, die in Kauf genommen wurde. (Es wäre interessant, durch Strahlungsmessungen später nachzuprüfen, ob tatsächlich dieses breite Frequenzband nach dem gleichen Diagramm abgestrahlt wird; dies ist nicht von vornherein selbstverständlich. D. Ber.). Über das Verfahren zur Messung der Reflexionen finden sich keine weiteren Angaben. Die Isolatoren der Speiseleitung bestehen aus drei radial stehenden Quarzstäben und kommen immer paarweise im Viertelwellenabstand vor, damit sich die erzeugten Unstetigkeiten möglichst aufheben. Die Rohrdurchmesser sind 63 bzw. 25 mm. Die Tonantenne besteht aus vier gefalteten Dipolen. Die Faltung ist an solchen Stellen vorgenommen, daß sich die Ströme unterstützen. Alle zusammen wirken sie wie ein liegender Rahmen. Die Hochfrequenz wird vom Mantel des gemeinsamen Zuleitungsrohres durch eine übergeschobene in Viertelwellen-

abstand kurzgeschlossene Hülse abgehalten. Letztere wirkt in bezug auf den Außenmantel wie ein Sperrkreis. Der Eingangswiderstand eines einzelnen Faldtipoles wäre bei den gewählten Abmessungen an sich sehr hoch. Durch das Zusammenwirken der vier Strahler sinkt er aber auf 220  $\Omega$ , so daß bei der Parallelschaltung gerade 55  $\Omega$  entstehen, die über eine übliche Leitung angeschlossen werden können. *Kw.*

DK 621.395.34

**Ein fahrbares Wählamt.** [Nach R. W. Palmer und G. A. O. Abbott, Post. Off. electr. Engrs. J. 32 (1939) Teil 1, S. 1; 6 S., 7 B.]

In dem Aufsatz wird ein von der britischen Postverwaltung für bestimmte Zwecke entwickeltes fahrbares Fernsprechamt mit Wählbetrieb beschrieben. Es soll als Ersatz für bereits bestehende handbetriebene oder selbsttätige kleine Vermittlungsstellen dienen, die durch irgendwelche Anlässe (z. B. Feuer-, Wasserschäden usw.) außer Betrieb gesetzt sind. Es soll außerdem beim Auftreten plötzlich notwendig werdender Erweiterungen z. B. aus Gründen der Landesverteidigung u. ä. und zur Überbrückung von Schwierigkeiten eingesetzt werden, die sich während des Aufbaus kleiner ortsfester Ämter ergeben können.

Die ersten Versuche mit dem fahrbaren Amt zeigten, daß die Wähleinrichtung nicht — wie zuerst beabsichtigt — in Eisenbahnwagen, sondern zweckmäßiger in Anhängern untergebracht wird, die durch Zugmaschinen bis zur — u. U. sehr entlegenen — Einsatzstelle befördert werden können. An den vierradrigen Anhängern (Gesamtgewicht mit Einrichtung 5 t; Maße des Innenraums  $5 \times 2 \times 2$  m) müssen besondere Anforderungen (Geländegängigkeit usw.) gestellt werden. Es wird daher ein — in seinen Einzelheiten näher beschriebenes — Fahrgestell verwendet, das einer bei der britischen Luftwaffe gebräuchlichen Ausführungsform entspricht. Hervorzuheben ist, daß die gummibereiften Räder durch schwere Stahlfüße ersetzt werden, wenn der Anhänger den Einsatzort erreicht hat, um schädliche Einflüsse auf die Bereifung und eine damit u. U. verbundene Gewichtsverlagerung während der Einsatzdauer zu vermeiden. Der stählerne Aufbau des Wagens wird ebenfalls näher geschildert. Der Stahlfußboden ist mit einer Korkschrift bedeckt, auf die eine zweite Stahlblechschicht aufgebracht wird, die auf ihrer Oberseite eine 6 mm starke Gummiauflage besitzt. Auch die Innenwände des Wagens und die an seiner Längsseite befindliche, wetterdicht schließende Tür sind mit Kork verkleidet. Das Innere des Wagens ist über eine Stahltreppe zugänglich; sie wird während der Fahrt unterhalb des Fahrgestells befestigt.

Der Wählerraum erhält Licht durch vier Fenster aus splittersicherem Triplexglas, die durch Stahlblenden im Innern des Wagens besonders gesichert werden können. Da die Fenster nicht geöffnet werden dürfen, um das Eindringen des für die Einrichtung schädlichen Staubes und Regens zu vermeiden, sind zur Belüftung fünf Ventilatoren mit Jalousien und Filtern vorgesehen. Die Stromversorgung besteht aus zwei an den Längswänden in Schränken auf Holzböcken untergebrachten 25zelligen Batterien zu je 72 Ah, die entweder über einen Gleichrichter aus dem Netz oder durch ein Benzinaggregat (Generator 500 W) aufgeladen werden können.

Die Amtseinrichtung (Typ U.A.X. Nr. 12 für 90 Teilnehmer und 10 Verbindungswege) weicht in ihrer Ausführung nur unwesentlich von der üblichen Ausstattung ab. Die fünf Gestelle sind in einer Reihe parallel zur Längswand in der Mitte des Wagens aufgestellt. Zwei Gestelle nehmen 25 Anrufeinheiten, zwei weitere 20 Anrufeinheiten auf. Das fünfte Gestell trägt die Verteilereinrichtung, die mit dem von außen kommenden Fernsprechkabel mittels eines Hilfskabels verbunden wird. Weiterhin ist der Wagen noch mit Dienstfahrsprecher, Briefkasten, Werkzeugkasten, Benzintank für das Ersatzaggregat usw. ausgerüstet. Die vorhandene fahrbare Wählvermittlungsstelle gilt als Versuchsausführung und wurde erstmalig in North Weald (Essex) als Ersatz für eine kleine handbetriebene Vermittlungsstelle eingesetzt. *Bst.*

DK 621.396.812.3

**Über die Natur des Kurzschwundes.** [Nach L. V. Berkner, Phys. Rev. 55 (1939) S. 536; 9 S., 12 B.]

L. V. Berkner berichtet über elektromagnetische Echo- lotungsmessungen, die gewisse Rückschlüsse gestatten auf die beim Kurzschwund (Dellinger-Effekt) in der Ionosphäre eintretenden Ionisationsveränderungen. Bekanntlich wird der Kurzschwund in Zusammenhang gebracht mit einer durch die

Sonnenfackeln hervorgerufenen Vermehrung der ultravioletten Strahlungsenergie der Sonne. Diese hat eine erhebliche Ionisationszunahme und damit eine stark vergrößerte Dämpfung der elektromagnetischen Welle in der Ionosphäre zur Folge. So entsteht in der Funkausbreitung der Schwund. Berkner bespricht an Hand seiner Echomessungen die Frage, in welchen Höhen der Ionosphäre die dämpfende Wirkung zu suchen ist, denn man weiß bereits, daß nicht das ganze Gebiet der Ionosphäre eine Veränderung erfährt. Dellinger nahm zur Erklärung des Effektes eine unterhalb der E-Schicht liegende absorbierende Schicht an. Berkner kommt zu dem Ergebnis, daß auch die E-Schicht eine wesentliche Ionisationszunahme erfährt. Dagegen findet er die höheren Schichten nicht merklich verändert. Er meint, daß die von der Sonnenfackel ausgehende Strahlung diese durchdringt, ohne daß eine bemerkenswerte Absorption stattfindet. An Hand von Grenzwellenmessungen wird gezeigt, wie sich die untere Ausbreitungsgrenze, die Absorptionsgrenze bei einem Kurzschwund nach höheren Frequenzen verschiebt, so daß schließlich bei der Echomessung die oberen Schichten durch die unteren Gebiete vollständig verdeckt werden.

Berkner wendet sich weiter gegen die von Martyn, Munro, Higgs und Williams vertretene Ansicht, nach der bei einem Kurzschwund auch eine Ionisationsverminderung in der F<sub>2</sub>-Schicht stattfindet, die durch Erwärmung und dementsprechende Ausdehnung infolge von Strahlungsabsorption zustandekommen soll. Er versucht zu zeigen, daß die von den genannten Verfassern gemachten Beobachtungen rein zufällige Änderungen der Ladungsträgerdichte der E<sub>2</sub>-Schicht darstellen, wie sie sehr häufig in rascher Folge auftreten. Als weiteren Beweis dafür, daß die beim Kurzschwund eintretenden Ionisationsveränderungen in Höhe der E-Schicht vor sich gehen, führt Berkner die von McNish gemachte Feststellung an, daß die gleichzeitig mit dem Schwund auftretende erd magnetische Störung eine Vermehrung der normalen täglichen Variation darstellt. Diese Tatsache steht in gutem Einklang mit der Stewart-Schusterschen Theorie des „atmosphärischen Dynamo“, nach der die täglichen Variationen durch ein in etwa 100 km Höhe gelegenes Stromsystem hervorgerufen werden. *B.Br.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 537.212 : 537.228.4

**Untersuchung des Feldverlaufs im Plattenkondensator mit flüssigem Dielektrikum mittels des elektrooptischen Kerreffektes.** [Nach G. Vafiadis, Ann. Phys., Lpz. 35 (1939) S. 23; 35 S., 14 B.]

G. Vafiadis untersucht die Feldverzerrungen, die im homogenen Felde eines Plattenkondensators durch Raumladungen entstehen, wenn der Kondensator mit Chlorbenzol, Aethylaether, Toluol, Benzol, Hexan gefüllt ist. Die Ausmessung des Feldes erfolgt in zwei neuentwickelten Untersuchungsgefäßen für Feldstärken bis zu 500 kV/cm bzw. 50 kV/cm. Zur Bestimmung des Gangunterschiedes zwischen den beiden senkrecht zueinander polarisierten Wellen wird ein verbesserter Rayleighscher Kondensator benutzt. Da die Gangunterschiedsmessung nur die integrale Einwirkung auf den Lichtstrahl erfäßt, werden die wichtigsten systematischen Fehlerquellen experimentell und zum Teil theoretisch geklärt. Es sind dies: 1. Der Einfluß des Randfeldes auf die Doppelbrechungsverteilung, 2. die Konstanz von Kerrkonstante und Dielektrizitätskonstante und die Gültigkeit des Kerrschen Gesetzes, 3. die Konstanz von Feldstärke und Raumladung in Ebenen parallel zu den Elektroden. Die Randwirkung bei homogenem Feld und der reduzierte Lichtweg des Kerrkondensators werden berechnet. Störungen in der Feldverteilung und im quadratischen Zusammenhang zwischen Doppelbrechung und Feldstärke können durch größere Teilchen kolloidalen oder kristallitischen Charakters hervorgerufen werden.

Die Versuche wurden durchweg mit Gleichspannung durchgeführt. Äther, Toluol, Benzol und Hexan zeigen analytisch rein in den untersuchten Feldstärkebereichen bis 70 kV/cm keine merkbare Raumladung trotz hoher Empfindlichkeit der Messung. Bei gereinigtem Chlorbenzol ist nur beim Einschalten, Umpolen und Wiedereinschalten ein schwacher Gangunterschiedsanstieg von Kathode zur Anode vorhanden, der einer negativen Raumladung entspricht. Ist das Chlorbenzol ein oder mehrere Male durchgeschlagen, so zeigt es folgendes Verhalten. Bei niedrigen Feldstärken ist ein Gangunterschiedsanstieg von Kathode zur Anode vorhanden, der bei höheren Feldstärken in einen Gangunterschiedsanstieg von der Anode zur Kathode

umschlägt. Der Raumladungsumschlag erfolgt etwa bei 100 kV/cm. Bei den übrigen Flüssigkeiten treten Verzerrungen durch Raumladungen auf, wenn sie mit dissoziierten Verunreinigungen versetzt werden. Solche Verunreinigungen werden auch als Ursache der Erscheinungen bei dem durch Durchschläge veränderten Chlorbenzol angesprochen. *Br.*

DK 538.566

**Die Doppelbrechung elektrischer Wellen in Eichenholz.** [Nach K. F. Lindman, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 72; 3 1/2 S.]

Eine parallel zu den Fasern geschnittene Eichenholzplatte schwächt durchgehende 26 cm lange Wellen wesentlich mehr, wenn die elektrische Feldstärke parallel zu den Fasern ist, als wenn sie zu ihnen senkrecht steht. Nach K. F. Lindman ist diese Schwächung nicht auf Absorption zurückzuführen. Vielmehr ergibt die Messung des reflektierten Anteils, daß er innerhalb der Fehlergrenzen mit der Schwächung der durchgehenden Strahlung übereinstimmt. Die Brechungsverhältnisse der Platte kann man ermitteln, wenn man durch Reflexion an einer Metallplatte stehende elektrische Wellen erzeugt und dann bestimmt, wie groß die Verschiebung der Knoten bei Zwischenschaltung der 1,03 cm dicken Holzplatte ist. Sie beträgt 0,6 bzw. 0,9 cm bei senkrechter bzw. paralleler Stellung der Fasern zur elektrischen Feldstärke. Daraus berechnen sich die Brechungsverhältnisse  $n_1 = 1,58$  bzw.  $n_2 = 1,87$ . Bei 13 cm langen Wellen sind die Verschiebungen die gleichen, so daß in diesem Bereich keine Dispersion bemerkbar ist. Das mit diesen Werten theoretisch berechnete Reflexionsvermögen stimmt mit dem gemessenen überein, so daß ein Vorkommen stärker reflektierender Oberflächenschichten nicht angenommen werden muß. Schließlich wird noch die elliptische Polarisation gemessen, die bei einem Winkel von 45° zwischen Faserrichtung und elektrischer Feldstärke auftritt. *Br.*

Physik

DK 537-533 : 57

**Elektronenbeschleunigung von biologischem Material.** [Nach F. S. Cooper, C. E. Buchwald, C. O. Hopkins und R. D. Evans, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 73; 4 1/2 S., 4 B.]

Eine von den Verfassern entwickelte und verbesserte Elektronenröhre für die Erzeugung von homogenen Kathodenstrahlen wird beschrieben. Der neue Aufbau dieser Röhre erlaubt im Gegensatz zu der von D. A. Wells<sup>1)</sup> beschriebenen

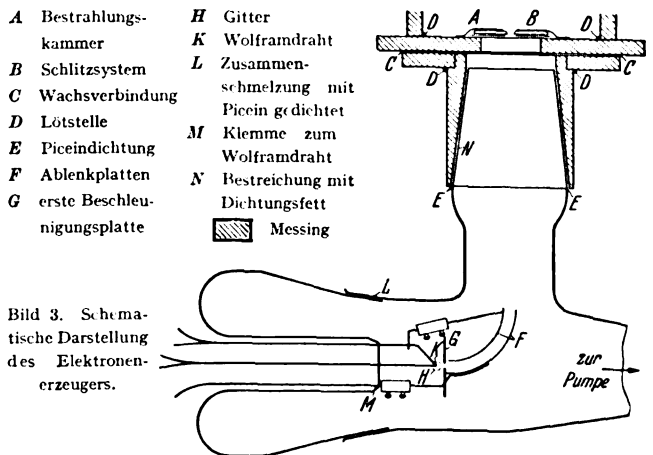


Bild 3. Schematische Darstellung des Elektronenerzeugers.

Röhre ein bequemes und quantitatives Arbeiten. Die Gleichspannung (1 bis 15 kV) wird von einem Gleichrichtersatz geliefert. Den Aufbau des Elektronenerzeugers gibt Bild 3 wieder. Bemerkenswert ist die elektrostatische Ablenkungsvorrichtung F. Die eigentliche Untersuchungskammer (Messinggehäuse), in der die Bestrahlung der Einzeller ausgeführt wird,

1) Nature 124 (1929) S. 983.



ist durch einen Schliff mit dem Elektronenerzeuger verbunden. Elektronenrohr und Bestrahlungskammer werden durch zwei Spezialpumpen getrennt evakuiert. Im Innern der Bestrahlungskammer befindet sich eine von einem kleinen Elektromotor angetriebene Trommel, auf deren Außenseite 24 gut verchromte, polierte Metallplättchen mit kleinen Zwischenräumen angebracht sind. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel ist in drei Stufen regelbar. Im Innern der Trommel ist noch ein Faradaykäfig angebracht, der mit einem Röhrenverstärker (ein Spezialrohr) verbunden ist. Die Anordnung erlaubt die Stärke des Elektronenstromes zu messen.

Bei den biologischen Versuchen wurden Ströme von  $5 \cdot 10^{-9}$  A gemessen, die eine Dosis von  $44 \cdot 10^{-8}$  C je  $\text{cm}^2$  auf der Kulturträgerplatte ergaben. Eine allgemeine Festlegung der biologischen Probleme, für die obige Apparatur als verwendbar gefunden wurde, sowie quantitative Ergebnisse der ersten Forschungen sollen demnächst veröffentlicht werden. *Wk.*

### Werkstatt und Baustoffe

DK 620.179.152

**Metallschrot, ein Hilfsmittel bei der Röntgenprüfung von Stahlkörpern.** [Nach C. D. Moriarty, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 109; 5 S., 7 B.]

Zum Dickenausgleich unregelmäßig geformter Körper, vorzugsweise aus Stahl, wurden die Prüflinge zum Zweck der Röntgenaufnahme in eine stark absorbierende Flüssigkeit (beispielsweise Bleiazetat) gebracht, oder es wurde eine hoch absorbierende Paste über die dünneren Teile des Werkstückes aufgetragen. Da dieser Ausgleich praktisch nicht völlig ausreicht, benutzt man in den V. S. Amerika an Stelle der üblichen Verstärkerfolien Bleifolien, die nur wenig verstärken und die Gradation des Filmes nicht ausnutzen; man kommt also zu flauen Filmen bei großen Belichtungszeiten. Moriarty hat ausgedehnte Untersuchungen über einen Dickenausgleich mit Hilfe kleiner Metallkügelchen gemacht. Die Kügelchen haben gegenüber dem sonst gelegentlich benutzten Metallpulver den Vorteil, daß Ballung oder Hohlräumbildung vermieden wird. Vorgeschlagen werden Kupferschrotkügelchen von 0,38 mm Dmr., die weitgehend ähnlich wie massiver Stahl absorbieren.

Anmerkung des Berichterstatters: In Deutschland wurden benutzt: Zinnchlorürlösung oder Bleischrot oder Paste aus Wolframpulver und Bienenwachs. Demgegenüber kann der Vorschlag des Verfassers, Kupferkügelchen zu benutzen, gelegentlich Vorteil bringen. Man muß sich aber darüber klar sein, daß dadurch auch eine Erhöhung der zusätzlichen Streustrahlung auftritt, die die Bildgüte verringert. Endlich ist das beschriebene Verfahren des Dickenausgleichs nur möglich bei waagerechter Lage des Prüflings.

Demgegenüber hat die in Deutschland übliche Schwermetallfilterung mit Blei- oder Zinnfolien den Vorzug der universellen Anwendung; sie dient gleichzeitig als Dickenausgleich und als Streustrahlenfilter. *ert.*

### Verschiedenes

DK 621.3.002.72:696.6 (083.133) (494)

**Änderung der Verordnung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins.** [Nach Bull. schweiz. elektro-techn. Ver. 30 (1939) S. 195; 4½ S.]

Mit Wirkung vom 1. April 1939 wurden durch Bundesratsbeschluß die Art. 7, Ziff. 3 und Art. 8, Ziff. 4 der Verordnung vom 7. 7. 1933 des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) über die Errichtung, den Betrieb und den Unterhalt von elektrischen Starkstromanlagen aufgehoben und durch neue Bestimmungen ersetzt.

Bisher war das Arbeiten unter Niederspannung nur in ganz seltenen Ausnahmefällen gestattet. Nachdem es sich aber gezeigt hat, daß das Verbot den tatsächlichen Bedürfnissen nicht entsprach und unter dem Zwang der Verhältnisse oft umgangen wurde, hat sich der SEV entschlossen, die Bestimmungen diesen Verhältnissen anzupassen.

Auf Grund der neuen Bestimmungen darf an unter Niederspannung (bis zu 250 V + 20%) stehenden Anlageteilen dann gearbeitet werden, wenn die Arbeitenden durch zuverlässige Sicherungsmaßnahmen ausreichend geschützt sind und von den dafür verantwortlichen Dienststellen nur besonders für diese Arbeit geeignetes Personal damit betraut wird. Die Arbeiten müssen von mindestens zwei Personen ausgeführt werden, von denen eine als Gruppenführer für die Durchführung der nötigen Schutzmaßnahmen und die Überwachung der Arbeitenden verantwortlich ist.

Ferner wird das bisher verbotene „Arbeiten auf Zeit“ neben der „Rückmeldung des Arbeitsstandes“ zugelassen. Diese Abmachungen auf bestimmte Zeiten müssen schriftlich erfolgen. Die Uhren sind genau in Übereinstimmung zu bringen, und es muß ein genügender Sicherheitszuschlag zwischen Anfang und Ende der Arbeit eingeschaltet werden. Das „Schalten auf Zeit“ soll beschränkt bleiben auf Fälle, wo Schalt- und Arbeitsstelle weit auseinanderliegen und die Möglichkeit zu einer zuverlässigen Rückmeldung fehlt.

Richtlinien für das Arbeiten unter Spannung liegen im Entwurf vor. Bemerkenswert ist eine Maßnahme, die für Freileitungsarbeiten vorgesehen ist: Durch ein Kurzschlußseil soll bei Bedarf in kürzester Zeit die Leitung an Erde gelegt, sicher kurzgeschlossen und deren Abschaltung herbeigeführt werden können. Die Bereitschaft kann z. B. dadurch erzielt werden, daß das Kurzschlußseil an einem im voraus über die Leitung geworfenen trockenen Seil ohne hindernde Knoten befestigt wird, oder daß auf einem Mast ein Mann mit dem wurfbereiten Kurzschlußseil direkt unterhalb der Leitungen in Stellung ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich die neuen geänderten Verordnungen mit den entsprechenden VDE-Vorschriften inhaltlich nahezu decken, wobei die schweizerischen Vorschriften noch als zusätzliches Mittel zur Herstellung und Sicherstellung des spannungsfreien Zustandes das „Arbeiten auf Zeit“ neben der „Rückmeldung des Arbeitsstandes“ zulassen. Dieses Zugeständnis, das zweifellos unter dem Zwang der örtlichen Verhältnisse gemacht wurde, erscheint auf Grund der bisherigen Erfahrungen nicht ganz unbedenklich. *Abl.*

### AUS LETZTER ZEIT

**Erlaß des Reichserziehungsministers.** — Der Reichserziehungsminister hat in einem Erlaß<sup>1)</sup> zur Klärung verschiedener Zweifelsfragen die Zulassungsvoraussetzungen zur Hochschule zusammengefaßt. Zur Zulassung als ordentlicher Studierender an den wissenschaftlichen Hochschulen berechnen folgende Zeugnisse:

1. die Reifezeugnisse der früheren Formen der höheren Schulen des Altreichs und Danzigs; 2. die Reifezeugnisse der neuen Formen der deutschen höheren Schulen einschließlich der nationalpolitischen Erziehungsanstalten; 3. die Reifezeugnisse der höheren Schulen der Ostmark und der sudetendeutschen Gebiete; 4. die Reifezeugnisse der deutschen höheren Schulen im Protektorat Böhmen und Mähren und die Reifezeugnisse von staatlichen Prüfungskommissionen nach Beendigung von Schulen mit deutscher Unterrichtssprache im Gebiete des ehemaligen polnischen Staates; 5. Reifezeugnisse der Mädchen, die an Jungenschulen vorzeitig die Reifeprüfung abgelegt haben; 6. die Schulfremden-Reifezeugnisse; 7. die Abgangszeugnisse, die Schülern der Klasse 8 bei der Einberufung zum Wehrdienst ausgestellt werden und als Reifezeugnisse gelten; 8. Reifezeugnisse für Schüler, die nach halbjährigem Besuch der Oberprima in den Offiziersberuf eingetreten sind; 9. die Zeugnisse über das Bestehen der Sonderreifeprüfung; 10. die Zeugnisse über die Zulassung zum Hochschulstudium auf Grund der Begabtenprüfung, und 11. Abgangszeugnisse anerkannter Fachschulen.

Bezüglich der tschechischen und polnischen höheren Schulen wird die Anerkennung der Abgangszeugnisse noch vorbehalten.

<sup>1)</sup> Erlaß vom 10. 11. 1939 im Reichsministerialamtsblatt Nr. 23.

## AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

### Flutkraftwerke

**Übersicht.** Der Ausbau von Flutkraftwerken wird meist unterschätzt. Es werden daher von zwei mehrfach erörterten Flutkraftwerken die Anlagekosten in großen Umrissen ermittelt, von denen das eine im Ärmelkanal an der französischen Küste, das andere in der Nordsee an der Schleswig-Holsteinschen Küste gedacht ist. Die Wirtschaftlichkeit der Anlagen wird erörtert.

Die Energieausnutzung der Gezeiten ist eine Aufgabe, die schon manchen Techniker und Nichttechniker beschäftigt hat. Bestehend einfach erscheint sie und bei eingehender Bearbeitung ist sie doch so schwer, daß bis heute noch an keiner Stelle der Erde eine derartige Anlage ausgeführt ist trotz der vielen aufgestellten Pläne. Den deutschen Ingenieur interessiert von seinem Standpunkte aus nur die Ausnutzung der Gezeiten (in der Nordsee<sup>1)</sup>, dem deutschen Meer. Hier betragen die Höhenunterschiede von Ebbe und Flut im Allgemeinen nur 2 bis 3 m und steigen bei Sturmfluten stellenweise auf etwa 4 m. Günstiger liegen für die Ausnutzung der Gezeiten die Verhältnisse im Ärmel-Kanal. Der größte Gezeitenunterschied wird beobachtet im Bristolkanal,

in der Mündung des Severn, wo bei Cardiff die gewöhnlichen Fluten im Mittel 12,93 m betragen und die Springfluten bis 16 m steigen. Es sind daher schon viele Pläne zur Anlage von Flutkraftwerken an dieser Stelle aufgestellt<sup>2)</sup>, auch hat man schon mit dem Bau beginnen wollen, dabei ist es aber auch geblieben. Ein nicht minder günstiges Gebiet bietet an der Französischen Küste die Bucht von St. Malo unter Benutzung der zu England gehörigen normannischen Inseln. Ein Plan, hier ein Flutkraftwerk größten Ausmaßes entstehen zu lassen, wurde vor etwa 15 bis 14 Jahren von dem Franzosen Léon Mählfölge, der damals den Gedanken aussprach, den Ausbau dieses Werkes Deutschland auf Reparationskonto aufzuerlegen. Die Lage der Bucht mit den Inseln zur Küste von Cotentin zeigt Bild 1.

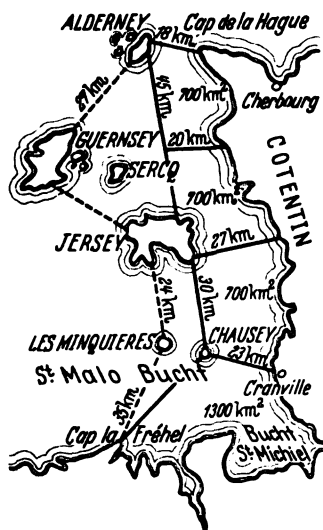


Bild 1. Küste von Cotentin mit den vorgelagerten normannischen Inseln.

#### Das Gezeitenkraftwerk in der Bucht von St. Malo

Der mittlere Gezeitenhub bei Granville beträgt 12,50 m und erreicht zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen 14,70 m. Der Plan des Franzosen ging dahin, einen Teil der großen Bucht durch einen Damm oder Sperrdeich abzuschließen, der vom Kap Le Fréhel über die Inseln Chausey, Jersey und Alderney zum Kap De la Hague führt. Dieser Deich würde also eine Gesamtlänge von 35 + 30 + 45 + 18 = 128 km erhalten. Durch Querdeiche sollte dieses große Becken in vier Einzelbecken geteilt werden. Geplant waren diese Deiche von den Inseln Chausey und Jersey sowie von einer kleinen Insel zwischen Jersey und Alderney zum Festland ungefähr in der Weise, wie es durch die starken Linien in Bild 1 angegeben ist. Das Becken bei Granville erhielt eine mittlere Breite von 35 und eine mittlere Länge von 37 km, somit eine Oberfläche von 1300 km<sup>2</sup>. Die näch-

sten drei Becken von Chausey, Ecréhou und Alderney sollten je etwa 700 km<sup>2</sup> groß werden, so daß eine Gesamtoberfläche des Beckens von 3400 km<sup>2</sup> vorgesehen war. Es ergibt sich eine täglich zweimal ein- und ausströmende Wassermenge von

$$3400 \cdot 12,5 \cdot 10^6 = 42,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Da das einmalige Ein- bzw. Ausströmen des Wassers 6 h dauert, wobei ein Höhenunterschied von 12,5 m überwunden wird, so ergibt sich eine dem Flutvorgänge inwohnende Leistung von

$$\frac{42,5 \cdot 10^9 \cdot \frac{0 + 12,5}{2}}{102 \cdot 6 \cdot 3600} = 126 \cdot 10^6 \text{ kW,}$$

welche bei vollständiger Ausnutzung eine Jahresarbeit von rd. 1100 · 10<sup>9</sup> kWh ergeben würde. Diese ist selbstverständlich nicht zu erreichen, sie wird vielmehr erheblich zusammenschmelzen, wie sich aus folgenden Überlegungen ergibt.

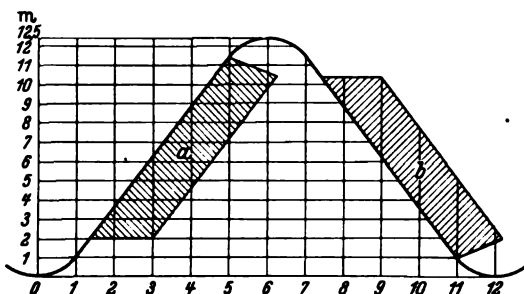


Bild 2. Gezeiten und ihre Ausnutzung in der Bucht von St. Malo.

Das Steigen und Fallen des Wassers während der Tide erfolgt nach einer Wellenlinie, die einer Sinuslinie ähnelt. Man kann sie auch als Zickzacklinie mit abgerundeten Spitzen darstellen, ohne große Fehler zu begehen, wie es in Bild 2 geschehen ist. Der Einfachheit halber wird die Dauer einer Tide zu 12 h angenommen (in Wirklichkeit sind es 24 bis 25 min durchschnittlich mehr). Es sei angenommen, die einzubauenden Wasserturbinen arbeiten mit einem Gefälle von 2 m. Bei steigendem Wasser werden die Turbinen in Gang gesetzt, wenn die Wasserstandshöhe außerhalb des Beckens 2 m höher ist, als im Becken. Die Turbinen werden abgestellt, sobald ein Steigen des Wassers von nur noch 1 m zu erwarten ist. Dann stellt die schraffierte Fläche a die Arbeit während der Flut dar und dementsprechend auf der Fortsetzung der Wellenlinie die Fläche b die Arbeit während der Ebbe. Aus Bild 2 ist abzulesen, daß sowohl bei steigendem als auch bei fallendem Wasser ein Betrieb während je 3,6 (von je 6 h) möglich ist. Der Ausnutzungsgrad der Kraftanlage beträgt also 60 % ( $\eta_z = 0,6$ ). Von den 42,5 · 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> können also nur 25,5 · 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> zur Arbeitserzeugung ausgenutzt werden. Die in den je 3,6 h zur Verfügung stehende Leistung beträgt bei 2 m Fallhöhe des Wassers 38,6 · 10<sup>6</sup> kW, die eine Jahresarbeit von rund 200 · 10<sup>9</sup> kWh ergeben, wenn der Wirkungsgrad der Gesamtanlage = 1 ist. Mit Rücksicht auf die Eigenart der Anlage, die nicht gleichmäßig gut arbeitenden Turbinen und Generatoren, Verluste bei der Umformung des Stromes muß man mit niedrigeren Wirkungsgraden rechnen, und zwar etwa  $\eta_T = 0,8$ ,  $\eta_G = 0,85$  und  $\eta_{Tr} = 0,9$ , also  $\eta = 0,65$ , so daß es möglich wäre etwa 130 · 10<sup>9</sup> kWh jährlich aus diesem Flutkraftwerk zu gewinnen, eine Strommenge, die zur Versorgung mehrerer europäischer Länder ausreicht. Wie aus Bild 1 zu ersehen ist, könnte die Anlage durch Ausbau eines weiteren Deiches von Cap le Fréhel über die westliche Insel Les Minquiers, Jersey, Guernsey nach Alderney um Becken mit 210 + 360 + 790

<sup>1)</sup> Siehe S. 21 dieses Heftes.  
<sup>2)</sup> Das Passanaquoddy-Flutkraftwerk, ETZ 48 (1927) S. 831 u. 56 (1935) S. 1158. Das Flutwerk am Severn, ETZ 48 (1927) S. 810 u. 54 (1933) S. 407 u. 475. Flutkraftwerk Aber Wrach, ETZ 52 (1931) S. 1037. Argentinisches Flutkraftwerk, ETZ 52 (1931) S. 360 u. 639.

= 1350 km<sup>2</sup> d. s. um 41 % vergrößert werden, wodurch die Jahresarbeit auf 183 · 10<sup>9</sup> kWh steigen würde.

Die 38,6 · 10<sup>6</sup> kW-Leistung verteilt sich auf das Becken bei Granville mit 14,75 und auf die drei übrigen Becken mit je 7,95 · 10<sup>6</sup> kW. Da es sich bei der Fallhöhe von 2 m für die Turbinen um große Abmessungen handelt, wird die Leistung einer einzelnen Turbine nicht durch die Herstellungsmöglichkeit sondern durch die Versandmöglichkeit bestimmt. Nimmt man Einheiten von 10 000 kW an, so sind 3860 Turbinen erforderlich, und wenn täglich zwei derartige Turbinen an Ort und Stelle gebracht werden, so würden über fünf Jahre allein für den Versand und Aufstellung der Turbinen mit Generatoren usw. erforderlich sein. Da nur eine Verkehrsstraße, nämlich über den Sperrdeich vorhanden ist, muß mit großen Schwierigkeiten gerechnet werden. Vor Beginn der Maschinenanfuhr müssen die Sperrdeiche fertig sein und die ausreichend breiten Straßen über die Dammkronen müssen betriebsicher sein.

Im Zuge des Sperrdeiches ist nach Angabe von L. Mähl mit Wassertiefen bis zu 36 m unter Niedrigwasser zu rechnen. Vorsichtshalber sei diese Tiefe als durchweg vorhanden angenommen. Mit Rücksicht auf Spring- und Sturmfluten müssen die Deiche also vom Meeresboden an gerechnet eine Höhe von 55 m erhalten. Die Dammkrone soll nach Angabe des Erfinders der Anlage als Fahr- und Verbindungsstraße über die Kraftwerke zu den Inseln ausgebildet werden. Sie muß also eine Breite von 12 m erhalten und an beiden Seiten mit einer starken Brüstung versehen sein, die genügend Sicherheit gegen anschlagende Wracks von Schiffen bieten. Als Baustoff für die Sperrdeiche ist für die Strecken, in denen die Kraftwerke liegen im oberen Teile mit Beton und Eisenbeton gerechnet. Die übrigen Teile können auch aus Geröll, Bodenmassen, Bruchstücken von Beton usw. hergestellt werden, doch sind die Böschungen nach beiden Seiten sorgfältig mit großen Pflastersteinen glatt abzudecken oder mit Beton zu verkleiden. Die eingebrachten Geröll- und Bodenmassen müssen sorgfältig mit „Unterwasserstampfern“ besonderer Bauart fest aufeinander gepreßt werden. Der Querschnitt des Sperrdeiches soll mit den Böschungen 1 : 1 etwa die in Bild 3 dargestellte Form mit den eingetragenen Abmessungen erhalten. Mit den Hohlräumen für den Einbau der Maschinenanlagen beträgt er abgerundet 3850 m<sup>2</sup>. Diese Fläche multipliziert mit der Länge von 128 km ergibt einen Gesamttraum des Sperrdeiches von 492,8 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Dazu kommen die Trenndeiche mit 20 + 27 + 23 = 70 km Länge, deren Querschnitt im Mittel geringer — etwa 2500 m<sup>2</sup> — wird, und einem Rauminhalt von 175 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Letztere können vollständig aus einem Gemisch von Geröll, Bruchsteinen, Bodenmassen usw. bestehen, doch sind auch hier die Böschungen sorgfältig abzudecken, und die Krone ist in gleicher Weise wie bei dem Sperrdeich zu einer breiten Straße auszubilden.

**Kosten der Anlage**

Die Kosten des Bauwerkes können mangels Erfahrung von derartigen Ausführungen nur geschätzt werden. Dabei ist der Transport der Baustoffe zu Lande und zu Wasser, das Einbringen, Feststampfen, Abdecken, die Taucherarbeiten usw. in Rechnung zu stellen. Die Einheitssätze sind dementsprechend nicht zu gering zu bemessen. Der obere Teil des Sperrdeiches ist ein Kunstbau mit recht verwickelten Hohlräumen, die weitgehend ausgenutzt werden können. Es ist also ungefähr mit folgenden Kosten zu rechnen:

320 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> Schotter der Sperrdeiche anfahren, auffüllen und feststampfen je m <sup>3</sup> 5 RM . . . . .	1,6	· 10 <sup>9</sup>
175 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> Schotter der Trenndeiche wie vor, je m <sup>3</sup> 5 RM . . . . .	0,875	· 10 <sup>9</sup>
172,8 · 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> Kunstbauten der Sperrdeiche in Beton und Eisenbeton aufzuführen einschl. Transport je m <sup>3</sup> 25 RM . . . . .	4,32	· 10 <sup>9</sup>
1152 · 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> Flächen der Sperrdeiche abdecken und sorgfältig verputzen je m <sup>2</sup> 1 RM . . . . .	0,001 152	· 10 <sup>9</sup>
3860 · 4 = 15 440 Schützen zum Verschuß der Ein- und Ausströmkanäle an den Turbinen mit einem Gewicht von 750 000 t Walzeisen bearbeitet je kg 2 RM . . . . .	1,5	· 10 <sup>9</sup>
300 000 t Gußeisenteile je kg 1 RM . . . . .	0,3	· 10 <sup>9</sup>
150 000 t für Antriebsteile usw. je kg 2 RM . . . . .	0,3	· 10 <sup>9</sup>
38,6 · 10 <sup>6</sup> kW-Turbinen mit allem Zubehör, Regler usw. je kW 40 RM . . . . .	1,544	· 10 <sup>9</sup>
38,6 · 10 <sup>6</sup> kW-Generatoren je kW 25 RM . . . . .	0,965	· 10 <sup>9</sup>
38,6 · 10 <sup>6</sup> kW-Transformatoren je kW 10 RM . . . . .	0,386	· 10 <sup>9</sup>
Schaltanlage nebst Zubehör . . . . .	0,100	· 10 <sup>9</sup>
Hochspannungskabel und Leitungen von den Kraftanlagen zum Land . . . . .	0,300	· 10 <sup>9</sup>
Unvorhergesehenes und Abrundung . . . . .	2,748 848	· 10 <sup>9</sup>
<b>Gesamtanlagekosten 15</b>		<b>· 10<sup>9</sup></b>

Hiernach würde das ausgebaute kW rd. 390 RM kosten und die Jahres-kWh käme bei hohen Betriebskosten, wenn

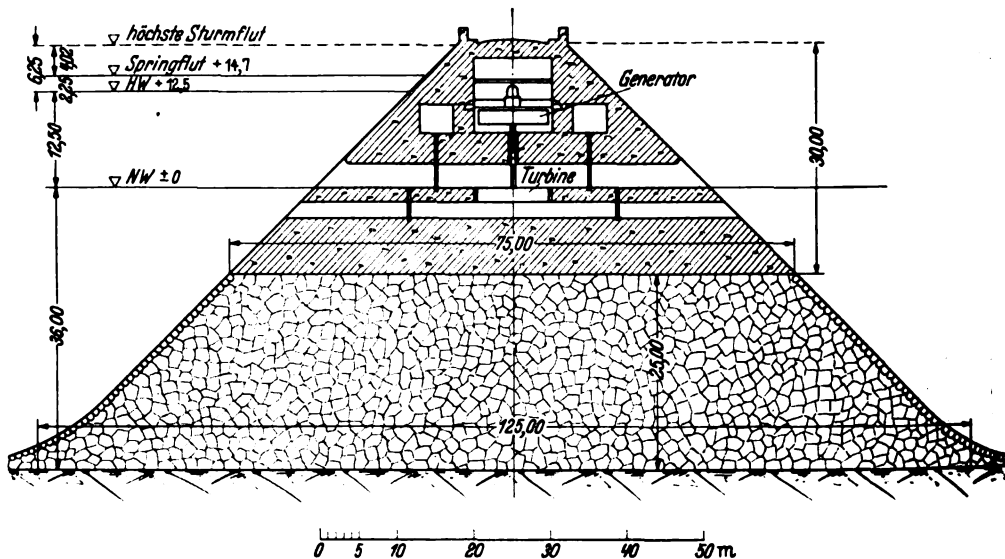


Bild 3. Plan für einen Damm zu seinem Gezeitenkraftwerk in der Bucht von St. Malo.

man den Kapital-, Betriebs- und Verwaltungsdienst mit 9 % in Rechnung stellt,

$$\frac{15\ 000\ 000\ 000 \cdot 0,09 \cdot 100}{130\ 000\ 000\ 000} = \frac{135}{130} = 1,04 \text{ Rpf je kWh.}$$

Soweit sieht dieser Plan verlockend aus. Es ist aber noch mit allerlei Überraschungen zu rechnen, die den Kapitalbedarf wesentlich erhöhen können. Auch sind die Übertragungsverluste des Stromes in Rechnung zu stellen, so daß der Strom nicht sehr billig wird.

**Gezeitenkraftwerk an der Nordsee**

Die Nordsee hat an verschiedenen Stellen ihrer Küste Plätze, wo der Unterschied der Gezeiten bis zu 3 m, teilweise auch etwas mehr beträgt. Besonders in den Flußmündungen der Jade, Weser und Elbe staut sich das zu- und abfließende Wasser in merklicher Höhe. Es sind daher auch hier Pläne zur Ausnutzung der Wasserkräfte aufgestellt, die der Gezeitenwechsel mit sich bringen kann. Von diesen ist sogar der, welcher die Gezeitenausnutzung in der Bucht südlich von Büsum der Landschaft

4. Januar 1940

Dithmarschen vorsieht, patentiert worden. Auch nördlich davon bieten die Nordfriesland vorgelagerten Inseln anscheinend Gelegenheit zur Gezeitenausnutzung.

Wenn man die Büsum Bucht durch einen Damm absperrt, so trennt dieser bei einer Länge von knapp 10 km eine Wasserfläche von etwa 150 km<sup>2</sup> ab, in der der Gezeitenunterschied rd. 3 m beträgt. Die während der Flut und der Ebbe ein- und ausströmenden Wassermengen von 400 bis 450 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> würden also eine Leistung von

$$\frac{450 \cdot 10^6 \cdot 3}{102 \cdot 6 \cdot 3600} = 342\,000 \text{ kW}$$

ergeben. Die Ausnutzung dieser vorhandenen Leistung kann in der aus Bild 4 ersichtlichen Weise erfolgen, wenn man annimmt, daß zum Betriebe der Wasserkraftmaschinen eine Fallhöhe des Wassers von 1 m vorhanden sein muß. Es ergibt sich, daß während des steigenden und fallenden Wassers die Maschinen nur je 2 h, am Tage also 8 h Arbeit abgeben können.

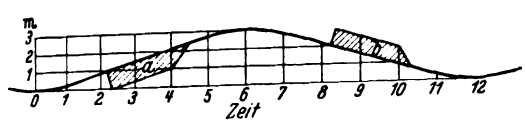


Bild 4. Ausnutzung der Gezeiten in der Bucht von Büsum.

Es sinkt also der Benutzungsgrad der Anlage auf 33 1/3 %, und wenn wir in gleicher Weise wie oben einen Gesamtwirkungsgrad der Anlage von η = 0,65 annehmen, so erhalten wir bei 1 m Fallhöhe des Wassers eine Gesamtleistung der Maschinensätze von 222 000 kW und eine Jahresarbeit aus diesem Gezeitenkraftwerk von

$$\frac{222\,000 \cdot 8760}{3} \approx 600 \cdot 10^6 \text{ kWh.}$$

Wegen der geringen Höhenunterschiede zwischen Ebbe und Flut, und dementsprechend wegen der geringen auszunutzenden Fallhöhe des Wassers ist es hier praktisch kaum durchführbar, senkrechte Turbinen zu verwenden. Diese sind vielmehr in waagerechter Lage in den zu befestigenden Damm einzubauen. Einen Querschnitt durch den Damm, der mit Rücksicht auf den schlickhaltigen Untergrund auf Pfahlrosten aufzubauen oder zwischen Spundwänden aufzuführen oder in anderer Weise zu befestigen ist, zeigt Bild 5. Auch hier ist eine befahrbare Dammkrone von 10 m Breite vorgesehen. Die Bilder 4 und 5 sind im gleichen Maßstabe gezeichnet wie die Bilder 2 und 3, um einen Vergleich der Abmessungen der beiden Anlagen zu geben. Um eine einfache Bauweise zu erhalten, ist vorgesehen, daß die Propeller der Turbinen um 90° verstellbar angeordnet werden, so daß die Ein- und Ausströmungskanäle gleich ausgeführt werden. Bei

der geringen Fallhöhe des Wassers ist mit einer mittelbaren Kraftübertragung von den Turbinen auf die Generatoren zu rechnen. Es muß daher zum Umschalten der Drehrichtung der Generatoren eine besondere Einrichtung getroffen werden. Für die Unterbringung der Schaltanlagen und Transformatoren sowie für die Absperrorgane der Ein- und Ausströmungskanäle ist im Damm genügend Raum vorhanden.

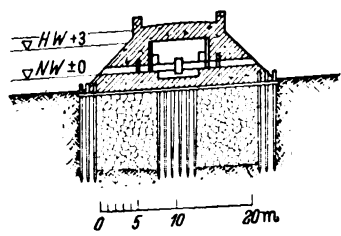


Bild 5. Damm zum Absperren der Bucht von Büsum.

Die Kosten der Anlage stellen sich hier etwa wie folgt:

	RM
Befestigung des Dammuntergrundes in der Breite von etwa 25 m, wie oben angegeben, etwa . . . . .	50 · 10 <sup>6</sup>
1 000 000 m <sup>3</sup> Beton und Eisenbeton des Damms mit Maschinenkammern usw. herstellen je m <sup>3</sup> 25 RM . . . . .	25 · 10 <sup>6</sup>
222 000 kW-Turbinen je kW 40 RM . . . . .	8,88 · 10 <sup>6</sup>
222 000 kW-Generatoren je kW 25 RM . . . . .	5,6 · 10 <sup>6</sup>
222 000 kW-Transformatoren je kW 10 RM . . . . .	2,3 · 10 <sup>6</sup>
Schaltanlagen . . . . .	1,0 · 10 <sup>6</sup>
Unvorhergesehenes und Abrundung . . . . .	17,22 · 10 <sup>6</sup>
<b>Zusammen</b>	<b>110 · 10<sup>6</sup></b>

Das ausgebaute kW wird also

$$\frac{110\,000\,000}{222\,000} \approx 500 \text{ RM}$$

kosten, und bei geschätzten Jahreskosten von 9 % für Kapital-, Betriebs- und Verwaltungsdienst wird die kWh

$$\frac{110\,000\,000 \cdot 0,09 \cdot 100}{600\,000\,000} = 1,65 \text{ Rpf}$$

kosten. Diese Kosten erscheinen in Anbetracht der geringen Ausnutzungsmöglichkeit von täglich 4 · 2 = 8 h hoch, besonders wenn man berücksichtigt, daß noch besondere Anlagen erforderlich sind, um den nur zeitweise anfallenden Strom nutzbringend verwerten zu können.

### Zusammenfassung

An zwei Beispielen wird der Nachweis erbracht, daß der Ausbau von Flutkraftwerken im Allgemeinen und in der Nordsee — dem deutschen Meer — im besonderen vom wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen wenig verlockend ist. Wenn auch die Stromerzeugungskosten in dem einen Falle 1,04, im anderen 1,65 Rpf betragen, so ist zu beachten, daß die gemachten Annahmen sehr günstig sind. Bei genauen und sorgfältigen Planungen werden sich noch mancherlei Schwierigkeiten ergeben.

W. v an H e y s

### DK 621.311.21

Über Gezeiten-Kraftwerke. [Nach J. Frank, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 191; 6 S., 9 B.]

Nach einem kurzen geschichtlichen Überblick bringt Frank eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Bauformen und ihrer Arbeitsweise, von der einfach wirkenden Einbeckenanlage bis zur Zweibeckenanlage, Bauart DeFour. An Hand zahlreicher Schaubilder wird die Art und Zeitdauer der Stromerzeugung sehr eingehend dargestellt, wobei die Fortschritte bezüglich einer möglichst ununterbrochenen Stromlieferung besonders eingehend behandelt werden. Die günstigsten Betriebsverhältnisse werden durch eine Zweibeckenanlage mit zusammenarbeitenden Becken erreicht, wie sie in Bild 1 dargestellt ist.

Wie auf dem Schaubild zu sehen ist, findet eine verhältnismäßig gleichmäßige ununterbrochene Stromerzeugung statt. Der von DeFour mit Caquot entwickelte Plan für die Mündung des L'Arguonon<sup>1)</sup>, der eine sehr viel verwickeltere Betriebsweise,

damit verbunden aber auch eine sehr gleichmäßige Stromerzeugung aufweist, wird in dem Aufsatz nicht erwähnt.

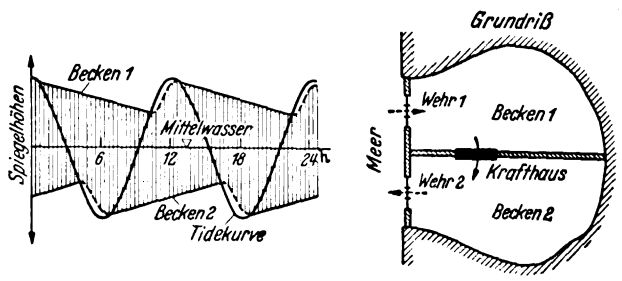


Bild 1. Anordnung und Betriebsweise der Zweibeckenanlage mit zusammenarbeitenden Becken.

In der kritischen Betrachtung der einzelnen Bauformen, die die „einfach wirkende Einbeckenanlage“, die „doppelt wirkende Einbeckenanlage“ und die „Zweibeckenanlage mit

<sup>1)</sup> ETZ 60 (1939) S. 307.

zusammenarbeitenden Becken“ gegenüberstellt, werden die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Systeme eingehend geschildert. Die einfach wirkende Einbeckenanlage, wie sie an der Mündung des Severn geplant ist, hat den Vorteil einer verhältnismäßig kleinen Beckenoberfläche, dagegen ist eine sehr große Anzahl von Maschinensätzen erforderlich. Die doppelt wirkende Einbeckenanlage, die aber nur angewendet werden kann, wenn eine lange Betriebszeit während der steigenden Flut möglich ist, hat eine sehr günstige Arbeitsausbeute, stellt jedoch an die Schützenanlage infolge der Pausen zwischen den einzelnen Betriebsgängen sehr hohe Anforderungen. Es muß auch darauf hingewiesen werden, daß Turbinen, in denen zwei verschiedene Fließrichtungen arbeiten, bis heute noch nicht eingeführt sind. Die Zweibeckenanlage mit zusammenarbeitenden Becken hat den großen Vorteil der durchgehenden Betriebszeit und eine verhältnismäßig einfache Kraftanlage, da der Strömungssinn des Wassers stets der gleiche bleibt. Weitere Vorteile sind günstige Fallhöhenverhältnisse, geringe Maschinenzahl und geringe Verschlickungsgefahr. Dagegen verlangt diese Bauform sehr große Beckenoberflächen.

An der deutschen Nordseeküste haben wir Tidenhöhen bis zu 3 m, doch kann im Mittel mit höchstens 2 m gerechnet werden; dies ist etwa die untere Grenze der Ausnutzbarkeit. Andererseits besteht jedoch die Möglichkeit der Schaffung großer Becken mit verhältnismäßig geringen Kosten, da die zwischen den vorgelagerten Inseln und dem Festland liegenden Wattenmeerteile außerordentlich günstig für die Herstellung von Becken sind. Diese Möglichkeit hat des öfteren Anregung zur Herstellung von Projekten gegeben, so den Entwurf von Pein für ein Gezeiten-Kraftwerk bei Husum. Die Berechnungen haben eine wenig schwankende Mittelleistung von 3100 kW und eine Jahresarbeit von 27 Mill kWh als erzielbar ergeben. Sofern man eine unbeständige Leistung in Kauf nimmt, könnte die Jahresarbeit wesentlich erhöht werden und würde etwa auf 100 Mill kWh kommen.

Ein anderer Plan sieht ein Becken von 107 km<sup>2</sup> Oberfläche vor und einen Tidenhub von 2,7 m. Hier beträgt die erzielbare Jahresarbeit 150 Mill kWh, die sich bei Verwendung der Bauform von doppelt wirkenden Einzelbecken auf fast 500 Mill kWh erhöhen würde.

[Anm. d. Ber.: Alle diese Überlegungen und Berechnungen müssen, wie dies wohl auch die Meinung des Verfassers ist, als unvollkommen angesehen werden, solange nicht genaue Kostenaufstellungen vorgenommen werden<sup>2)</sup>. So begrüßenswert es ist, zur Schonung unserer Kohle die Naturkräfte mehr als bisher zur Krafterzeugung heranzuziehen, so wenig empfehlenswert ist es jedoch, die vorliegenden Pläne zu verwirklichen, bevor nicht eingehende, lückenlose Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt worden sind.] *Wie.*

DK 621.331.025 : 621.311.15

**Wirtschaftliche Stromversorgung von Wechselstrombahnen.** [Nach H. Schmidt, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 69; 4½ S., 5 B.]

Während bei Gleichstrombahnen die Stromversorgung durch die Entwicklung der Umrichter ihre technisch und wirtschaftlich befriedigende Lösung gefunden hat, weist die Versorgung von Wechselstrombahnen mit elektrischer Energie eine größere Mannigfaltigkeit auf, wobei sich grundsätzlich die Einphasen- und die Drehstromlösung unterscheiden lassen. Die erstere ist dadurch gekennzeichnet, daß die niederfrequente Energie an wenigen Stellen zentral erzeugt und über ein besonderes Fernleitungsnetz an die Bahnunterwerke verteilt wird; diese Einphasenlösung wird vorwiegend in Mitteleuropa verwendet. Im Gegensatz dazu wird bei der Drehstromversorgung von Bahnwerken, wie in Schweden, der Energiebedarf hinsichtlich Erzeugung und Fortleitung wie bei den übrigen Stromverbrauchern behandelt, also aus einem einheitlichen Landesnetz gedeckt und erst vor der Übergabe an das Fahrleitungsnetz in zahlreichen Anlagen hinsichtlich Frequenz und Spannung gebrauchsfertig umgerichtet: hierbei fehlt also ein besonderes bahneigenes Verteilungsnetz. Da die technische Entwicklung beider Systeme nicht zu entscheidenden Vor- und Nachteilen einer dieser beiden Stromversorgungsarten führt, liegt die Entscheidung beim Entwurf neuer Anlagen auf wirtschaftlichem Gebiet. Maßgebend sind also die Gesteungskosten der elektrischen Energie an ihrer Eintrittsstelle in das Fahrleitungsnetz. Diese werden allgemein für die Ein- und Dreiphasenlösung abgeleitet und miteinander verglichen, wobei die Bedingungsleichung für Kostengleichheit aufgestellt wird. An den auf-

gestellten Beziehungen läßt sich die Grenze der Wirtschaftlichkeit beider Systeme nach Einsetzen von Zahlen für einzelne Werte bestimmen, was an einem Beispiel mit bestimmten, etwa für Mitteleuropa geltenden Werten durchgeführt wird. Als Grenzen der Wirtschaftlichkeit ergeben sich entsprechend dem Aufbau der abgeleiteten Funktion Hyperbeln. Bei gegebenen Gesteungskosten der Energie ab Kraftwerkaustrittsstelle hängt die Wirtschaftlichkeit der Lösung stark von der Verbrauchsdichte ab, die die zu speisende Bahnlinie aufweist. Dementsprechend ist die Drehstromversorgung im allgemeinen bei verkehrssarmen Strecken angebracht, wenn der Kapitaldienst hoch und die Stromerzeugungskosten infolge der Lage verhältnismäßig niedrig sind.

Diese Ergebnisse werden durch die Praxis bestätigt, da sich in Schweden unter den dortigen Verhältnissen die Drehstromlösung erfolgreich durchsetzte, während in Mitteleuropa mit dichter Besiedelung und höheren Gesteungskosten die Einphasenlösung bevorzugt wurde. Unter vereinfachenden Annahmen für den Jahreswirkungsgrad ergibt sich, daß die Drehstromlösung bei Verwendung von Drehumformern das Gebiet der Strecken mit einem Bedarf von etwa 150 bis 180 MWh/km·Jahr und darunter beherrscht. Durch Verwendung gittergesteuerter Umrichter mit verminderten Verlusten läßt sich das Drehstromgebiet erheblich erweitern, wie die angegebenen Grenzschaulinien der Drehstromlösung erkennen lassen. Damit dürfte die Drehstromlösung auch in Mitteleuropa an Bedeutung erheblich gewinnen.

Zum Schluß wird auf die weitere Möglichkeit der Bahnstromversorgung durch Zusammenschluß von Bahnkraftwerken und Kraftwerken der Landesversorgung mit wenigen zentralen Hauptumformerwerken hingewiesen, wobei eine günstige Ausnutzung der Kupplungsanlagen zwischen Einphasen- und Drehstromnetz erreicht wird, wenn der Energieaustausch zwischen ihnen mit möglichst ruhiger Last durchgeführt wird. Der Energiebedarf aus dem Drehstromnetz wird dabei zweckmäßig auf die Grundlast beschränkt, während die Bahnkraftwerke die Spitzenlasten decken. Diese Lastverteilung, die sich zuerst bei den norwegischen Staatsbahnen bewährte, dann auch bei der Deutschen Reichsbahn und den Schweizerischen Bundesbahnen angewendet wurde, stellt einen zweckmäßigen Mittelweg zwischen den beiden zuerst behandelten Extremen der reinen Einphasen- und Drehstromlösung dar und wird daher überall empfohlen, wo die Voraussetzungen für eine solche Zusammenarbeit gegeben sind. *Tsch.*

DK 621.335.016.4.003.1

**Der Arbeitsverbrauch thermoelektrischer und rein elektrischer Fahrzeuge.** [Nach W. Kummer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 389; 3 S., 5 B.]

Bei den rein elektrischen Fahrzeugen wird durch die Übertragung der Energie von den stationären Kraftwerken auf die Fahrzeuge der Gesamtwirkungsgrad kleiner sein als bei Triebfahrzeugen, die das Kraftwerk mit sich führen. Durch den Belastungsausgleich haben aber die in dem gemeinsamen Kraftwerk aufzustellenden Maschinen wesentlich kleinere Leistungen als die Summe der mitgeführten Einzelkraftanlagen bei den thermoelektrischen Fahrzeugen. Die Arbeitsflächen (Leistung über der Zeit) erstrecken sich bei den rein elektrischen Antrieben über eine Zeit, die der möglichen Gebrauchszeit entspricht, während sie sich bei den thermoelektrischen Antrieben nur über die tatsächliche Dienstzeit jedes einzelnen Fahrzeuges erstrecken kann. Nimmt man gleiche Zugleistungen und gleiche Zahl im Betrieb befindlicher Fahrzeuge für beide Antriebsarten an, so kommt es lediglich auf die Verteilung der festen dauernd auftretenden und der arbeitsabhängigen Leistungsverluste an, ob die eine oder die andere Antriebsart kleineren Arbeitsverbrauch ergibt. In einem Beispiel errechnet der Verfasser, daß bei 1000 kW Antriebsleistung und 730 h jährlicher Betriebszeit je Fahrzeug Gleichheit des Gesamtarbeitsverbrauches bei 100 Fahrzeugen besteht. Bei kleinerem Betrieb d. h. kleinerer Fahrzeugzahl ist der thermoelektrische Antrieb bezüglich des Arbeitsverbrauches im Vorteil, weil der Energieausgleich im gemeinsamen Kraftwerk dann noch nicht erheblich sein kann. Je größer die Zahl der im Betrieb befindlichen Fahrzeuge ist, um so günstiger wird jedoch der Stromverbrauch der rein elektrischen Antriebe gegenüber den thermoelektrischen. (Anm. d. Ber.: Auch bei kleiner Zahl der Fahrzeuge kann eine gute Belastungsausgleich und damit eine Verringerung der Arbeitsverluste beim rein elektrischen Antrieb auftreten, wenn nämlich die Strecke kurz ist. Als Vergleichsmaßstab wäre daher die Zahl der Fahrzeuge je km Streckenlänge zweckmäßiger gewesen.) *Dit.*

<sup>2)</sup> Siehe S. 19 dieses Heftes.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein.  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

#### Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 16. Januar 1940, 18<sup>00</sup>, im Hörsaal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vortrag des Herrn Dr. W. Rohloff VDE, Nürnberg, über das Thema:

„Neuere Scheinwerfertechnik“.

Eintritt und Kleiderablage frei.

#### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs).

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

11. 1. 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Ultraschall- und Dezimeterwellentechnik“: „Hohlraumleitungen“, Vortragender: Dr.-Ing. O. Schriever.

#### VDE Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer:

Burghoff

### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Essen.** 10. 1. (Mi), 19<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Netzverstärkung durch Kondensatoren“. Dipl.-Ing. Stauch VDE.

**VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz.** 11. 1. (Do), 20<sup>00</sup>. Staatl. Akademie für Technik: „Die elektrische Welle“. Prof. F. Oertel VDE.

**Fachgruppe Energiewissenschaft Gauwaltung Wien.** 10. 1. (Mi), 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Vergleichende Prüfung und Bewertung von Lichtbogenschweißanlagen“ (mit Lichtb.). Dipl.-Ing. Bauer.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Leipzig.**  
**und VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig.** 10. 1. (Mi), 20<sup>00</sup>, Grassimuseum: „Film und Technik“ (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dr. Th. Meyer VDE.

### BUCHBESPRECHUNGEN

DK 538.114

**Ferromagnetismus.** Von Prof. Dr. R. Becker und Dr.-Ing. habil. W. Döring. Mit 319 Abb., VII u. 440 S. im Format B5. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 39,— RM, geb. 42,60 RM.

Die außerordentlich lebhaft entwickelte Entwicklung der magnetischen Werkstoffe in den letzten Jahrzehnten und die wachsende Erkenntnis von der Bedingtheit ihrer Eigenschaften haben schon seit langem den Wunsch nach einer zusammenfassenden Darstellung einiger neuer Gesichtspunkte entstehen lassen. Nun hat R. Becker, der an der modernen Entwicklung unserer Vorstellungen wesentlichen Anteil hat, zusammen mit W. Döring diese neuen Gesichtspunkte in einem „Ferromagnetismus“ betitelten Buche zusammengefaßt. Entsprechend der Entwicklung der Forschung, die nicht so sehr auf die Erklärung des Ferromagnetismus an sich, vielmehr auf die Deutung der

speziellen Erscheinungsformen, insonderheit der Hysterese, gerichtet war, beschäftigt sich auch das Buch vorwiegend mit diesen Fragen.

Nach einigen einleitenden theoretischen Abschnitten über die ferromagnetischen Erscheinungen und die Theorie des Ferromagnetismus geben die Verfasser eine außerordentlich eingehende Darstellung der Vorgänge bei der Magnetisierung, wie sie sich heute darstellt. Hier werden nach einer Behandlung der verschiedenen Elementarvorgänge zunächst die wesentlichen Grundlagen der theoretischen Vorstellungen, wie Kristallenergie, Spannungsenergie, eingehend besprochen, um dann in der Deutung der einzelnen Eigenschaften wie Anfangspermeabilität, Annäherungsgesetz, Koerzitivkraft, Magnetisierung im Rayleigh-Gebiet zu gipfeln. Als Abschluß dieses Teils werden die Erscheinungen des Skineffektes und der den Fernmeldetechniker besonders interessierenden Nachwirkung besprochen. In den folgenden Abschnitten werden dann die hauptsächlichsten Begleiterscheinungen der Magnetisierung, in Sonderheit die Änderungen des elektrischen Widerstandes bei der Magnetisierung, die Magnetostruktionserscheinungen sowie andere magnetomechanische Effekte behandelt. Ein letzter Abschnitt bringt eine knappe Darstellung der technisch wichtigen magnetischen Werkstoffeigenschaften, sowie die Bedingungen, unter denen diese entstehen und beeinflußt werden können.

Gerade der Elektrotechniker wird in diesem Buche eine Antwort auf viele spezielle, magnetische Fragen finden, die ihm sein Beruf wieder und wieder nahe bringt und ohne deren Lösung er heute nicht erfolgreich arbeiten kann. Man kann diesem ausgezeichneten Buch nur eine weite Verbreitung in den Fachkreisen wünschen.

W. Steinhaus

DK 53.001.5

**Technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen.** Von Prof. Dr. E. von Angerer. 4. Aufl. Mit 50 Abb., XI u. 214 S. im Format 140 × 215 mm. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939. Preis geh. 9,80 RM.

Wieder ist eine Neuauflage dieses Buches notwendig geworden, ein Zeichen, welche Wertschätzung sich dieses in der gesamten Fachwelt erworben hat. Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, dem experimentellen Physiker die Kleinarbeit in seinem Beruf durch die Niederlegung von vielen Kunstgriffen in Form eines handlichen und übersichtlichen Buches mit wertvollem Bild- und Tafelmateriale zu erleichtern. Dies ist ihm in der vorliegenden Neuauflage, die sich von der vorhergehenden Auflage durch wertvolle Ergänzungen und Berichtigungen auszeichnet, wieder so glänzend gelungen, daß ich auf die Beschreibung seiner Vorzüge im einzelnen verzichten kann. Ich wünsche dem Buche und seinem Verfasser auch weiterhin den Erfolg, der ihm gebührt.

A. Wehnelt

DK 621.396

**Praktische Funktechnik.** Lehr- und Handbuch für den Entwurf und Aufbau neuzeitlicher Empfangsanlagen. Von H. Wiesemann. Mit 350 Abb., 7 Tab., 9 Taf. u. 2 Modellbogen u. 368 S. im Format B5. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1939. Preis geh. 15 RM, geb. 21 RM.

Dieses umfangreiche Werk ist nach Bastlerart für den Kreis der Rundfunkbastler geschrieben. Es beschäftigt sich mit der praktischen Seite der Empfangstechnik, wobei auch die Schallplattenwiedergabe und -aufnahme berücksichtigt sind. Eingestreut in den Text finden sich zahlreiche praktische Winke und auch viele Ratschläge. Mathematische Ableitungen sind vermieden. Formeln treten nur recht vereinzelt auf. Die ersten 94 Seiten beschreiben die Empfangsschaltungen — beginnend mit denen der Detektorgeräte. Die Praxis ist dabei durch zahlreiche Wertangaben und durch die Auswahl der Schaltpläne berücksichtigt. Auf den 100 folgenden Seiten behandelt der Verfasser die Einzelteile und streift in diesem Zusammenhang auch die hierfür maßgebenden Begriffe wie die

DK 620.9 : 34

Induktivität, die Kapazität und den Widerstand. Weitere 60 Seiten bringen Wissenswertes über die Bauformen und die Baupläne, über die Behandlung und die Bearbeitung der Werkstoffe, über den Einbau der Teile und das Verdrahten sowie über die letzte Prüfung und den ersten Empfang. Jeweils auf etwa 10 Seiten wird das für die Bastlerpraxis Wesentliche von Lautsprechern, Schallplatten und Antennen gebracht. Etwa die letzten 50 Seiten beschreiben die Pflege und den Umbau des Empfängers, erörtern die Fehlerbeseitigung und die dazu nötigen Hilfsmittel und zeigen das Allerwichtigste vom Störschutz. Der Anhang bringt auf neun Tafeln und sieben Tabellen einige für den Leserkreis wertvolle Zusammenstellungen. Ein ausführliches Verzeichnis und zwei Modellbogen bilden den Abschluß des reichhaltigen Buches. Es verdient erwähnt zu werden, daß die vielen Strichzeichnungen und Autotypen größtenteils vom Verfasser selbst entworfen und aufgenommen wurden. Daraus folgt nämlich ein gutes Zusammengehen der Bilder mit dem Text und eine günstige Raumausnutzung. Das Buch kann jedem Bastler, der sich eine zusammenfassende Darstellung seiner Technik wünscht, warm empfohlen werden. Einige einschlägige Vorkenntnisse sollten beim Leser allerdings vorhanden sein. Während nämlich sonst nichts vorausgesetzt wird, steigt der Verfasser — zur Freude all derer, die sich damit ein klein wenig auskennen — schon auf den ersten Seiten energisch in die Empfangsschaltungen hinein.

F. Bergtold VDE

DK 621

**Taschenbuch für den Maschinenbau.** Herausg. von Ing. Prof. H. Dubbel. 7. umgearb. Aufl. In zwei Bänden. Mit etwa 3000 Textfig., XI u. 692 S. bzw. II u. 850 S. im Format 135 × 205 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geb. 19,80 RM.

Mit einer ganzen Reihe von Verbesserungen und unter Mitwirkung mehrerer neuer Mitarbeiter ist die siebente Auflage dieses bekannten Taschenbuches erschienen. In zwei handlichen Bänden mit erstaunlich reichhaltigem Inhalt ist das zusammengetragen, was der Maschineningenieur jeder Fachrichtung sucht, wenn er entweder die Grundfächer Mathematik, Mechanik und Werkstoffkunde nachschlagen will oder wenn er einen Überblick über die außerhalb seines Spezialgebietes liegenden Fachgebiete braucht. Mit Recht wird vorausgesetzt, daß der Spezialist für sein eigenes Fachgebiet kaum ein Handbuch zu Rate zieht, weil ihm dafür mehr Unterlagen und Erfahrungen zur Verfügung stehen als ein solches bringen kann.

Mit Geschick sind im ersten Abschnitt „Mathematik“ die Formeln für einfache Rechnungsarten übersichtlich als rasch nachschlagbare Gedankenstütze zusammengestellt, während für schwierige Rechnungen die Ableitungen so weit gebracht sind, daß keine Ungewißheit über den Geltungsbereich der Formeln entstehen kann. Die wichtigen Abschnitte Mechanik, Festigkeitslehre und Werkstoffkunde sind in gleich klarer und anschaulicher Weise aufgebaut, leider aber, obwohl sie fast stets im Zusammenhang gebraucht werden, durch ein Kapitel über technische Brennstoffe getrennt. Sehr zu begrüßen ist der neu aufgenommene und inhaltsreiche Abschnitt über Schweißkonstruktionen, in dem man vielleicht einen Hinweis darauf vermißt, daß durch Verschweißung von Stahlgußteilen, z. B. Naben, mit Konstruktionsteilen aus Walzstahl, oft besonders vorteilhafte Bauteile entstehen. Der letzte Abschnitt „Maschinenteile“ des ersten Bandes umfaßt in bewährter Zusammenstellung alles Wissenswerte über die Elemente des Maschinenbaues und leitet mit einer klaren Abhandlung über Passungsfragen ein. Die Kupplungen sollten in Zukunft besser nach Wirkungsweise und Eigenschaften und nicht nach Fabrikaten eingeteilt und besprochen werden, um eine fehlerhafte Wahl im Einzelfalle zu vermeiden. Der zweite Band behandelt u. a. Dampferzeugungsanlagen, Kraft- und Arbeitsmaschinen mit Kolben- und mit Umlaufbewegung, Schwingungs- und Regelungsvorgänge, Förder- und Werkzeugmaschinen und bringt sehr viel über Kraftwagenbau und Flugtechnik. Auf annähernd 100 Seiten ist ferner ein bemerkenswert großer Stoff aus der gesamten Starkstromtechnik behandelt. Der Inhalt geht von den physikalischen Grundgesetzen aus und bietet einen guten Überblick über den Maschinen- und Gerätebau, wobei das große Gebiet der Stromrichter allerdings nur kurz gestreift wird. Angaben über Lichtanlagen und Kraftzentralen sowie verschiedene Belastungstafeln und Vorschriften ergänzen diesen Abschnitt.

Ausstattung, Klarheit der sorgfältig bearbeiteten Abbildungen und des ganzen Druckes lassen nichts zu wünschen übrig. Zweifellos wird die neue Auflage des „Dubbel“ die Beliebtheit dieses Taschenbuches für den praktischen Maschineningenieur und auch für Studierende noch weiter steigern. K. Bobek

**Die Anschluß- und Versorgungspflicht der Elektrizitätsversorgungsunternehmen nach dem Energiewirtschaftsgesetz.** Von Dr. jur. W. Lucas. Mit 160 S. im Format A 5. Verlag Robert Noske, Borna bzw. Leipzig 1939. Preis kart. 4,80 RM.

Das Buch ist vor dem Erlaß der Verordnung über die kriegsverpflichtete Energiewirtschaft erschienen, so daß die Einsetzung der Reichsstelle für die Elektrizitätswirtschaft<sup>1)</sup> und ihre Aufgaben noch nicht erwähnt werden konnte. Dieses vermindert jedoch seinen Wert in keiner Weise, da zur richtigen Einschätzung der Kriegsmaßnahmen eine gründliche Kenntnis des Energiewirtschaftsgesetzes<sup>2)</sup> und im besonderen seiner Bestimmungen über die Anschluß- und Versorgungspflicht Vorbedingung ist. Im Hauptteil 1 und 2 wird der Anschlußzwang vor Erlaß des Energiewirtschaftsgesetzes und der Begriff der Elektrizitätsversorgungsunternehmen besprochen. Hauptteil 3 bis 5 behandelt den § 6 des Energiewirtschaftsgesetzes, die zulässigen Ausnahmen und die Pflichten in Sonderfällen während Hauptteil 6 dem Streitverfahren und Hauptteil 7 den Sonderverordnungen und Vorschriften des Reichswirtschaftsministeriums gewidmet ist. Im Anhang sind die Erlasse des Reichswirtschaftsministeriums zum Energiewirtschaftsgesetz bis zum Februar 1938 teils im vollen Wortlaut, teils auszugsweise mitgeteilt. Ein Verzeichnis des benutzten Schrifttums und der angewendeten Abkürzungen ist beigelegt. B. Thierbach

DK 621.315.001.24

**Berechnung von Starkstromleitungen.** Von Dr.-Ing. A. Wasmus. Mit über 120 Abb. u. 147 S. im Format C 5. Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig 1939. Preis geb. 3,60 RM.

Das für Anfänger und zur Übung für junge Techniker geschriebene Buch setzt durch seine elementaren Beispiele, denen abschnittsweise die physikalischen Grunderkenntnisse vorangestellt sind, auch den Installateur in die Lage, Berechnungen der Leitungsquerschnitte anzustellen, um überflüssigen Werkstoffaufwand zu vermeiden. Behandelt werden Gleich-, Wechsel- und Drehstromleitungen, wobei zahlreiche Rechenbeispiele den Lesenden wertvoll veranschaulichen. Insbesondere für den Lernenden ist die gebotene starre Form der Leitungsberechnung wertvoll und kann bei fortschreitender Übung zur bequemeren Vertiefung des Verständnisses führen. Das Buch, das einige kleinere Unschönheiten einzelner Bezeichnungen aufweist, entspricht im übrigen den neuesten Bestimmungen und VDE-Vorschriften. Auch die wichtigen Werkstoffgesichtspunkte werden gebührend erläutert.

E. Tschanter VDE

- <sup>1)</sup> ETZ 60 (1939) S. 1144.  
<sup>2)</sup> ETZ 57 (1936) S. 21.

## EINGÄNGE

## Bücher

Getriebeblätter des AWF und der Wirtschaftsgruppe Maschinenbau: AWF 615—1: Reibradgetriebe. Ausg. von Dipl.-Ing. H. Rögnitz. 5. Neubearb. Aufl. 20 S. im Format A 4. Preis 2,40 RM. — AWF 674—IV: Spann- und Sprungwerke. Ausg. von Dipl.-Ing. K.-H. Sieker und Dipl.-Ing. Dr. W. Jahr. 12 S. im Format A 4. Preis 2,— RM. Beuth-Vertrieb G. m. b. H., Berlin 1939.

## Doktordissertationen

Vladimir Božičković, Die Entwicklung des Kraftwagen-Personenverkehrs der modernen Weltstadt und ihre Einwirkung auf die gegenseitigen Beziehungen des rollenden und ruhenden Verkehrs. T.H. Berlin 1939.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Prof. Dr.-Ing. Th. Buchhold VDE, Darmstadt, Kranichsteinerstr. 61.  
Dipl.-Ing. W. Grunert VDE, Marl i. Westf., Uerdinger Str. 4.  
Ministerialrat a. D. W. van Heys, Berlin-Friedenau, Ringstr. 40.  
Prof. Dr.-Ing. E. Hueter VDE, Darmstadt, Wilhelmsstr. 8.  
Prof. Dr.-Ing. M. Kloss VDE, Berlin-Nikolassee, Beskidenstr. 10.  
Dr. W. Köhler VDE, Berlin-Wilmersdorf, Nicolsburger Platz 2.

Abschluß des Heftes: 28. Dezember 1939.

**Wissenschaftliche Leitung:** Harald Möller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
**Stellvertretung:** G. H. Winkler VDE  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.  
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 11. Januar 1940

Heft 2

## Schwingfrequenz und Abstimmung bei fremdgesteuerten Einkreissendern

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Telefunken GmbH.)

Von W. Buschbeck, Berlin

DK 621.396.611.1.001.24

**Übersicht.** Zur näherungsweise Ermittlung der Schwingfrequenz eines eigenerrigten Senders dient im allgemeinen der aus der Thomsonschen Gleichung für die freie Schwingung eines ungedämpften Kreises gewonnene Wert

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Dieser Wert, der weder die Röhrenkonstanten noch die Rückkopplungsphase berücksichtigt, stellt nur eine Annäherung dar. Der Zweck der nachstehenden Betrachtung soll sein, ein einfaches Verfahren anzugeben, das ohne Zurückgehen auf die Differentialgleichung unter gewissen vereinfachenden Annahmen die Schwingfrequenz einer Schaltung, die durchaus nicht phasenrein rückgekoppelt zu sein braucht, zu ermitteln gestattet.

### 1. Berechnung der Schwingfrequenz des Senders

Betrachten wir zunächst den einfachen induktiv rückgekoppelten Schwingkreis, Bild 1, mit einem Widerstand lediglich im Spulenzweig. Die Welle sei so lang, daß der

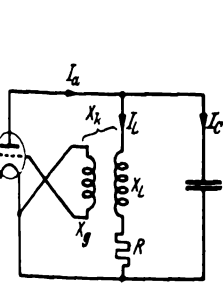


Bild 1.

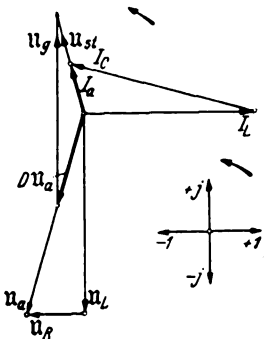


Bild 2.

Einfluß der inneren Röhrenkapazitäten verschwindet, d.h. daß die Rückkopplungsspannung nur durch die in die Gitterspule induzierte EMK gebildet wird. Ferner schwingt der Sender, ohne ins Gebiet positiven Gitterstromes zu kommen, unterspannt. Dann muß im stabilen Betriebszustand Phasengleichheit zwischen Steuerspannung und Anodenwechselstrom bestehen. Das Vektordiagramm dieser Schaltung stellt Bild 2 dar. Man geht zweckmäßig von Strom  $I_L$  aus, der eine Anodenwechselspannung  $U_a$  von der Größe

$$U_a = -I_L (R + jX_L) \tag{1}$$

ergibt, also einen Betrag an durchgreifender Anodenwechselspannung

$$D U_a = -D I_L (R + jX_L) \tag{2}$$

Die Schwingkapazität liegt direkt an der Anodenwechselspannung, der kapazitive Strom eilt also der Anodenwechselspannung um  $90^\circ$  nach. Somit wird

$$U_a = -I_C (-jX_C) = I_C \cdot jX_C; \tag{3}$$

also:

$$I_C = \frac{U_a}{jX_C} = I_L \left\{ -\frac{X_L}{X_C} + j \frac{R}{X_C} \right\} \tag{4}$$

Die induzierte Gitterspannung  $U_g$  ist (infolge ihrer wegen der Rückkopplung um  $180^\circ$  phasenversetzten Polung) gegeben durch

$$U_g = +jX_k I_L \tag{5}$$

Somit erhält man für die Steuerspannung

$$U_{st} = U_g + D U_a = I_L \left\{ -D R + j(X_k - D X_L) \right\} \tag{6}$$

Andererseits ist

$$I_a = I_L + I_C = I_L \left\{ 1 - \frac{X_L}{X_C} + j \frac{R}{X_C} \right\} = S U_{st} \tag{7}$$

Ein stabiler Schwingzustand ist nur bei Phasengleichheit von  $I_a$  und  $U_{st}$  möglich. Diese beiden Größen sind  $I_L$  proportional. Die Gleichsetzung ihrer auf  $I_L$  bezogenen Phasenwinkel ergibt somit die Schwingfrequenz. Als Bedingungsgleichung für diese erhält man also

$$\frac{R}{1 - \frac{X_L}{X_C}} = \frac{X_k - D X_L}{-D R} \text{ bzw. } \frac{R}{X_L - X_C} = \frac{X_k - X_L}{D R} \tag{8}$$

Diese Gleichung verdient insofern Interesse, als sie zeigt, daß von den Röhrenkonstanten Durchgriff, Innenwiderstand und Steilheit lediglich der Durchgriff in die Frequenzbedingung eingeht, während Innenwiderstand bzw. Steilheit nur die Amplitude der erzeugten Schwingung beeinflussen. Diese Erkenntnis ist deshalb wichtig, weil sie die Möglichkeit ergibt, von vornherein auf Grund des Kennlinienfeldes von Röhren deren Brauchbarkeit für frequenzkonstante eigenerrigte Stufen zu erkennen bzw. diejenigen Amplitudengrenzen anzugeben, innerhalb derer die Schwingung gehalten werden muß, um nicht in Gebiete veränderlichen Durchgriffs zu gelangen.

Im vorliegenden Fall läßt sich die Frequenzbestimmungsgleichung allgemein nach  $\omega$  auflösen. Man erhält nach einigen Umformungen:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \frac{R^2 DC + M - DL}{M - DL} = \frac{1}{LC} \left( 1 + \frac{R^2 DC}{M - DL} \right) \tag{9}$$

Man erkennt bereits aus dieser Gleichung, daß für den Fall verschwindenden Durchgriffs das Korrektionsglied zu Null wird, sich als Schwingfrequenz daher trotz der



nicht phasenreinen Rückkopplung einfach die Frequenz der Serienresonanz ergibt. Der Widerstand im  $L$ -Zweig vergrößert die Frequenz. Um den Betrag dieser Frequenzerhöhung besser zu veranschaulichen, soll das Korrektionsglied noch etwas umgeformt werden. Es sei mit  $K$  das Verhältnis  $U_g/U_L$ , also praktisch der Wert des Rückkopplungsfaktors, bezeichnet. Da voraussetzungsgemäß die Gitterspannung lediglich durch die in der Gitterspule induzierte EMK gebildet wird, ist bei den vorkommenden kleinen Dämpfungen

$$K = \frac{M}{L} \quad (10)$$

Das Korrektionsglied erhält durch Einführung dieser Größe die Form

$$M - DL = \frac{R^2 D}{C(K-D)} = \frac{R^2}{X_0^2} \cdot \frac{D}{K-D} = d_0^2 \cdot \frac{D}{K-D} \quad (11)$$

Bezeichnen wir die Frequenz der Serienresonanz des Schwingkreises, also die Frequenz bei der Dämpfung Null, mit  $\omega_0$ , so ergibt sich endgültig für die Betriebsfrequenz  $\omega$ :

$$\omega^2 = \omega_0^2 \left( 1 + d_0^2 \cdot \frac{D}{K-D} \right) \quad (12)$$

bzw. unter Berücksichtigung der Tatsache, daß das Korrektionsglied gegenüber 1 sehr klein ist,

$$\omega = \omega_0 \left( 1 + \frac{d_0^2}{2} \cdot \frac{D}{K-D} \right) \quad (13)$$

Dieser Ausdruck ist recht aufschlußreich. Um einen Schwingbetrieb überhaupt zu ermöglichen, muß stets die durch  $K$  gebildete Rückkopplung die durch  $D$  gegebene Gegenkopplung überwiegen, also  $K-D$  eine positive Größe sein. Unter normalen Verhältnissen wird  $K-D$  zahlenmäßig stets mindestens in der Größenordnung von  $D$  liegen, so daß das Korrektionsglied praktisch die Größe  $d_0^2/2$  hat, also außerordentlich klein sein wird. Wird nun die Rückkopplung immer loser gemacht, so kann, das Vorhandensein genügender Röhrensteilheit vorausgesetzt, trotzdem grundsätzlich ein Schwingzustand bestehen. Die Schwingfrequenz weicht nun aber immer mehr von der Eigenfrequenz des Schwingkreises ab, um im Grenzfall  $K-D$  sogar ins Unendliche zu rücken. Um einen Begriff der tatsächlich erzielbaren Frequenzverschiebung zu erhalten, wollen wir zunächst die für den stabilen Betrieb erforderliche mittlere Steilheit errechnen. Hierzu gehen wir zweckmäßig auf die Gl. (6) und (7) zurück. Es ist

$$I_a = S U_{st}, \text{ also } 1 - \frac{X_L}{X_C} + j \frac{R}{X_C} = S \left\{ DR + j(X_k - DX_L) \right\} \quad (14)$$

Um diese Gleichung zu erfüllen, müssen sowohl die reellen als auch die imaginären Glieder gleich sein, also

$$1 - \frac{X_L}{X_C} = SDR \text{ und } \frac{R}{X_C} = S(X_k - DX_L) \quad (15a \text{ u. } b)$$

Bei der Schwingfrequenz  $\omega$  sind für den richtigen Steilheitswert beide Gleichungen erfüllt. Wir erhalten z. B. aus Gl. (8) und (15a) unter Einführung des Rückkopplungsfaktors  $K$ :

$$\frac{R^2}{X_L X_C} \left( \frac{K}{D} - 1 \right) = SDR \quad (16)$$

Daraus ergibt sich für die Steilheit des stabilen Endzustandes

$$S_{stab} = \frac{R}{X_L X_C (K-D)} = \frac{R}{C(K-D)} = \frac{1}{R_{a0} (K-D)} \quad (17)$$

Genau den gleichen Wert hätte man direkt aus Gl. (15b) entnehmen können. Die erforderliche Betriebssteilheit ist also, wie zu erwarten war, umgekehrt proportional dem Resonanzwiderstand des Schwingkreises  $R_{a0}$ , und der effektiven Rückkopplung  $(K-D)$ .

Die bei normalen Röhren mittlerer Leistung heute maximal erzielbare Steilheit dürfte bei etwa 20 mA/V liegen. Bei kräftiger Dämpfung, wie sie zur Erzielung eines großen Korrektionsgliedes erforderlich ist, dürfte man kaum über ein  $R_{a0}$  von etwa 1000  $\Omega$  kommen. Damit wird

$$\left( \frac{1}{K-D} \right)_{max} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 = 20,$$

also bei einer Röhre mit dem Durchgriff 10 %

$$\left( \frac{\Delta \omega}{\omega} \right)_{max} = \frac{d_0^2}{2} \cdot 0,10 \cdot 20 = d_0^2.$$

Selbst bei 10 % Kreisdämpfung beträgt also die höchste Frequenzabweichung erst 1 %, so daß praktisch in allen Fällen bei der betrachteten Schaltung die Schwingfrequenz einfach durch die Frequenz der Serienresonanz des Anodenschwingkreises, also, wie auch ursprünglich angenommen, durch die Thomsonsche Formel gegeben ist.

In ganz analoger Weise lassen sich auch die sonst üblichen Rückkopplungsschaltungen behandeln. Lediglich der Fall der phasenreinen Rückkopplung (d. h.  $U_g$  in Phasenopposition zu  $U_a$ ) zeigt bereits rein anschaulich, daß die sich ergebende Frequenz (unter der Voraussetzung widerstandslosen Oberwellenschlusses) durch die Bedingung der Parallelresonanz gegeben sein muß, da bei Phasenopposition von  $U_g$  und  $U_a$  aus Symmetriegründen  $I_a$  keine Phasenabweichung gegen  $U_g$  und somit auch gegen  $U_a$  haben kann, was nur möglich ist, wenn zwischen Anode und Kathode des Rohres ein rein ohmscher Widerstand liegt.

Die Bedingung der Parallelresonanz läßt sich physikalisch anschaulich auch im Falle verschiedener Dämpfung des induktiven und kapazitiven Zweiges auf Grund der Tatsache ermitteln, daß im Zustande der Parallelresonanz dem Kreis keine Blindleistung zugeführt wird, daher die Blindleistungen beider Zweige gleich groß sein müssen; also ist

$$I_C^2 X_C = I_L^2 X_L \quad (18)$$

Da an beiden Zweigen die gleiche Spannung  $U_a$  liegt, ergibt sich

$$\frac{|U_a|^2}{Z_C^2} X_C = \frac{|U_a|^2}{Z_L^2} X_L \quad (19)$$

oder

$$\frac{X_C}{R_C^2 + X_C^2} = \frac{X_L}{R_L^2 + X_L^2} \quad (20)$$

Bezeichnet wie früher  $\omega_0$  die Frequenz der Serienresonanz, so erhält man für die Frequenz  $\omega_p$  der Parallelresonanz hieraus den Ausdruck

$$\omega_p = \omega_0 \left| \begin{array}{l} L \\ C - R_L^2 \\ L \\ C - R_C^2 \end{array} \right. \quad (21)$$

Dieser Ausdruck geht sowohl bei symmetrischer als auch bei verschwindender Dämpfung in den Ausdruck der Serienresonanz über. Während bei der freien Schwingung der Einfluß der Dämpfung die Frequenz stets erniedrigt, tritt dies im vorliegenden Falle nur bei überwiegend induktiver Dämpfung ein, während überwiegende Dämpfung des kapazitiven Zweiges die Frequenz der Parallelresonanz sogar erhöht.

2. Abstimmprobleme des fremdgesteuerten Einkreissenders

a) Vergleich von Schaltungen mit Abstimmung im gedämpften und ungedämpften Zweig

Zunächst wird der praktisch besonders häufig vorkommende Fall eines fremdgesteuerten Einkreissenders mit widerstandslosem kapazitivem Zweig und Abstimmung sowie Nutzdämpfung im L-Zweig betrachtet (siehe Bild 3). Die Spannungsgleichungen lauten in diesem Fall:

$$U = I_L R + j I_L X_L = - j I_c X_c \quad (22)$$

bzw.

$$\frac{U}{R} = I_L + j I_L \frac{X_L}{R} = - j I_c \frac{X_c}{R} \quad (23)$$

Dabei ist der Anodenstrom

$$I_a = I_L + I_c \quad (24)$$

Da bei Veränderung von  $X_L$  (konstantes  $U$  vorausgesetzt) der Endpunkt des Zeigers  $I_L$  sich auf dem unteren Halbkreis des Vektordiagrammes von Bild 3 bewegt,  $I_c$  aber als reiner Blindstrom konstanter Größen stets  $90^\circ$  gegenüber  $U/R$  versetzt bleibt, ist der geometrische Ort der Endpunkte des Vektors  $I_a$  der um den Betrag  $|I_c|$  nach oben verschobene Halbkreis. Das Diagramm zeigt sofort anschaulich den Minimalwert von  $I_a$ , also die Stelle der Maximalimpedanz des Gebildes, die ja das übliche Abstimmkriterium bildet. Es ist auf Grund der Figur

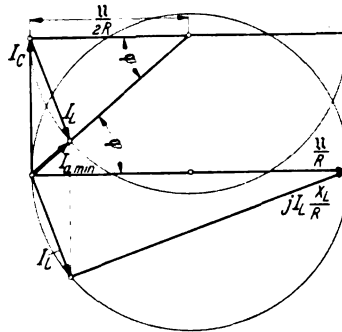
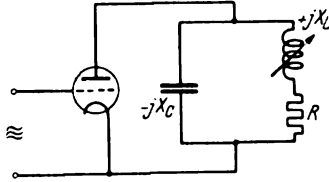


Bild 3.

$$|I_{a \min}| = \sqrt{|I_c|^2 + \frac{|U|^2}{4R^2}} = \frac{|U|}{2R} \sqrt{1 + 4d_c^2 - 1} \quad (25)$$

wenn

$$d_c = \frac{R}{X_c}$$

den auf die kapazitive Seite bezogenen Dämpfungsfaktor bedeutet. Die Maximalimpedanz errechnet sich hieraus zu

$$Z_{\max} = \frac{|U|}{|I_{a \min}|} = \frac{X_c}{2d_c} (1 + \sqrt{1 + 4d_c^2}) \quad (26)$$

der zugehörige Phasenwinkel  $\varphi_m$  zu

$$\varphi_m = \arctan \frac{|I_c|}{U/2R} = 2d_c \quad (27)$$

Gerade die letzte Beziehung zeigt, wie unrichtig es bei der betrachteten Schaltung wäre, bei Belastung im Falle eines Blindleistungsverhältnisses, das z. B. bei Langwellensendern vielleicht zwischen 5 und 10 schwankt (also  $d_c = 20\%$  bzw.  $10\%$ ), auf Minimum der Aufnahme, also auf Maximalimpedanz nachstimmen zu wollen.

Der Fehlerwinkel würde im ersten Falle  $22^\circ$  und selbst im zweiten Falle noch rd.  $12^\circ$  betragen. Betrachten wir dagegen die Verhältnisse bei Parallelresonanz, also beim

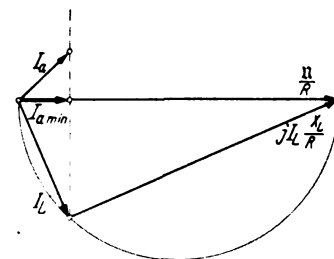
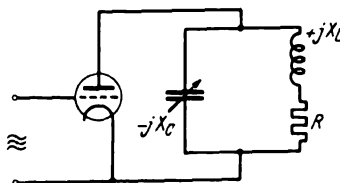


Bild 4.

Phasenwinkel 0. Nach Bild 3 hat hierfür der Anodenstrom die Größe

$$|I_{a0}| = \frac{|U|}{2R} \sqrt{\frac{|U|^2}{4R^2} + |I_c|^2} = \frac{|U|}{2R} \sqrt{1 + 4d_c^2} \quad (28)$$

Der ohmsche Parallelwiderstand  $R_a$  errechnet sich hieraus zu

$$R_a = \frac{|U|}{|I_{a0}|} = \frac{X_c}{2d_c} \sqrt{1 + 4d_c^2} \quad (29)$$

welcher Wert bei verschwindendem  $d_c$ , also großem Blindleistungsverhältnis des Zwischenkreises, in den der Maximalimpedanz übergeht. Man ist deshalb durchaus berechtigt, im Falle des Leerlaufs, also bei entkoppelter Antenne, auf Minimum der Aufnahme abzustimmen, darf dies aber im Falle einseitig in den Abstimmkreis übertragener Belastung nur bei genügend klein bleibender Zwischenkreisdämpfung tun.

Wesentlich einfacher liegen die Verhältnisse, wenn der Zweig abgestimmt wird, der den übertragenen Wirkwiderstand nicht enthält. Das Diagramm von Bild 4 zeigt sofort anschaulich, daß das Maximum der Impedanz in diesem Falle mit dem ohmschen Zustand übereinstimmt, was auch physikalisch klar wird, wenn man sich die Serienschaltung von  $R$  und  $X_L$  in die für eine fest vorgegebene Frequenz ja stets mögliche Parallelschaltung von  $X_p$  und  $R_p$  umgewandelt denkt. Bekanntlich ist

$$X_p = \frac{R^2 + X_L^2}{X_L} \text{ bzw. } R_p = \frac{R^2 + X_L^2}{R} = R_a \quad (30)$$

also muß zur Erzielung des ohmschen Zustandes

$$X_c = X_p = \frac{R^2 + X_L^2}{X_L}$$

werden. Im Falle der Resonanz wird dann der Außenwiderstand

$$R_a = \frac{X_L X_c}{R} = \frac{X_c}{d_{L0}} \quad (31)$$

Der grundsätzliche Unterschied dieser und der vorhergehend behandelten Schaltung ist der, daß im ersten Falle bei gegebenem  $X_c$  nur so lange eine Abstimmung möglich ist, als

$$|I_c| \leq \frac{|U|}{2R} \text{ oder } R \leq \frac{X_c}{2} \text{ ist,}$$

während im zweiten Falle bei gegebenem  $X_L$  die Abstimmung stets erzwungen werden kann.

b) Symmetrische Dämpfung

Betrachten wir zum Abschluß noch die Verhältnisse bei symmetrischer Lastverteilung im induktiven und kapazitiven Zweig im Falle veränderlicher Frequenz.

Bild 5 gibt die Vektordiagramme dieses Falles. Während im Augenblick der Parallelresonanz das induktive und kapazitive Stromdreieck spiegelbildlich kongruent ist, muß

bei Frequenzabweichungen  $I_L$  und  $I_C$  im umgekehrten Sinne auf dem Kreise wandern, wie weit, läßt sich leicht graphisch veranschaulichen. Die Anschauung zeigt, daß

$$\operatorname{tg} \varphi_L = \frac{X_L}{R} \quad \text{bzw.} \quad \operatorname{tg} \varphi_C = \frac{X_C}{R}$$

ist. Bezeichnet  $n = \omega/\omega_0$  das Verhältnis der eingestellten zur Resonanzfrequenz, so ist

$$X_L = n X_0 \quad \text{bzw.} \quad X_C = \frac{X_0}{n}$$

wobei

$$X_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

den Resonanzblindwiderstand bedeutet. Wird demnach auf der  $U/R$ -Achse im Abstand  $R$  vom Ursprung eine Senk-

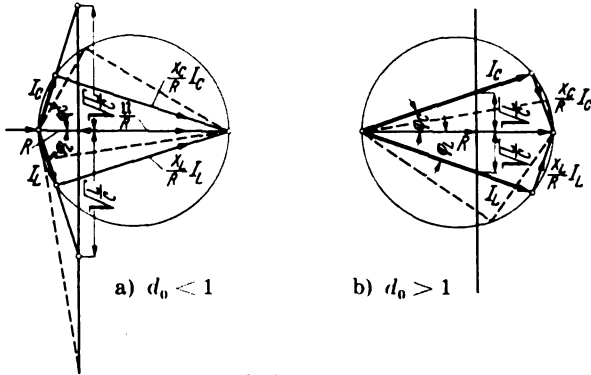


Bild 5 a u. b.

rechte gezogen, so läßt sich durch Vervielfachung bzw. Teilung der Strecke  $X_0$  im Betrage  $n$  das Diagramm sofort zeichnen. Bild 5 a gibt die Verhältnisse für eine Dämpfung  $< 1$ , Bild 5 b für eine Dämpfung  $> 1$  an. Im ersteren Fall entspricht einer Erhöhung der Frequenz über den Resonanzwert hinaus eine Verkleinerung des induktiven und Vergrößerung des kapazitiven Stromes; bei Dämpfungen  $> 1$  kehren sich die Verhältnisse aber um. Nur der schwach gedämpfte Parallelresonanzkreis wird daher bei Frequenzerhöhung bzw. erniedrigung kapazitiv bzw. induktiv, welche Eigenschaft häufig für Kompensationszwecke ausgenutzt wird.

Von besonderem Interesse ist der Grenzfall der Resonanzdämpfung  $d_0 = 1$  (Bild 6). Bei der Resonanzfrequenz ist

$$\varphi_L = \varphi_C = 45^\circ,$$

der Winkel zwischen  $I_L$  und  $I_C$  daher  $= 90^\circ$ . Dieser Winkel bleibt bei Frequenzänderungen erhalten, da nur im rechtwinklichen Dreieck das Produkt der Hypotenusenabschnitte  $p = X_0/n$  und  $q = n X_0$  gleich dem Quadrat der Höhe, also gleich  $R^2$  ist, welche Bedingung für den Fall  $d_0 = R/X_0 = 1$  tatsächlich erfüllt ist.  $I_L$  und  $I_C$  durchschneiden den Kreis daher in spiegelbildlich gegenüberliegenden Punkten, so daß die bei Resonanzabstimmung

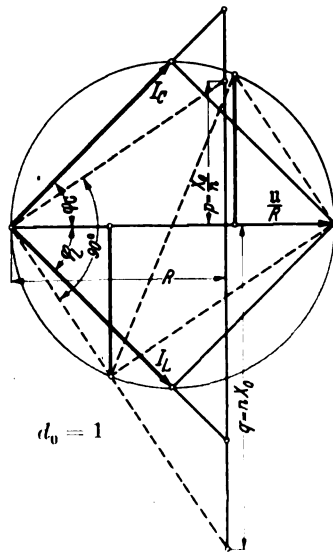


Bild 6.

ein Quadrat bildenden Stromvektoren im Verstimungsfalle ein Rechteck ergeben. Die induktive und kapazitive Blindkomponente ist stets gleich groß, ebenso die Summe der Wirkkomponenten. Auf diese Weise ergibt sich eine anschauliche Erklärung der an sich bekannten aber merkwürdig anmutenden Tatsache, daß im

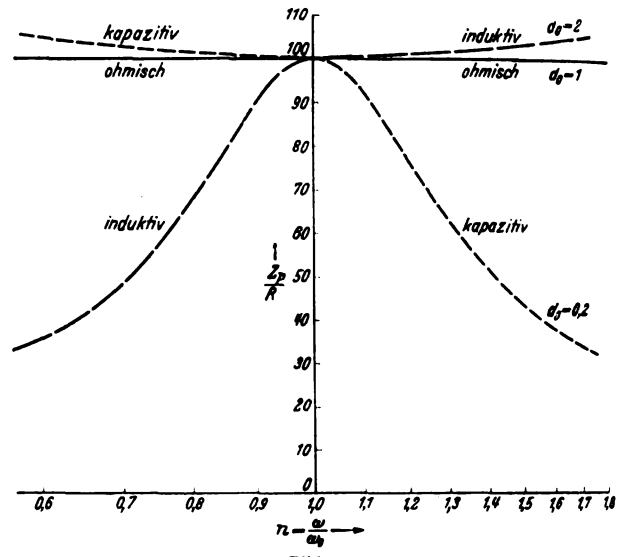


Bild 7.

Falle  $d_0 = 1$  der Außenwiderstand unabhängig von der Frequenz und rein ohmisch ist. Die Größe des resultierenden Wirkstromes ist stets  $= \frac{|U|}{R}$ , also der Außen-

widerstand  $R_a = \frac{|U|}{|I|} = R$  gleich dem Widerstand eines Zweiges, welcher Wert sich auch aus dem allgemeinen Ausdruck des Außenwiderstandes für symmetrische

Dämpfung  $R_a = \frac{X_0}{d_0} \cdot \frac{1 + d_0^2}{2}$  ergibt. In Bild 7 sind Resonanzkurven für die Fälle  $d_0 \leq 1$  gebracht, die zeigen, daß

für Dämpfungen  $< 1$  das Impedanzmaximum tatsächlich mit dem Resonanzfall übereinstimmt, während dieser bei großen Dämpfungen über 1 dem Impedanzminimum entspricht.

**Zusammenfassung**

Die Gleichphasigkeit von Steuerwechselspannung und Anodenwechselstrom wird als Kriterium für die im stabilen Schwingzustand sich ergebende Schwingfrequenz verwendet und an Hand einer nicht phasenrein rückgekoppelten Schaltung gezeigt, wie sich dieses Verfahren allgemein auch in komplizierteren Fällen durchführen läßt. Die tatsächliche Schwingfrequenz weicht praktisch von der Frequenz der freien Schwingung des ungedämpften Kreises nur unwesentlich ab, der Richtungssinn der Abweichung ist vom Einzelfall abhängig. Lediglich bei phasenreiner Rückkopplung ist als Schwingfrequenz die Frequenz der Parallelresonanz bereits anschaulich erkennbar.

Bei fremdgesteuerten Sendern meist übliche Abstimmung auf Minimum der Aufnahme führt bei einseitiger Lastübertragung im Falle größerer Dämpfungen zu merklichen Fehlern, wenn die Abstimmung im gedämpften Zweig erfolgt; sie ist dagegen einwandfrei bei Abstimmung in dem zwischen Anode-Kathode des Rohres liegenden rein aus Blindwiderständen gebildeten Zweig.

Zum Schluß wird das Verhalten des symmetrisch gedämpften Belastungskreises bei Frequenzänderung untersucht und das an sich bekannte eigenartige Verhalten dieses Gebildes auf anschauliche Weise erläutert.

## Korrosionserscheinungen an elektrischen Maschinen

Von K. Bätz VDE, Berlin

DK 620.191.2 : 621.313

**Übersicht.** Verschiedene Korrosionserscheinungen an elektrischen Maschinen und die Maßnahmen zu ihrer Verhinderung werden beschrieben.

Die Forschungen auf dem Gebiete der Korrosionserscheinungen haben ein umfangreiches Schrifttum ergeben, in dem die verschiedenen Auffassungen der Korrosionsursachen dargestellt sind. F. Eisenstecken gab letzthin einen Überblick<sup>1)</sup> über die in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten. Erwähnt sei hier nur, daß sich die Auffassung, die das Rosten als einen elektrochemischen Vorgang ansieht, immer mehr durchsetzt, und daß die Bildung von Deckschichten beim Korrosionsschutz eine große Rolle spielt.

Sinngemäß werden die in den oben erwähnten Arbeiten festgestellten Erkenntnisse des Korrosionsschutzes und der Korrosionsverhütung bei der Herstellung elektrischer Maschinen beachtet. Nachstehend wird versucht, einen Überblick über die verschiedenen Korrosionsursachen an elektrischen Maschinen zu geben und die Maßnahmen zu ihrer Verhütung zu beschreiben. Eine besondere Betrachtung ist den Maschinenteilen aus Leichtmetallen zu widmen, da hier neuere Erfahrungen beachtet werden müssen. Die Gliederung der Betrachtung nach Art der Räume, in denen elektrische Maschinen aufgestellt werden, ergibt bestimmte Forderungen an die Art des Schutzanstrichs, an die Form der Maschine usw. Da die Beschreibung von Korrosionserscheinungen und ihrer Verhütung sich aber zwangsläufig mit den einzelnen Bauelementen der elektrischen Maschine beschäftigen muß, wird nachstehend versucht, zunächst die Gefährdung der einzelnen Teile zu beschreiben und nur soweit erforderlich auf die Gefährdung durch die besonderen Raumverhältnisse einzugehen.

### 1. Aktive Teile

Die aktiven Teile der elektrischen Maschine bedürfen wegen ihrer Aufgaben, Leiter elektrischer Ströme oft recht hoher Spannung oder Träger der elektromagnetischen Energieumsetzung zu sein, besonderen Korrosionsschutz, da eine Beschädigung gerade dieser Teile leicht zur Stillsetzung der Maschine führt.

#### a) Blechpaket

Zur Verringerung der Eisenverluste müssen die einzelnen Blechlagen der Gehäusebleche gegeneinander isoliert sein. Neben der bewährten einseitigen Papierbeklebung der Gehäusebleche werden heute die Gehäusebleche für thermisch besonders hoch beanspruchte Maschinen doppelseitig lackiert. Die chemische Industrie hat hochwertige Kunstharzlacke entwickelt, die bei richtiger Behandlung eine hohe Beständigkeit gegen Wasser, Säuren, Laugen, Salze und Hitze usw. aufweisen. Mit als beste Lacke sind hier die Phenol-Kunstharzlacke zu nennen, die bei 120 bzw. 180 bis 200 ° C im Ofen gebacken werden. Lufttrocknende Lacke können praktisch nur in dem Bereich verwendet werden, wo die Papierbeklebung ausreicht. Bei ölgekühlten Transformatoren dürfen nur ölbeständige Lacke verwendet werden, die aber auch keine nachteiligen Wirkungen auf das Transformatoröl ausüben dürfen. Das Auftragen der Lacke kann im Streich-, Spritz-, Tauch- oder Walzverfahren erfolgen. (R a s k o p<sup>2)</sup>)

nennt als hauptsächlichste Eigenschaften der Isolierlacke für Gehäusebleche hochbeanspruchter Maschinen erstens gute Haftfähigkeit auf Eisenblech, zweitens Beständigkeit gegen Säure, Alkalien, Wasser und Hitze, drittens Stanzfestigkeit (Elastizität) und viertens guter Verlauf, wenn Tauchlacke in Betracht kommen.

#### b) Wicklungen und Bürstenlitzen

Korrosionsschäden an Wicklungen können entstehen:

1. durch Zerstörung der Isolationsschicht durch Säuren, Wasser usw.,
2. durch ungeeignete Bestandteile der isolierenden Schutzschicht.

Der Zerstörung der Isolation durch in der Luft enthaltene Säuren usw. kann man heute schon durch entsprechende Lackbehandlung der Isolation mit Erfolg begegnen. Die Hersteller elektrischer Maschinen haben auf Grund von Erfahrungen Isolationen für die verschiedenen Verwendungszwecke entwickelt. Diese Isolationen sind heute so hochwertig, daß sie den weitgehenden Ansprüchen genügen. Bild 1 zeigt eine Versuchsspule, die einem Dauerversuch in Seewasser unterzogen wurde. Diese Spule hing 3860 h unter einer Spannung von 5000 V in Seewasser und weiterhin noch 8640 h ohne Spannung. Nach dem Herausnehmen wurde sie noch einmal einer Spannungsprobe mit 5000 V unterzogen, die die völlige Unversehrtheit der Isolation erwies.

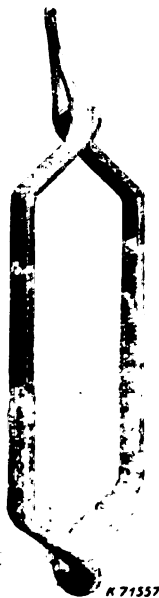


Bild 1. Ständerspule, nach 5000 stündiger Tauchung in Seewasser.

Gefährdeter sind Wicklungen, die unbeabsichtigt unter Wasser gesetzt werden, ohne die hierfür notwendige Feuchtigkeitsisolation zu haben. Diese Wicklungen sind

vor Wiederinbetriebnahme der Maschine sorgfältig zu trocknen.

Eine Gefahr für die Wicklungen mit normaler Isolation bildet daher auch das Auftreten von Schwitzwasser. Bekanntlich bildet sich Schwitzwasser, wenn warme feuchte Luft mit kälteren Teilen in Berührung kommt. So ist ein Schadenfall bekannt, wo durch abtropfendes Schwitzwasser von einer Ölleitung die Isolation der Wickelköpfe aufgeweicht wurde und ein Überschlag auftrat. Im Schrifttum<sup>3)</sup> ist ein anderer Fall beschrieben, wo bei einer Maschine mit Ringlaufkühlung durch Herabsetzung der Kühlwassertemperatur im Maschineninnern sich Nebel bildete. Es entstand ein Kurzschluß an den Ableitungen und daraus ein Brand des Wickelkopfes. Diese Fälle sind natürlich keine ausgesprochenen Korrosionsschäden, wurden aber erwähnt, weil sie zeigen, wie gefährdet die Wicklungen durch das Auftreten von Wasser im Maschineninnern sind. Hinzu kommt noch, daß die zwischen den einzelnen Spulen herrschende Spannung die feuchte Luft leicht unter Glimmentladung zersetzt, wobei

<sup>1)</sup> F. Eisenstecken, Kenntnisse über Korrosion und Korrosionsschutz, Stahl u. Eisen 50 (1939) S. 537.

<sup>2)</sup> F. Raskop: Isolierlacke. M. Krays, Technischer Verlag, Berlin 1935.

<sup>3)</sup> Masch.-Schad. 14 (1937) H. 10, S. 175.

sich Salpetersäure bildet, die die normale Isolation angreift. Durch besondere Schutzanstriche der Wicklungen im Nutenteil mit leitendem Lack kann man der Gefahr der Glimmentladung begegnen.

Die störende Erscheinung der Grünspanbildung an imprägnierten Wicklungen kann verschiedene Ursachen haben. Raskop<sup>3\*)</sup> nennt unter anderem folgende:

- Die Umspinnung oder Umwicklung der Drähte ist während der Lagerung in feuchter oder dumpfer Luft durch Spaltpilze infiziert worden.
- Der Wickler hatte starke Schweißabsonderung an den Händen, oder salzige Fette sind mit der Drahtumspinnung in Berührung gekommen. Es sind ungeeignete Schlupfmittel bei Durchzugswicklungen verwendet worden.
- Die imprägnierten Werkstücke haben zu lange in feuchter Luft gelegen, bevor sie in den Trockenofen gebracht wurden.
- Der verwendete Isolierlack hat eine zu hohe Säurezahl.
- Bei Hochspannungsmaschinen treten während des Betriebes in den Nuten stille Entladungen auf. Diese führen zu Ozonbildung, und bei Zutritt von Feuchtigkeit ist die Möglichkeit zur Bildung salpetriger Säure gegeben.
- Die Oberfläche der Kupferleiter wirkt als Katalysator für die Sauerstoffaufnahme des in dem Isolierlack enthaltenen Öles. Durch Feuchtigkeits- und Sauerstoffaufnahme erhöht sich wahrscheinlich die Säurezahl des Öles, und durch die Erhöhung der Säurezahl wird auch der Isolationswert herabgesetzt.

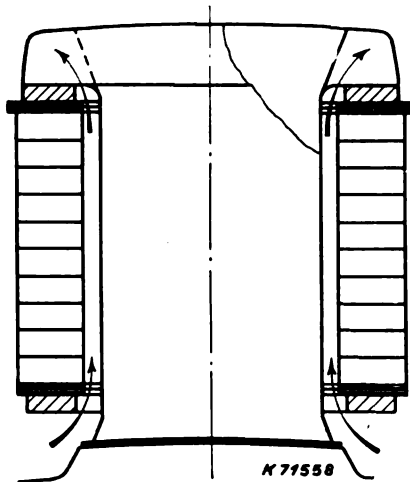


Bild 2. Durchlüftete Erregerpolwicklung einer Synchronmaschine.

Auf die Vermeidung dieser Ursachen ist schon bei der Fabrikation zu achten. Die Bildung von salpetriger Säure und Salpetersäure kann durch geeignete chemische Substanzen verhindert werden, mit denen man die Wicklungen tränkt. Geeignete Mittel sind organische Basen wie Diphenylamin oder Lösungen hiervon.

Man kann die Gefährdung der Wicklung durch Schwitzwasserbildung auch durch bauliche Maßnahmen herabmindern. Vor allem sind die Wicklungen konstruktiv richtig durchzubilden. Bei den Erregerwicklungen der Magnetpole von Synchronmaschinen, die ja als große mit Wasserturbinen gekuppelte Stromerzeuger oder als Propellermotoren für elektrische Schiffsantriebe naturgemäß in feuchter Luft arbeiten, muß man z. B. darauf achten. Eine bewährte Maßnahme ist die Ausführung mit durchlüfteter Polwicklung, wie sie in Bild 2 gezeigt ist. Diese nur für etwa 220 V isolierten Wicklungen können so wirkungsvoll trocken gehalten werden, und Überschlüge durch Ausbildung von Kriechwegen auf feucht gewordenen Isolationen an schlecht zugänglichen Stellen werden auf diese Weise verhindert. Unzweckmäßig ist ferner, Rohr-

leitungen, in denen kaltes Wasser oder Öl fließt, im Maschineninnern über Wicklungen zu verlegen. Stärker als die durch Isolation vor dem direkten Angriff geschützten Wicklungen sind die blanken stromführenden Teile den Korrosionsangriffen ausgesetzt, z. B. Bürstenlitzen und Schleifringe. Bei Antrieben in Schwelereien, deren Kühlluft stark schwefelwasserstoffhaltig ist, treten die Korrosionsschäden an Litzen besonders stark auf. Die aus vielen feinen Drähten aufgebaute Litze bietet den chemischen Angriffsstoffen eine große Oberfläche und ermöglicht infolge des lockeren, gewebeartigen Aufbaues die Bildung von Korrosionsnestern. Flexible Flachkupferbänder, die statt der Litze verwendet wurden, ergaben nur vorübergehend eine Behebung der Schäden, da die dünnen Bänder unter dem Einfluß des Schwefels hart und brüchig werden. Versuche mit Litzen, die einen besonderen Korrosionsschutz erhielten und längere Zeit stärksten chemischen Angriffsstoffen ausgesetzt waren, zeigten schon im ersten Stadium den günstigen Einfluß von bestimmten Schutzmitteln. Besonders bewährt haben sich Litzen, bei denen jeder einzelne Draht verzinkt ist. Die Versuche dauern noch an.

## 2. Konstruktive Teile

### a) Gehäuse u. a.

Die Tragelemente der Maschine, wie Gehäuse, Lagerschilde usw. sind, wie alle metallischen Teile, dem Angriff von Luftfeuchtigkeit, Säuredämpfen und Gasen ausgesetzt. Man schützt diese Teile in bekannter Weise durch Anstrich mit bewährten Farben und Lacken<sup>4)</sup>. Die Erhaltung des äußeren Schutzanstrichs bereitet zudem auch nach längerer Zeit keine Schwierigkeiten. Schwieriger wird der Schutz der Innenseiten dieser Teile vor allem bei Maschinen, die in Räumen mit säurehaltiger Luft oder Schwelgasen usw. stehen. Verwendet man hier die normale offene Maschine, die ja ihre Kühlluft unmittelbar aus dem Maschinenraum saugt, so ist die Gefahr der Korrosion der Innenseiten von Lagerschilden und Gehäuse ziemlich groß. Für die Innenseiten dieser Maschinen wird daher ein Schutzanstrich verwendet, der besonders widerstandsfähig gegen die chemischen Angriffstoffe ist. Bei neuzeitlichen Maschinen für die chemische Industrie haben sich u. a. zwei Maßnahmen bewährt. Man verwendet heute in gewissen chemischen Werken fast nur Maschinen mit Gehäusen aus Gußeisen oder aus kräftigen Walzstahlplatten geschweißt. Darüber hinaus geht aber das Bestreben, überhaupt ganz geschlossene Maschinen mit Außenkühlung zu verwenden, bei denen das Maschineninnere von der Außenluft abgeschlossen ist. Bei besonders stark wirkenden Angriffstoffen reicht auch die ganz geschlossene, mantelgekühlte Bauart nicht aus. Die Maschinen sind ja im allgemeinen nicht vollkommen gasdicht gebaut, und es sind Schadenfälle durch Korrosion an innenliegenden Teilen mantelgekühlter Maschinen bekannt. Für Räume mit besonders starken Angriffstoffen ist daher die Verwendung geschlossener, fremdbelüfteter Maschinen vorzuziehen. Bestimmend ist hier allerdings nicht nur der Schutz der Tragelemente, sondern hauptsächlich der Schutz der aktiven elektrischen Teile.

Außer durch chemische Angriffstoffe ist durch das Auftreten von Schwitzwasser für die Innenseiten die Gefahr der Korrosion gegeben. Die Ansammlung von Schwitzwasser an den tiefegelegenen Stellen der Maschine beseitigt man in einfacher Weise durch Abflußlöcher an den tiefsten Stellen des Gehäuses. Die Bildung von Schwitzwasser selbst verhindert man am besten durch Heizung auch der stillstehenden Maschine, und zwar sieht man bei den größeren Maschinen Heizstäbe an den tiefegelegenen Stellen vor, Bild 3. Ferner ist bei den größeren Maschinen auch darauf zu achten, daß bei den geschweißten Walzstahlgehäusen die Stützrohre usw. gut durchlüftet werden können.

<sup>4)</sup> W. J. Müller, Die Grundlagen der Korrosion und der Korrosionspassivität und ihre Anwendung auf Fragen des Oberflächenschutzes metallischer Werkstoffe, Berg- u. hüttenm. Jb. 84 (1936) H. 2, S. 55.

<sup>3\*)</sup> S. Fußnote 2.

b) Lager

Eine große Zahl von Schadenfällen an elektrischen Maschinen sind Lagerschäden, die im wesentlichen auf Korrosion durch Lagerströme zurückzuführen sind. Siegel<sup>5)</sup> beschreibt eine große Zahl elektrolytischer Korrosionen an Gleit- und Wälzlagern. Typisch ist bei diesen Korrosionserscheinungen, daß sowohl der Wellenzapfen als auch die Lagerschale angefressen werden. Durch Unsymmetrie im magnetischen Kreis der Maschine treten Flußschwankungen auf, die in dem System Welle—Lager—Grundplatte—Lager—Welle Wechselspannungen induzieren. In diesem Stromkreis tritt dann der Strom innerhalb des Lagers durch das Lageröl von der Welle zur Lagerschale über. Es befinden sich im Lager regelrecht zwei Elektroden, Wellenzapfen und Lagerschale, dazu das Öl als Elektrolyt. Durch Unterbrechen des Stromkreises an einer Stelle — man isoliert ein Lager gegen die Grundplatte — wird die Gefahr von den Lagerstellen in einfacher Weise abgewendet.

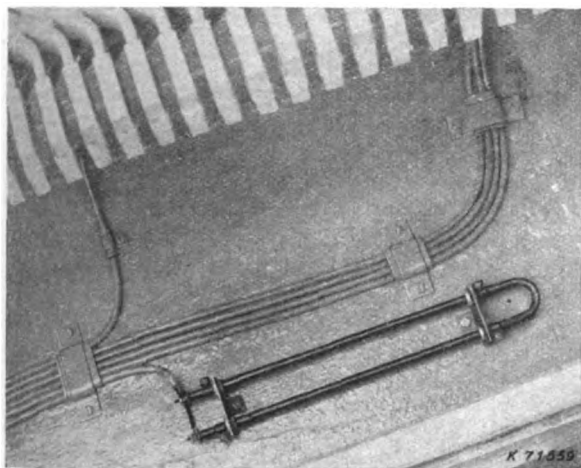


Bild 3. Heizstab im Inneren eines Schiffsmotors.

Wesentlich unangenehmer und schwieriger zu beiseiten ist die Korrosionswirkung auf die Lagerstellen, wenn durch gewisse Schaltungen bei Drehstrommaschinen eine Wechselflußmagnetisierung bzw. durch ungeschickte Schaltung von Wendepol- und Compoundwicklung bei Gleichstrommaschinen eine Gleichflußmagnetisierung der Welle erfolgt. Hierdurch werden Spannungen in der Welle ähnlich wie bei der Unipolarmaschine induziert. Der hierdurch hervorgerufene Strom übt dann ähnliche Wirkungen innerhalb des Lagers aus, wie die oben beschriebenen Lagerströme. Da hier der Strom innerhalb des Lagers erzeugt wird und seine Entstehung durch einen parasitären Induktionsfluß verursacht wurde, kann man keine Stromunterbrechung vorsehen, sondern muß den störenden Fluß genügend klein halten. Das heißt, man muß in das System Welle—Lager—Grundplatte unmagnetische Elemente einbauen, deren Größe ausreicht, diesen Fluß hinreichend zu unterdrücken. Als Abhilfe wurde von Pölitz<sup>6)</sup> auch das Aufsetzen einer Kupfergewebebürste auf die Welle genannt. Diese Bürste ist mit dem Gehäuse leitend zu verbinden. Bewährt hat sich ferner bei Drehstrommaschinen das Anbringen von Kurzschlußringen an den Stirnseiten der Ständerwicklung und um den Lagerbock zur Dämpfung eines parasitären Wechselflusses.

c) Welle

Die neuzeitliche Festigkeitslehre untersucht vor allem die Dauerfestigkeit der Werkstoffe. T h u m , O c h s und

andere haben in verschiedenen Arbeiten vor allem auch den Einfluß korrodierender Medien auf wechselbeanspruchte Stähle untersucht, und es ist eine Reihe Arbeitsblätter entwickelt worden, die dem Konstrukteur die Beachtung der verschiedenen Einflüsse erleichtern. Bild 4

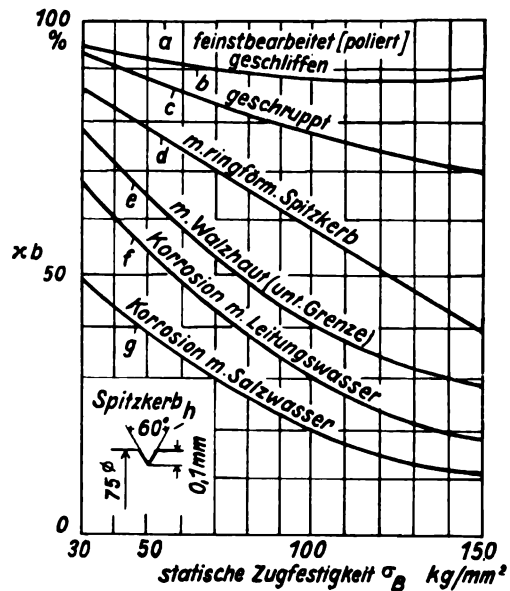


Bild 4. Tafel zur Ermittlung der Beiwerte für die Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Oberflächenzustände auf die Dauerfestigkeit. (Aus dem Arbeitsblatt I des Fachausschusses für Maschinenelemente beim VDI.)

zeigt, wie der Einfluß der Korrosion von Leitungswasser und Salzwasser die Dauerfestigkeit selbst gegenüber roh bearbeiteter Oberfläche wesentlich herabsetzt. Interessant sind vor allem auch die Versuchsergebnisse mit nichtrostenden Stählen, die während der Wechselbeanspruchung der Korrosion durch Seewasser ausgesetzt waren. Die Dauerfestigkeit sank hierbei auf 8 bis 10 kg/mm<sup>2</sup>. Man erklärt diese Erscheinung mit der Zermürbung der Deckschicht nichtrostender Stähle. Das einschlägige Schrifttum empfiehlt hier eine Reihe von Maßnahmen zur Verhinderung der Korrosionsermüdung, so unter anderem das Aufbringen von Überzügen aus Nicht-eisenmetallen, Gummi oder Kunststoffen, ferner den Anstrich mit Farben oder anderen geeigneten Rostschutzmitteln, anodische Oxydation, elektrolytische Verzinkung, Verkadmen, Nitrierhärtung, Druckvorspannungen durch Kaltverformung. Verchromen und Vernickeln ergaben keine wesentliche Schutzwirkung. An der elektrischen Maschine sind es nur wenige Teile, die Dauerwechselbeanspruchungen ausgesetzt sind und dabei von einem korrodierenden Medium angegriffen werden können. Die durch Fliehkräfte beanspruchten umlaufenden Teile werden nur durch stets in einer Richtung wirkende Kräfte beansprucht. Wechselbeanspruchungen ist eigentlich nur die Welle bzw. das Läufer-system mit angeflanschten Wellenenden ausgesetzt. Es sind dies bei der Welle Biegewechselbeanspruchungen, bei dem Läufer-system mit angeflanschten Wellenenden werden außerdem die Flanschschrauben durch eine Zug-Wechsel-Belastung beansprucht (Bild 5). Diese Schrauben sind durch ihre Lage im Innern der Maschine dem Angriff korrodierender Mittel wenig ausgesetzt. Trotzdem schützt man sie bei Maschinen, die in feuchten Räumen arbeiten, durch Verkadmen. Schadenfälle durch Korrosionsermüdung an Läuferwellen sind nicht bekannt, da der normal vorgesehene Schutzanstrich der freien Wellenteile anscheinend ausreicht, um einen Korrosionsangriff durch die Luftfeuchtigkeit zu verhindern. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei durch Dreh-schwingungen beanspruchten Wellen von mit Kolbenmaschinen gekuppelten elektrischen Maschinen.

<sup>5)</sup> A. Siegel, Korrosionen an Eisen und Nicht-eisenmetallen. Berlin Julius Springer, 1934.  
<sup>6)</sup> G. Pölitz, Zerstörungen durch Lagerströme, ETZ 60 (1939) S. 390.

## d) Schraubverbindungen

Man verwandte früher für alle Schrauben auf Schiffen, die öfter gelöst wurden, hochwertige Bronze. Neuerdings kommen fast durchweg Stahlschrauben zur Anwendung, die durch Verkadmen gegen Rost geschützt sind.

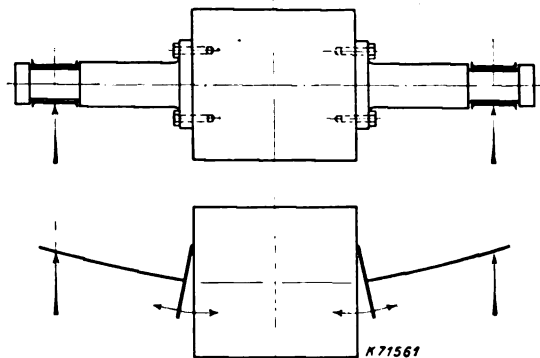


Bild 5. Läuferkörper mit angeflanschten Wellenenden. Schema der Beanspruchung der Flanschschrauben.

3. Leichtmetalle im Elektromaschinenbau<sup>7)</sup> bis 14)

Die Verwendung von Leichtmetallen zwingt, die Spannungsreihe der Metalle zu beachten. Weitgehend ein-

7) W. Boller, Von der Arbeit des Chemikers im Elektromaschinenbau, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 27 (1936) S. 281.

8) A. Thum und H. Ochs, Die Korrosionsdauerfestigkeit, Korrosion u. Metallsch. 13 (1937) S. 386.

9) A. Kutzelnigg, Schutz durch metallische Überzüge, Korrosion u. Metallsch. 13 (1937) S. 221.

geführt haben sich im Elektromaschinenbau Legierungen der Al-Si-Gattung, die weitgehend korrosionsbeständig sind. Vorsichtiger muß man bei Magnesiumlegierungen sein. Bei metallischer Verbindung von Magnesium bzw. einer Magnesiumlegierung mit Schwermetallen tritt bei Vorhandensein eines Elektrolyten — es genügt schon die Luftfeuchtigkeit — elektrolytische Korrosion auf.

Diese Erscheinung wird ohne weiteres verständlich, wenn man die recht hohe Potentialdifferenz von Magnesium z. B. gegen Eisen mit rd. 1,12 V aus der Spannungstabelle entnimmt. Die Hersteller von Magnesiumlegierungen haben nun heute auf Grund eingehender Forschungen Schutzmittel und Behandlungsverfahren entwickelt, die sich einmal durch einfache Anwendung, weiterhin aber auch durch gute Wirksamkeit auszeichnen.

## Zusammenfassung

Außer den bekannteren Korrosionserscheinungen an Metallen treten an den elektrischen Maschinen noch einige kennzeichnende Schadenfälle durch Korrosion an Wicklungen, Lagerstellen usw. auf, die besondere Schutzmaßnahmen erfordern. Die Verwendung der elektrischen Maschinen in feuchten Räumen und in der chemischen Industrie beeinflusst Bauform und Belüftungsart der Maschine. Die neueren Erkenntnisse über den Korrosionsschutz von Leichtmetallen werden auch beim Bau elektrischer Maschinen beachtet.

10) H. Ochs, Korrosionsermüdung als Ursache für Schadenfälle, Masch.-Schad. 14 (1937) S. 202.

11) Masch.-Schad. 15 (1938) S. 129.

12) Masch.-Schad. 14 (1937) S. 175.

13) Sonderdruck der I. G. Farbenindustrie, Oberflächenbehandlung von Elektrometall.

14) J. D. Ridder, Magnesium und seine Legierungen, Techn. Mitt. Nr. 22, 23 vom 25. 11. 1938.

## Berechnung der durch unisolierte Käfige hervorgerufenen Zusatzverluste bei Asynchronmaschinen

DK 621.313.333.2.017

Es ist bekannt, daß an Asynchronkurzschlußläufermotoren sehr hohe Zusatzverluste auftreten können, die in der Größenordnung von 0,5 bis 6 % der Motornennleistung den Wirkungsgrad und die Ausnutzung des Motors aufs stärkste beeinflussen. Um bessere Anlaufkurven und Geräuschlosigkeit der Maschinen zu erzielen, verwendet man an Kurzschlußläufermotoren schräggestellte Ständer- oder Läuferfalten. Bei unisolierten Käfigen macht man nun die Feststellung, daß diese Nutenschränkung nur zum Teil wirksam wird<sup>1)</sup>. Es ist durch Versuch erhärtet, daß diese erwähnten Erscheinungen und Verluste zum großen Teil durch Streuströme verursacht werden, die den Käfig verlassen und sich von Stab zu Stab schließen.

Die AW.-Verteilung des Ständers ist wegen ihres nicht genau sinusförmigen Aufbaues nur zum Teil durch die AW.-Verteilung des Läufers aufhebbar. Die Rest-AW., die nicht der Grundwelle angehört, versuchen im Läufer Ströme zu induzieren, die infolge ihrer hohen Frequenz und bei Bauart des Kurzschlußläufers als Stromverdrängungsläufer bemerkenswerte zusätzliche Verluste erzeugen. Bei normalen Wicklungen mit nicht zu hohem Oberwellengehalt und bei Ausführung des Kurzschlußläufers mit isolierten Stäben würden trotzdem diese Verluste keine sehr große Rolle spielen. Die großen Streublindwiderstände und die mangelhafte Verkettung des Läufers mit dem Ständer bei den Wellen höherer Ordnungszahl infolge des relativ zu ihrer Polteilung großen Luftspaltes, lassen keine größeren Ströme in der Läuferwicklung aufkommen.

Anders liegt der Fall, sobald der Läufer unisoliert und insbesondere unisoliert und geschränkt ausgeführt wird. Die Ströme der Oberwellen sind jetzt nicht mehr an die normalen Leitungsbahnen mit ihren kleinen ohmschen und hohen in-

duktiven Widerständen gebunden, sondern können sich nach Maßgabe der Querleitfähigkeit und der Spannungsdifferenz zwischen den Stäben quer durchs Blech schließen. Diese Wirkung wird bei geschränkten Nuten durch die Phasendrehung der induzierten Spannung längs eines Stabes noch bedeutend verstärkt.

Die Rechnung zeigt, daß die größten Beiträge zur Verlustsumme von den niedrigen Harmonischen geliefert werden, die man durch Wahl einer geeigneten Wicklung (Zweischichtwicklung mit günstiger Schrittverkürzung) leicht schwächen kann. Tatsächlich zeigten auch Messungen an solchen Maschinen wesentlich kleinere Zusatzverluste, die hier nur in der Größenordnung von  $\frac{1}{2}$  bis 1 % gefunden wurden. Nun sind aber die Messungen der Zusatzverluste an sich schon schwierig und enthalten außerdem auch noch andere, nicht im Käfig entstandene, mit dem Quadrat der Stromstärke ansteigende Zusatzverluste, so daß also die Theorie zumindest qualitativ mit dem Experiment übereinstimmt. Ferner zeigt die entwickelte Theorie den Einfluß der Käfigisolation auf die Hochlaufkurve der Maschinen. Auch hier zeigten Versuche mit isolierten Läufern eine wesentliche Glättung der Anlaufkurven, da durch diese Maßnahme eine Schränkung der Stäbe erst richtig wirksam wird.

Das einfachste Mittel zur Verringerung der Zusatzverluste wäre eine Isolation des Läuferkäfigs. Aus konstruktiven Gründen kann eine wirklich wirksame Isolation jedoch nur an Maschinen sehr großer Leistung durchgeführt werden. Der Kurzschlußläufer leitet ja seine technische Daseinsberechtigung in erster Linie von seiner widerstandsfähigen und keine zerstörende Isolation enthaltenden Läuferausführung ab. Gegen dieses Grundprinzip würde jede Isolation verstoßen und der Kurzschlußläufer würde sich eines wesentlichen Vorteils gegenüber dem Schleifringläufer begeben. eb.

1) V. Rombauer, Elektrotechn. u. Masch.-Bau (1939) H. 19/20, S. 249; 7 S., 3 B.

Neuzeitliche mathematische Maschinen\*)

DK 518.5

Während der letzten Jahre ist außerhalb Deutschlands, besonders in den V. S. Amerika, die Entwicklung von Maschinen zur Lösung verwickelter mathematischer Probleme intensiv gefördert worden. Hierbei hat namentlich die Abteilung für Elektrotechnik am Massachusetts Institute of Technology (M. I. T.) unter V. B u s h Hervorragendes geleistet. Wie lebhaft weite Kreise in Wissenschaft und Praxis an diesen Dingen Anteil nehmen, geht z. B. daraus hervor, daß bei der Sommertagung des American Institute of Electrical Engineers in Washington 1938 den mathematischen Maschinen eine besondere, stark besuchte Sitzung gewidmet werden konnte und daß in England und Norwegen solche Maschinen bereits mit großem Erfolg nachgebaut worden sind. Hauptsächlich handelt es sich um folgendes:

1. Maschine von John B. Wilbur zum Lösen linearer Gleichungssysteme

Bekanntlich ist das Lösen linearer Gleichungssysteme eine der wichtigsten Aufgaben der praktischen Mathematik, z. B. für die Statik, für die Berechnung elektrischer Netzwerke, für die Behandlung von Schwingungs- oder Elastizitätsproblemen mit dem Ritzschen Verfahren, für die Ausgleichsrechnung usw. Diese Aufgabe sieht einfach aus, ist aber für einigermaßen zahlreiche Unbekannte überraschend mühsam oder sogar undurchführbar. Man hat deshalb schon mehrfach maschinelle Lösung versucht, vor allem dadurch, daß man für ein Gleichungssystem eine entsprechende elektrische Schaltung mit Widerständen, Transformatoren o. ä. aufbaute (C a u e r<sup>1)</sup>, M a l l o c k<sup>2)</sup>, B o d e<sup>3)</sup>, R e c k<sup>4)</sup> u. a.). Dies läßt sich bei wenigen Gleichungen gut durchführen, bei mehr Gleichungen, also bei den praktisch wichtigen Fällen, treten bisher nicht überwundene Schwierigkeiten insbesondere meßtechnischer Art auf.

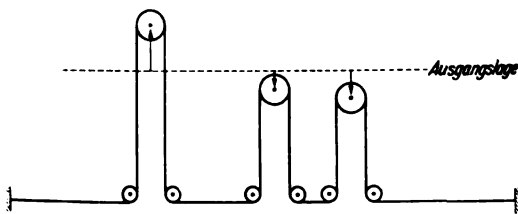


Bild 1. Sich ausgleichende Erhebungen und Senkungen von Rollen.

Die Maschine von Wilbur am M. I. T. benutzt statt dessen ein zunächst geradezu primitiv anmutendes mechanisches Prinzip, das sich aber als überraschend erfolgreich zu erweisen scheint. Sie löst bis zu neun Gleichungen mit neun Unbekannten und vierziffrigen reellen Koeffizienten in ein bis drei Stunden, wobei der Fehler höchstens 1 % der größten Unbekannten beträgt, und beruht auf folgendem Grundgedanken: Über nebeneinander befindliche, senkrecht auf und ab bewegliche Rollen läuft ein Draht, der zwischen je zwei Rollen über Umlenkrollen geführt wird (Bild 1). Wenn der Draht feste Länge hat und dauernd gespannt gehalten wird, so besteht zwischen senk-

rechten Erhebungen und Senkungen der Rollen eine Bindung in Analogie zu einer der vorgeschriebenen Gleichungen. Die Erhebungen und Senkungen werden mit den Koeffizienten und Absolutgliedern, z. B.

$$a_1, b_1, c_1 \text{ in } a_1 x + b_1 y + c_1 = 0,$$

dadurch verknüpft, daß sich die Rollen längs drehbaren Hebeln verschieben und in Abstände vom Drehpunkt ent-

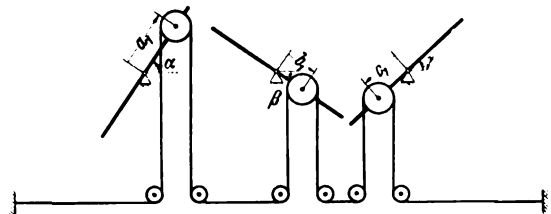


Bild 2. Wiedergabe der Gleichung  $a_1 x + b_1 y + c_1 = 0$  durch die Beziehung  $a_1 \sin \alpha + b_1 \sin \beta + c_1 \sin \gamma = 0$ . ( $a_1, b_1, c_1, \alpha, \gamma > 0$ ,  $c_1, \beta < 0$ .)

sprechend den Koeffizienten und Absolutgliedern bringen lassen (Bild 2). Dann gilt:

$$a_1 \sin \alpha + b_1 \sin \beta + c_1 \sin \gamma = 0,$$

wenn  $\alpha, \beta, \gamma$  die Drehwinkel der Hebel bedeuten und die Vorzeichen passend festgesetzt werden. Schreibt man

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = x, \quad \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = y,$$

so ist die erste Gleichung

$$a_1 x + b_1 y + c_1 = 0$$

wiedergegeben. Dabei können zwei der Drehwinkel willkürlich gewählt werden, der dritte Hebel stellt sich zwangsläufig ein. Für die zweite Gleichung

$$a_2 x + b_2 y + c_2 = 0$$

ist ein zweites Rollen-Draht-System mit denselben Hebeln vorgesehen. Jetzt läßt sich nur noch ein Hebel willkürlich drehen, die beiden anderen werden mitgenommen. Durch Ablesen der Drehwinkel oder sogleich ihrer Sinuswerte und durch Quotientenbildung ergeben sich die Unbekannten.

Für jede weitere Gleichung werden ein Hebel und ein Rollensatz mehr benötigt. Die Wilbursche Maschine besitzt also für neun Gleichungen zehn Hebel. Diese sind als Metallplatten mit parallelen Schlitzen ausgeführt, in denen die Rollenträger laufen und mit Mikrometerschrauben auf 0,01 mm genau eingestellt werden können. Auch ist eine Zusatzeinrichtung zum unmittelbaren Ablesen der Sinuswerte vorhanden. Die Umlenkrollen sind waagrecht leicht verschiebbar, damit der Draht zwischen den Rollen stets senkrecht läuft.

2. Maschinen zum Lösen von Polynomgleichungen

Polynomgleichungen

$$f(z) = z^n + a_{n-1} z^{n-1} + a_{n-2} z^{n-2} + \dots + a_1 z + a_0 = 0$$

mit reellen Koeffizienten begegnen dem Praktiker in erster Linie als charakteristische Gleichungen linearer Differentialgleichungen oder Differentialgleichungssysteme mit konstanten Koeffizienten, z. B. für Schwingungs- oder Siebkettenprobleme. Ihre zahlenmäßige Auflösung ist eines der bestdurchgearbeiteten Gebiete der praktischen Mathematik. Es gibt eine ganze Menge guter Verfahren, die auch bei höherem Grade oder bei komplexen Wurzeln

\*) Zum Teil nach Stig Ekelöf, Tekn. Tidskr. 69 A (1939) S. 143; 114 S., 23 B. — D. R. Hartree und A. K. Nuttall, J. Instn. electr. Engrs. 83 (1938) S. 643; 5 S., 6 B. — D. R. Hartree und A. Porter, ebenda S. 648; 9 S., 8 B. — E. J. Nyström, Tekn. Fören. Finland Föhandl. (1939) H. 4, 2 1/2 S., 3 B. Schrifttumshinweise werden nur insoweit gegeben, als sie nicht schon in den vier angeführten reichhaltigen Arbeiten enthalten sind. Vgl. auch die Abschnitte „Praktische Mathematik“ in den VDI-Jahrbüchern 1935 bis 1939.  
 1) W. Cauer, Elektrische Methoden und Maschinen zur Auflösung von Systemen linearer Gleichungen, Elektr. Nachr.-Techn. 12 (1935) S. 147.  
 2) R. R. M. Mallock, An Electrical Calculating Machine, Proc. roy. Soc. Lond. 140 (1933) S. 457.  
 3) H. Bode, Ein elektrisches Gerät zum Lösen von Systemen linearer Gleichungen, Z. angew. Math. Mech. 17 (1937) S. 213 u. 380.  
 4) M. Reck, Elektrisches Gerät zur selbsttätigen Auflösung von Gleichungen ersten und höheren Grades, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 190.



mit einem in der Natur der Aufgabe liegenden Rechenaufwand zum Ziel führen und hohe Genauigkeit liefern. Schwierigkeiten treten erst auf, wenn nicht nur eine, sondern viele Gleichungen aufzulösen sind oder wenn man das Verhalten der Wurzeln bei veränderlichen Koeffizienten überblicken will, z. B. bei Regler- und Stabilitätsfragen. Hierbei sind bisher einige nomographische Ansätze vorhanden<sup>5)</sup>; für maschinelle Behandlung eröffnet sich ein weites Feld.

#### a) Maschine von Harry C. Hart und Iroen Travis

Über diese in der Moore School of Electrical Engineering in Philadelphia und unabhängig davon durch Allan H. Schooley beim Research Committee of Aeronautics (R. C. A.) in England gebaute Maschine ist hier schon berichtet worden<sup>6)</sup>. Bei ihr wird die gegebene Gleichung für  $z = r e^{j\varphi}$  durch Multiplikation mit einer Wechselspannung  $u = U e^{j\omega t}$  aufgefaßt als Bedingung

$$U r^n e^{j(\omega t + n\varphi)} + a_{n-1} U r^{n-1} e^{j(\omega t + (n-1)\varphi)} + \dots + a_1 U r e^{j(\omega t + \varphi)} + a_0 U e^{j\omega t} = 0$$

für den Abgleich von  $n + 1$  hintereinander geschalteten Wechselspannungen mit der gemeinsamen Kreisfrequenz  $\omega$ , den Amplituden

$$U r^n, a_{n-1} U r^{n-1}, \dots, a_1 U r, a_0 U$$

und den Phasenverschiebungen

$$n\varphi, (n-1)\varphi, \dots, \varphi, 0.$$

Diese Wechselspannungen werden so erhalten: für  $n + 1$  Generatoren, die auf derselben mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  umlaufenden Welle sitzen, lassen sich die Ständer durch ein Zahnradgetriebe gleichzeitig um die Winkel  $0, \varphi, \dots, (n-1)\varphi, n\varphi$  verdrehen; von den erzeugten Wechselspannungen greift man durch einen ersten Satz von Spannungsteilern Bruchteile proportional den Gleichungskoeffizienten, durch einen zweiten Satz Bruchteile proportional den Potenzen von  $r$  ab. Diese letzte Proportionalität wird erreicht, indem die Schleifkontakte der Spannungsteiler durch einen Drahtzug über Kurvenscheiben verstellbar werden, die gemäß der erforderlichen Potenzierung von  $r$  geformt sind. Den Spannungsabgleich gewinnt man durch Probieren von Werten für  $r$  und  $\varphi$  und Beobachten eines Spannungsmessers. Sämtliche Lösungen einer Gleichung achten Grades sollen sich in  $1\frac{1}{2}$  Stunden mit 10% Genauigkeit für den Betrag  $r$  und 3% Genauigkeit für den Winkel  $\varphi$  finden lassen. Das Gerät kann auf komplexe Koeffizienten erweitert werden, indem man deren Winkel bei der Ständerverdrehung berücksichtigt.

#### b) Isograph von R. L. Dietzold und R. O. Mercner

Dieses bei der Bell Telephone Co. entwickelte Gerät zeichnet die Kurve

$$w = f(z) = z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \dots + a_1 z + a_0,$$

wenn sich  $z = r e^{j\varphi}$  auf einem Kreise vom Radius  $r$  bewegt, also bei gleichbleibendem Betrag  $|z| = r$ ; daher der Name Isograph (Gleichschreiber). Zum Lösen der Gleichung  $f(z) = 0$  werden durch Probieren diejenigen  $z$ -Kreise gesucht, deren zugehörige  $w$ -Kurve durch den Nullpunkt läuft.

Ein einzelnes Glied  $a_k z^k$  in  $f(z)$  hat die rechtwinkligen Koordinaten (Real- und Imaginärteil)

$$a_k r^k \cos k\varphi \quad \text{und} \quad a_k r^k \sin k\varphi.$$

Diese werden mit Kurbelschleifen hergestellt: der Endpunkt eines umlaufenden Drehzeigers von der Länge  $a_k r^k$  gleitet in der Nut einer senkrechten Stange und erteilt dieser dadurch die waagerechte Verschiebung  $a_k r^k \cos k\varphi$ , ebenso einer waagerechten Stange die senkrechte Ver-

schiebung  $a_k r^k \sin k\varphi$  (Bild 3). Die beiden Verschiebungen für sämtliche Einzelglieder werden durch je einen Schnurzug über Rollen addiert und bewirken, daß sich ein Zeichentisch waagrecht, ein darüber schwebender Zeichentisch senkrecht bewegt. Dieser zeichnet also die  $w$ -Kurve auf. Die erforderlichen Winkelgeschwindigkeiten der Drehzeiger im Verhältnis der aufeinanderfolgenden natürlichen Zahlen werden durch ein Zahnradgetriebe erreicht. Zur Bildung der Potenzen  $r^2, r^3, \dots, r^n$  dienen gekoppelte logarithmische Rechenschieber von zylindrischer Form (Rechenwalzen), die sich um das Doppelte, Dreifache, ...,  $n$ -fache drehen, wenn der erste einfach gedreht wird.

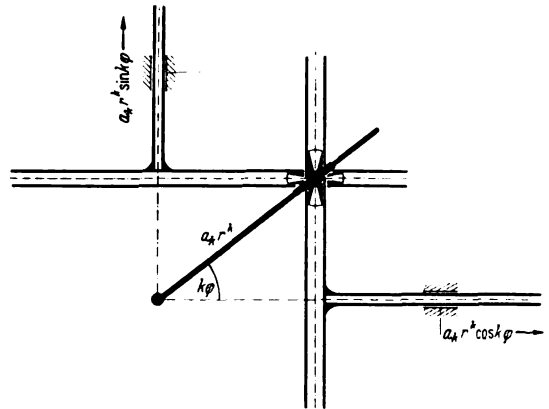


Bild 3. Herstellung der rechtwinkligen Koordinaten der komplexen Zahl  $a_k r^k z^k$  bei festem  $|z| = r$  mit Kurbelschleifen.

Der Isograph ist für Gleichungen bis zum zehnten Grad eingerichtet und soll eine Gleichung achten Grades mit ausschließlich komplexen Wurzeln, wie sie z. B. bei Frequenzgleichungen für Schwingungsprobleme auftreten, in einem Tage mit  $\frac{1}{3}$  % Genauigkeit zu lösen gestatten. Als besondere Vorteile werden die Bedienungsmöglichkeit durch wissenschaftlich nicht vorgebildete Hilfskräfte und die Sicherheit gegen Fehler hervorgehoben — Vorteile, die man allgemein bei einer guten mathematischen Maschine fordern muß.

### 3. Maschinen von V. Bush zum Lösen gewöhnlicher Differentialgleichungen

Den angemessenen mathematischen Ausdruck für naturwissenschaftliche oder technische Probleme stellen oft Differentialgleichungen dar. Ihre Lösung ist daher ein Kernproblem der praktischen Mathematik. Z. B. wird die Grundlage für die Dynamik gebildet durch Beziehungen zwischen Ortskoordinaten, deren ersten Ableitungen nach der Zeit, d. h. Geschwindigkeiten, und zweiten Ableitungen, d. h. Beschleunigungen, die zu den Kräften proportional sind; es liegen also Differentialgleichungen zweiter Ordnung vor. Man spricht von einer gewöhnlichen Differentialgleichung  $n$ -ter Ordnung, wenn nur eine unabhängige Veränderliche, etwa  $x$ , vorkommt und wenn Ableitungen der gesuchten Funktion  $y$  bis zum  $n$ -ten Grad auftreten; sie kann allgemein geschrieben werden

$$F(x, y, y', \dots, y^{(n)}) = 0,$$

indem  $F$  irgendeinen Ausdruck in den dahinter stehenden Größen bedeutet.

Zur Lösung solcher gewöhnlicher Differentialgleichungen gibt es — neben der auf Einzelfälle beschränkten formelmäßigen Behandlung, bei der insbesondere die eingehenden bekannten Daten formelmäßig, nicht nur graphisch oder numerisch faßbar sein müssen — eine Reihe brauchbarer zeichnerischer und zahlenmäßiger Näherungsverfahren. Alle kosten aber ziemlich viel Mühe und vermögen namentlich bei der öfter interessierenden Abänderung von Parametern in der Differentialgleichung einen Aufschluß nur bei großem Arbeitsaufwand zu geben. Es besteht deshalb ein starkes Bedürfnis nach maschinellen Lösungsverfahren. Frühere Vorschläge und Versuche haben meist nur gedanklichen oder Kuriositätswert. Wohl

<sup>5)</sup> Vgl. H. Schwerdt, Die Anwendung der Nomographie in der Mathematik, Tafeln 55 bis 73, Berlin, Julius Springer 1931.

<sup>6)</sup> ETZ 60 (1939) S. 1322.

das erste brauchbare Gerät für Sonderfälle rührt von U. Knorr her<sup>7)</sup>.

In großem Maßstab und mit reichsten Mitteln von Zehn- und Hunderttausenden von Dollar sind seit etwa 1927 durch V. Bush und seine Mitarbeiter am M. I. T. Maschinen für recht umfassende Typen von Differentialgleichungen — mit einem wenig günstigen Namen Differential Analyzers — entwickelt und mehrfach (z. B. in Belfast, in Manchester von D. R. Hartree zusammen mit der Metropolitan-Vickers Electrical Co. Ltd., in Oslo von S. Rosseland<sup>7a)</sup> zusammen mit der Firma Gundersen & Løken) nachgebaut worden. Dabei haben sich viele Einzelheiten nach Prinzip und Ausführung gewandelt; Erfindung und Gestaltung aber sind immer bewundernswert. Die vorgelegte Differentialgleichung wird aufgefaßt als Bindung zwischen der  $n$ -ten Ableitung  $y^{(n)} = z$ , den aufeinanderfolgenden Integralen davon und bekannten Funktionen von  $x$ . Diese Bindung wird gerätetäglich verwirklicht durch Kopplungen zwischen den verschiedenen Teilen der Maschine — Integrations-, Additions-, Multiplikationsmechanismen u. dergl. —, insbesondere durch eine Rückkopplung vom Ende nach dem Anfang. Diese Kopplungen bewirken, daß sich die Maschine nur so zu bewegen vermag, wie es die Differentialgleichung als Bindungsgesetz für das unbekannte  $z$  vorschreibt, und daß sie  $z$  (oder auch  $y$  als  $n$ -faches Integral davon) aufzeichnet.

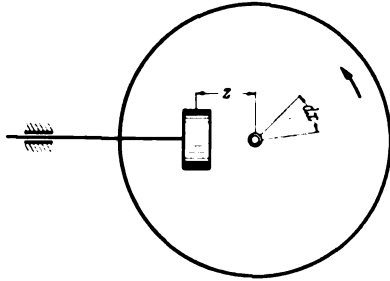


Bild 4. Gonellascher Integrationsmechanismus; radial verschiebbare Meßrolle auf Drehscheibe liefert  $\int z dx$ .

Die Integrationen werden mit dem von Gonella 1825 angegebenen Integrationsmechanismus durchgeführt (Bild 4): Eine waagerechte, um den Winkel  $dx$  gedrehte Kreisscheibe gibt einer auf ihr im Abstand  $z$  vom Mittelpunkt mit Achse in radialer Richtung laufenden Meßrolle eine Drehung proportional  $z dx$ . Die Meßrolle summiert solche Drehungen, wenn man den Abstand  $z$  ändert, zu  $\int z dx$ .

In der Differentialgleichung vorkommende Multiplikationen und Additionen werden mit den auch sonst üblichen Getrieben<sup>8)</sup>, insbesondere Zahnrad- und Differentialgetrieben, ausgeführt.

Bei einer der älteren Formen der Maschine war für das Integral  $\int z_1 z_2 dx$  über das Produkt zweier Funktionen  $z_1$  und  $z_2$  eine elektrische Einrichtung vorgesehen:  $z_1$  und  $z_2$  wurden als Kurvenordinaten unter zeitproportionaler Zunahme von  $x$  in Schleifkontaktverschiebungen zweier Spannungsteiler umgesetzt. Die beiden so erhaltenen Spannungen proportional  $z_1$  und  $z_2$  führte man der Spannung- und der Stromspule eines Gleichstrom-Motorzählers zu, der  $\int z_1 z_2 dx$  als elektrische Arbeit registrierte.

Eine gegebene Funktion wird dadurch in die Maschine eingeführt, daß man ihre Kurve mit einem Fahrstift nachfährt, der doppelt beweglich ist. Er wird von Hand — oder grob elektromotorisch, fein von Hand — in senkrechter Richtung auf einer Brücke verschoben, die in waagerechter Richtung mittels einer Schraubenspindel

über die Zeichenfläche gefahren wird. Bei seiner Verschiebung treibt er selbst eine weitere Schraubenspindel an, deren Drehung ein Maß für die gegebene Funktion ist. Umgekehrt wird auf diese Weise eine Ergebniskurve gezeichnet, indem eine von der Maschine herkommende senkrechte Schraubenspindel in waagerechter Richtung gleichmäßig über die Zeichenfläche läuft und einen Schreibstift gemäß der Ergebnisordinate auf und ab bewegt.

Die dargelegten verhältnismäßig einfachen Grundgedanken erfordern bis zum fertigen Gerät noch eine überaus große konstruktive und feinmechanische Durcharbeitung. Insbesondere muß das sehr kleine Drehmoment der Gonellaschen Meßrollen (vier bei der Maschine in Belfast, sechs bei einer neueren Maschine von Bush, acht in Manchester, zwölf in Oslo) zur Weiterleitung und Antreibung neuer Teile namhaft verstärkt werden. Das geschieht mechanisch ähnlich wie bei einer Umschlingungskupplung (Gangspill). Zwei hintereinander geschaltete solche Verstärker ergeben eine Drehmomentvergrößerung etwa im Verhältnis 1 : 10 000. Ferner sind Kompensations-einrichtungen für toten Gang, Verlangsamung der Maschinengeschwindigkeit für schwierige Kurvenstellen u. dergl. vorgesehen. Die Löcher für die vorkommenden Wellen sind im Maschinengestell auf etwa  $\frac{1}{1000}$  mm Genauigkeit gebohrt, die Wellen selbst auf  $\frac{1}{100}$  mm genau geschliffen. Auch bei den Drehscheiben, Meßrollen, Zahnradern usw. ist höchste Genauigkeit erreicht.

Für die benötigten Elemente und Kopplungen der Maschine hat V. Bush ein übersichtliches symbolisches Schema entworfen. Es gestattet, Aufbau, Schaltung und Wirkungsweise für eine bestimmte Differentialgleichung aufzuschreiben und danach die Maschine hinsichtlich Bereichen, Drehrichtungen usw. planmäßig zu ihrer Arbeit vorzubereiten, was einige Stunden bis zu einem Tage dauert. Die Maschine selbst erledigt dann ihre Aufgabe höchstens in einer Stunde, oft viel schneller, mit etwa 1 % Genauigkeit für Differentialgleichungen bis zur 6. Ordnung (in Manchester bis zur 8., in Oslo bis zur 12. Ordnung).

Über die reichen Anwendungsmöglichkeiten braucht nicht viel gesagt zu werden. Erwähnt seien nichtlineare Schwingungen (veränderliche Federzahl, temperatur- oder stromabhängiger ohmscher Widerstand, Spulen mit Eisenkern, schwankende Kapazität, Röhren mit beliebiger Kennlinie), ferner Einschalt-, Synchronisier- und Pendelungserscheinungen, Ballistik, Atomphysik, Potentialverlauf in Elektronenröhren mit Raumladung. Mit der Maschine in Manchester, die eine Sondereinrichtung für Abszissenverschiebung hat, sind Wanderwellen auf verzerrungsfreien Hochspannungsleitungen mit Blitzschutzvorrichtungen unter erstaunlicher Übereinstimmung der „theoretischen“ Behandlung mit der Maschine und dem Oszillogramm untersucht worden (Telegraphengleichung mit nichtlinearer Endschaltung).

Um die verhältnismäßig langwierige und umständliche Zusammenkoppelarbeit zu verkürzen, ist im M. I. T. mit Hilfe der Rockefeller Foundation eine neue Maschine für Differentialgleichungen bis 18. Ordnung, auch für Systeme von drei Differentialgleichungen sechster Ordnung, im Bau, die 2000 bis 3000 Verstärkerröhren enthalten und die Drehmomentvergrößerung dadurch erreichen soll, daß bei Bewegung einer Gonellaschen Meßrolle die Kapazität eines Kondensators abgeändert und damit eine an ihm liegende tonfrequente Wechselspannung moduliert wird. Die Zusammenkopplung besorgen Fernsprechwähler. Auch will man Kurven nicht von Hand nachfahren, sondern automatisch aus gestanzten Schablonen abnehmen. Ein Fernschreiber soll die Ergebnisse sogleich in Tabellenform drucken. Wenngleich diese neue Maschine einstweilen noch Zukunftsmusik ist, so sind doch schon die mit den bisherigen Ausführungen erzielten Ergebnisse bewundernswert genug. Differentialgleichungen scheinen auf diesem Wege ähnlich automatisch gelöst werden zu können, wie das gewöhnliche Rechnen durch eine Rechenmaschine erledigt wird.

#### 4. Anwendung von Lochkartenmaschinen für mathematische Zwecke

Bei den vielfach — so bei der Deutschen Reichsbahn — für Buchführungs- und statistische Arbeiten gebrauchten Lochkartenmaschinen nach dem Hollerith-System wer-

<sup>7)</sup> U. Knorr, Über einen Integrator zur mechanischen Integration einer sehr allgemeinen Gruppe von Differentialgleichungen, Diss. T. H. München 1921. — Apparat zur selbsttätigen Aufzeichnung des Fahrdiagramms, Elektr. Kraftbetr. u. Bahnen 12 (1914) S. 310. — Der Fahrdiagramm, ebenda 18 (1920) S. 53 u. 61. — Die Lösung von Differentialgleichungen auf mechanischem Wege mittels des Fahrdiagramms, ebenda 19 (1921) S. 273 u. 285. — Beitrag zur graphischen Behandlung von Erwärmungsproblemen, ETZ 43 (1922) S. 1032. — Die Ausführung technischer Integrationen auf mechanischem Wege mit einem neuen Integrator, ETZ 45 (1924) S. 869. — Der Fahrdiagramm, ETZ 48 (1927) S. 111. — Ermittlung der Fahrzeiten auf mechanischem Wege, Z. VDI 67 (1923) S. 957. — Der Fahrdiagramm, Org. Fortsch. Eisenbahnw., Neue Folge 61 (1924) S. 353. — DRP 286519 und 340239.

<sup>7a)</sup> Vgl. S. Rosseland, Mechanische Integration von Differentialgleichungen, Naturwiss. 27 (1939) S. 729.

<sup>8)</sup> A. Kuhlenskamp, Die Getriebe in Feuerleitgeräten, Z. VDI 78 (1934) S. 1189. — Reibradgetriebe als Steuer-, Meß- und Rechengetriebe, Z. VDI 83 (1939) S. 677.

den bekanntlich die Ausgangszahlen oder sonstigen Merkmale nach bestimmten Regeln durch Löcher wiedergegeben, die man in Karten einstanzt. Ordnen, Addieren, Multiplizieren geschieht dann dadurch, daß die Karten über leitende Unterlagen laufen und durch Bürsten abgetastet werden, die einen Stromkreis schließen, sobald sie ein Loch treffen. Durch hohe Laufgeschwindigkeit der Karten kann in kurzer Zeit ein ungeheurer Zahlenstoff verarbeitet werden. In Deutschland hat Th. Zech schon 1929 die Anwendung der Lochkartenmaschinen zur harmonischen Analyse vorgeschlagen und mit Erfolg ausprobiert<sup>9)</sup>. Neuerdings ist durch W. J. Eckert an der Columbia-Universität in New York ein Astronomical Hollerith-Computing Bureau eingerichtet worden. Es werden z. B. die sphärischen Koordinaten am Himmelsgewölbe in rechtwinklige Koordinaten photographischer Sternaufnahmen umgerechnet; bei Untersuchung der Mondbewegung multiplizieren die Hollerithmaschinen zwei trigonometrische Reihen mit je 500 Gliedern und zehnziffrigen Koeffizienten miteinander; die Differentialgleichungen der astronomischen Störungstheorie (Mehrkörperproblem: Planetenbewegung unter Berücksichtigung der gegenseitigen Anziehung) werden nach dem Differenzenverfahren, d. h. durch Ersatz von Ableitungen durch Differenzenquotienten bearbeitet usw. Die hier vorhandenen weiteren Möglichkeiten lassen sich noch nicht absehen; automatische Umschalteneinrichtungen der Maschinen von einer Rechenoperation zu einer anderen sind schon vorhanden.

### 5. Lichtelektrischer Integrator des M. I. T.

Schwärzt man eine durchsichtige Platte teilweise und läßt dann Licht nach einer Photozelle hindurchtreten, so ist die Wirkung proportional der hellgebliebenen Fläche. Man kann also lichtelektrisch Flächeninhalte bestimmen, anders gesagt: planimetrieren<sup>10)</sup>. In weiterer Entwicklung wird die Fläche zwischen einer Kurve  $y = f(x)$  und der  $x$ -Achse durchsichtig gelassen und mit einem schmalen senkrechten Lichtband für wachsende Werte von  $x$  abgetastet. Dann spricht die Photozelle nacheinander auf die Flächeninhalte schmaler Kurvenstreifen an. Hiermit kann eine Summation, also die Bildung des Integrals  $\int_a^x y dx$  bei

fester unterer Grenze  $a$  und veränderlicher oberer Grenze  $x$  verbunden werden. So ist ein lichtelektrischer Integrator gewonnen, der mit Zusatzeinrichtungen auch das Zeichnen der Integralkurve oder das Drucken einer Tabelle von Werten des Integrals für einzelne getrennte  $x$ -Werte gestattet. Setzt man dem Licht nacheinander zwei „Silhouetten“ der Kurven  $y = f(x)$  und  $y = g(x)$  in den Weg, so erhält man das Integral  $\int f(x) g(x) dx$  über das Produkt  $f(x) g(x)$ , weil von dem durch die erste Silhouette hindurchgegangenen Lichtbruchteil proportional  $f(x)$  nochmals ein Bruchteil proportional  $g(x)$  entnommen wird. Für  $g(x) = \cos nx$  oder  $\sin nx$  gehen G. v. Békésy<sup>11)</sup> und K. Stumpff<sup>12)</sup> zur Bestimmung der Fourier-

koeffizienten  $a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nx dx$  der Funktion  $f(x)$ ,

d. h. zur lichtelektrischen harmonischen Analyse etwas anders vor; auch P. Terebesi<sup>13)</sup> hat auf ähnliche Möglichkeiten und weitergehende zum Aufsuchen versteckter Periodizitäten hingewiesen. Im M. I. T. haben auf Anregung von Norbert Wiener hauptsächlich T. S. Gray, G. L. Brown und H. L. Hazen ein Gerät für zwei beliebige Funktionen  $f(x)$  und  $g(x)$  gebaut, die durch Silhouetten auf Kinofilm wiedergegeben werden. Wegen der Ähnlichkeit mit den Verhältnissen beim Tonfilm

<sup>9)</sup> Th. Zech, Harmonische Analyse mit Hilfe des Lochkartenverfahrens, Z. angew. Math. Mech. 9 (1929) S. 425.

<sup>10)</sup> S. Gradstein, A Simple Photo-Planimeter, Rev. sci. Instrum. 5 (1934) S. 311.

<sup>11)</sup> G. v. Békésy, Über die photoelektrische Fourier-Analyse eines gegebenen Kurvenzugs, Elektr. Nachr.-Techn. 14 (1937) S. 157. Dasselbe auch weitere Schriftumsangabe, ETZ 58 (1937) S. 1166.

<sup>12)</sup> K. Stumpff, Grundlagen und Methoden der Periodenforschung, Berlin, Julius Springer 1937.

<sup>13)</sup> P. Terebesi, Beiträge zur Analyse empirischer Vorgänge, Diss. T. H. Darmstadt 1933.

nennt man dort das Gerät Cinema Integrator. Zieht man den zweiten Film in entgegengesetztem Sinne wie den ersten durch das Lichtband, so werden die bei Einschwingvorgängen, Integralgleichungen, Laplace-Transformation, Heavisideschicht usw. wichtigen sog. Faltungsgintegrale

$\int_0^x f(\xi) g(x - \xi) d\xi$  zugänglich. Die Entwicklung des Ge-

räts hat, verglichen mit dem einfachen Grundgedanken, große konstruktive und experimentelle Schwierigkeiten hinsichtlich Einarbeitung negativer Kurventeile, Verstärkung und Regelung, Gleichförmigkeit der linearen Lichtquelle usw. gebracht. Durch mehrfache Ausführung und jahrelange Verbesserung ist man jetzt zu der erstrebten Genauigkeit von 1% gelangt, wobei einzelne Teile — z. B. Servomotoren zum Verstellen von Verdunkelungsscheiben — technisch-physikalische und feinmechanische Kunstwerke für sich darstellen. Wenn die Silhouetten auf den Filmen vorliegen, dauert die Integration mit Druck einer Ergebnistabelle nur einige Sekunden.

Durch die geschilderten Maschinen wird die Anwendbarkeit mathematischer Verfahren bei vielen Fragen gesteigert. Bisher „hoffnungslose“ Fälle zeigen sich der Behandlung zugänglich. Hoffentlich stehen auch in Deutschland ähnliche Geräte, deren Bedeutung von selbst einleuchtet, in nicht zu ferner Zeit zur Verfügung.

A. Walter, Darmstadt.

### Wahlrufgerät für drahtlose Fernsteuerung

DK 621.398 : 621.396

Die Aufgabe, aus mehreren Empfangsstellen eine auszuwählen und in dieser danach eine bestimmte Wirkung auszulösen (z. B. Fernsteuerung eines Kraftwerks, einer Sprengung usw.) ist mit den bekannten Mitteln der Wählertechnik ohne Schwierigkeiten und betriebssicher lösbar, sofern die Fernsteuerung über Leitungen übertragen wird<sup>1)</sup>. Soll eine solche Fernwirkung aber drahtlos erzielt werden, z. B. zur Einschaltung der Landungslichter eines Flugplatzes von einem Flugzeug aus, so ergeben sich wegen der atmosphärischen Einflüsse Unsicherheiten, wenn zur Steuerung wie in der Wählertechnik nur Reihen von gleichartigen, kurzen Stromstößen benutzt werden. Auch andere bekannte Verfahren befriedigen nicht voll, weil sie entweder zu viel Wartung erfordern oder gleichfalls atmosphärischen Einflüssen stark unterliegen. Das im folgenden skizzierte Verfahren<sup>2)</sup> will diese Mängel vermeiden. — Als Rufzeichen werden mehrere längere Stromstöße einstellbarer Dauer angewendet, zwischen denen beliebig lange Pausen liegen dürfen. Der erste Stromstoß dient als Vorzeichen. Er ist länger als alle folgenden und hat die Aufgabe, alle Wahlrufempfänger in Bereitschaftsstellung zu bringen. Die danach gegebenen Stromstöße (z. B. drei Stromstöße von 0,5 s, 1,0 s und 1,5 s Dauer) lösen in den Empfängern örtliche Stromstöße in der Länge des den einzelnen Empfängern eigentümlichen Rufzeichens aus. Hierauf bleibt nur der Wahlrufempfänger in Bereitschaft, dessen Eigenstromstöße mit den Rufstromstößen in der Länge übereinstimmen. Alle übrigen Empfänger kehren in die Ruhelage zurück. Die Länge der Stromstöße wird sowohl beim Sender als auch bei den Empfängern durch eine Röhrenanordnung bestimmt, bei der die gewünschte Dauer in einfachster Weise durch die Wahl der Zeitkonstante  $T = CR$  einer gleichstromgespeisten Kondensator-Widerstands-Anordnung eingestellt wird. — Für die Steuerung eines bestimmten Vorgangs kommt im ausgewählten Empfänger am Schluß des Rufzeichens eine Kippschwingschaltung in Bereitschaftsstellung. Bei jedem Stromstoß des nunmehr gesendeten Steuerzeichens spricht die Kippschaltung an und erzeugt Kippschwingungen von beispielsweise 1 Hz, solange wie jeder Steuerstromstoß dauert. Die Kippschwingungen stellen Wähler ein. Werden z. B. zwei Steuerstromstöße von 7 und 9 s Dauer gesendet, so machen zwei Wähler 7 bzw. 9 Schritte. Über diese Wähler wird ein bestimmtes Relais eingeschaltet, das die gewollte Wirkung auslöst. Zsch.

<sup>1)</sup> W. Venzke, ETZ 59 (1938) S. 1253 u. 1292.

<sup>2)</sup> G. Blaszyk, Z. Fernmeldetechn. 20 (1939) S. 27, 2 S., 2 B.

## AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT

### Der Trockengleichrichter und seine Anwendung

Von Otto Werner VDE, Kleinmachnow

DK 621.314.63

**Übersicht\*).** Die wichtigsten Anwendungsgebiete und Schaltungen für Trockengleichrichter werden beschrieben. Für Batterieladung unterscheidet man normale Aufladung, selbstregelnde Dauerladung ohne und mit Glättungsdrossel sowie Schaltungen mit Regel- oder Kippdrosseln unter Einhaltung enger Spannungsgrenzen. Regeldrosseln dienen auch zur Beherrschung von Regelaufgaben, wie sie z. B. beim Anlassen der Kathodenheizung von Senderöhren und zur Spannungsregelung bei Speisung galvanischer Bäder auftreten. Die Vorteile der Drehstromgrätzschaltung gegenüber der Einphasenschaltung werden zahlenmäßig angegeben.

Unter den Gleichrichtern nimmt der Trockengleichrichter eine besondere Stellung ein, da er einen sehr einfachen und widerstandsfähigen Aufbau<sup>1)</sup> besitzt und leistungsmäßig praktisch beliebig unterteilbar ist. Diese Eigenschaften erschlossen dem Trockengleichrichter zunächst das Gebiet der kleinen und kleinsten Leistungen, für die ein brauchbarer Gleichrichter überhaupt fehlte. Seine große Betriebssicherheit und seine keine Wartung beanspruchende Betriebsweise ermöglichten es, in Verbindung mit magnetisch geregelten Kreisen eine Gerätetechnik zu entwickeln, die bisher mit anderen Mitteln nicht erfüllbaren Ansprüchen genügt. Das Anwendungsgebiet des Trockengleichrichters nimmt dementsprechend einen immer größeren Umfang an und hat auch vor Einzelleistungen von 100 kW nicht haltgemacht.

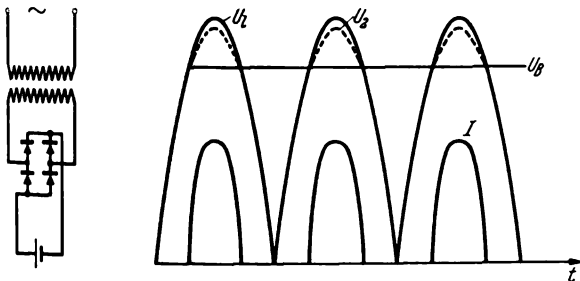
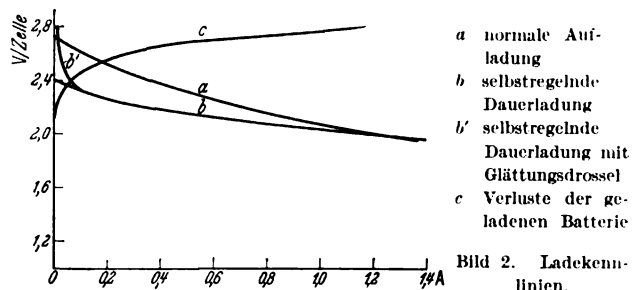


Bild 1. Einphasen-Schaltung, Batterieladung ohne Glättungsdrossel.

Das auch heute noch weitaus größte Anwendungsgebiet des Trockengleichrichters ist die Batterieladung. Es ist hierfür eine ganze Reihe von Schaltungen bekannt geworden, deren wichtigste im folgenden näher behandelt werden.

Beim Anschluß an Einphasenstrom hat sich die Einphasen-Grätz- oder -Brückenschaltung für die Gleichrichtersäulen praktisch allgemein durchgesetzt, da sie eine Vollweggleichrichtung bei kleinstem Aufwand ermöglicht. Die einfachste Schaltung bei Batterieladung ist in Bild 1 dargestellt<sup>2)</sup>. Die Netzspannung wird durch den Transformator auf eine entsprechende Wechselspannung übersetzt und dann dem Gleichrichter zugeführt. Für jede Halbwelle des Wechselstromes bietet der in vier Zweige unterteilte Gleichrichter dem Strom einen Weg über die Batterie, und zwar immer so, daß die Stromrichtung in der

Batterie stets dieselbe bleibt. Es ergibt sich also eine gleichgerichtete Wechselspannung  $U_L$ . Ein Ladestrom  $I$  kann nur fließen, wenn der Augenblickswert von  $U_L$  größer ist als die Batteriespannung  $U_B$ . Die gesamte Differenz zwischen  $U_L$  und  $U_B$  muß als Spannungsabfall auftreten. Dieser unterteilt sich in einen Abfall im Transformator entsprechend  $U_2$ , einen Abfall in den Gleich-



- a normale Aufladung
- b selbstregelnde Dauerladung
- b' selbstregelnde Dauerladung mit Glättungsdrossel
- c Verluste der geladenen Batterie

Bild 2. Ladekennlinien.

richtersäulen und einen Abfall in der Batterie. Der Ladestrom ist in seiner Größe also abhängig von der Größe dieser Differenzspannung. Er fließt nur während eines Teiles jeder Halbwelle. Sein Effektivwert beträgt etwa das 1,6fache des Mittelwertes und sein Scheitelwert etwa das 3fache. Steigt die Batteriespannung im Laufe der Ladung an, so wird die Differenzspannung zwischen  $U_L$  und  $U_B$  kleiner, was zur Folge hat, daß auch der Ladestrom kleiner wird. Der Ladestrom ist erst 0, wenn die Batteriespannung annähernd den Scheitelwert von  $U_L$  erreicht hat. Bei diesem Vorgang ist sehr wesentlich, daß der Trockengleichrichter einen stromabhängigen Spannungsabfall besitzt.

Man kommt daher beim Trockengleichrichter ohne Zuhilfenahme von Zusatzwiderständen auf Kennlinien, wie sie für die normale Aufladung günstig sind (Bild 2).

Bei der Dauerladung ist eine solche Kennlinie ungünstig, wenn längere Zeit nur ein geringer oder gar kein Verbrauch vorhanden ist. Der vom Gleichrichter gelieferte Strom dient dann nur zur Aufladung der Batterie, so daß Zellenspannungen erreicht werden, bei denen die Batterie stark gast. Für solche Verhältnisse ist es zweckmäßiger, mit Kennlinien zu arbeiten, wie sie Geräte für „selbstregelnde Dauerladung“ besitzen (Bild 2). Durch geeignete Bemessung von Gleichrichtersäulen und Transformator wird hierbei der innere Spannungsabfall so weit herabgesetzt, daß größere Ladespannungen als etwa 2,4 V/Zelle nicht auftreten können.

Der im Ladestrom enthaltene Wechselstrom und die durch ihn bedingte Wechselspannung an der Batterie lassen sich durch die Einfügung einer Glättungsdrossel beliebig verkleinern (Bild 3).

Nehmen wir eine unendlich große Glättungsdrossel an, so ist der Ladestrom ein reiner Gleichstrom. In den ohmschen Widerständen der Gesamtanordnung muß daher in jedem Augenblick derselbe Spannungsabfall auftreten, so daß sich eine Vollastspannung entsprechend  $U_3$  ergibt. Die Spannungen  $U_3$ ,  $U_B$  und die Spannung

\* Vortrag, gehalten am 14. 12. 1938 vor den Jungingenieuren des VDE, Bezirk Berlin.

<sup>1)</sup> Siehe E. Siebert, ETZ 60 (1939) S. 1427.

<sup>2)</sup> Karl Maler, ETZ 59 (1938) S. 936.

an der Drossel sind entgegengesetzt gerichtet, ihre Summe muß gleich 0 sein, so daß an der Drossel die Differenz zwischen der Spannung  $U_s$  und der Batteriespannung auftritt. In der Drossel wird also eine Wechselspannung erzeugt, die der Oberwellenspannung der gleichgerichteten Wechselspannung entspricht. Der Übersichtlichkeit wegen wurde der gesamte ohmsche Spannungsabfall als vor der Drossel vorhanden angenommen. Man wird daher als  $U_s$  eine Spannung messen, die um den ohmschen Abfall der Drossel und der Batterie größer ist.

Je nach der Bemessung der Glättungsdrossel kann diese die volle Oberwellenspannung erst von einem mehr oder weniger großen Ladestrom an liefern. Bei kleineren Ladeströmen ist die Ladespannung dann nicht mehr durch den Mittelwert der gleichgerichteten Wechselspannung gegeben, sondern erreicht höhere Werte. Sie nähert sich im Leerlauf wie bei der Ladung ohne Glättungsdrossel dem Scheitelwert der zugeführten Wechselspannung.

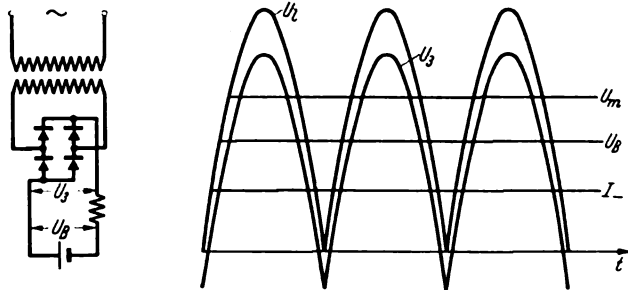


Bild 3. Einphasen-Schaltung, Batterieladung mit Glättungsdrossel.

Dieser Spannungsanstieg bei sehr kleinen Ladeströmen ist bei Dauerladung ohne Bedeutung, wenn der Selbstverbrauch der Batterie einen Rückgang auf so kleine Ladeströme unmöglich macht (Bild 2).

Der Effektivwert des Ladestromes beträgt beim Einphasengleichrichter mit Glättungsdrossel das 1- bis 1,1fache des Mittelwertes. Für die Beanspruchung der Gleichrichterscheiben ist außerdem zu beachten, daß bei der Ladung mit Drossel eine höhere Wechselspannung notwendig ist als bei der Ladung ohne Glättungsdrossel.

Die selbstregelnde Dauerladung mit oder ohne Glättungsdrossel erfüllt alle Forderungen, die mit Rücksicht auf die Batterie und einen wartungslosen Betrieb gestellt werden können. Wie aus den Kennlinien (Bild 2) hervorgeht, können bei konstanter Netzspannung und veränderlicher Belastung Spannungsschwankungen bis etwa  $\pm 10\%$  auftreten. Verlangen die Verbraucher eine größere Konstanz der Spannung, so müssen Zusatzeinrichtungen verwendet werden, die die Spannungsschwankungen auf das jeweils zulässige Maß verkleinern. Abgesehen von Einrichtungen mit Relais kommen hierfür vor allem Schaltungen mit Kipp- oder Regeldrosseln in Frage, die bei einem Höchstmaß an Betriebssicherheit und Lebensdauer ohne die Verwendung von Kontakten die Spannung selbsttätig auf  $\pm 1$  bis  $\pm 5\%$  konstant halten (Bild 4). Dem Gleichrichtertransformator ist eine Drossel vorgeschaltet, die in ihrer einen Wicklung vom Transformatorstrom durchflossen wird und in der anderen Wicklung vom Ladestrom, der über die Glättungsdrossel zur Batterie fließt, die Wirkungsweise beruht vor allem auf der Tatsache, daß die Induktivität einer Drosselspule durch Vormagnetisierung mit Gleichstrom in weiten Grenzen nach unten geregelt werden kann<sup>3)</sup>. Die Regeldrossel führt im Leerlauf nur den Leerlaufstrom von Transformator und Gleichrichtersäulen. Sie besitzt daher eine große Induktivität und verursacht einen hohen Spannungsabfall. Bei Vollast wird ihre Induktivität durch die Vormagnetisierung mit dem

Ladestrom stark herabgesetzt. Der größere Transformatorstrom kann daher nicht einen verhältnismäßig größeren Spannungsabfall erzeugen als bei Leerlauf.

Da im Leerlauf vor allem der Magnetisierungsstrom des Transformators maßgebend ist, der einen Spannungsabfall in der Drossel in Phase mit der Transformatorspannung  $U_T$  erzeugt und bei Vollast der Blindstrom gegenüber dem Wirkstrom zurücktritt, so daß in der Hauptsache ein Spannungsabfall senkrecht zur Transformatorspannung entsteht, tritt eine Drehung der Phasenlage ein (Bild 4). Die Spannung am Transformator steigt daher von Leerlauf auf Vollast (Bild 5), wie es die Kennlinie a angibt.

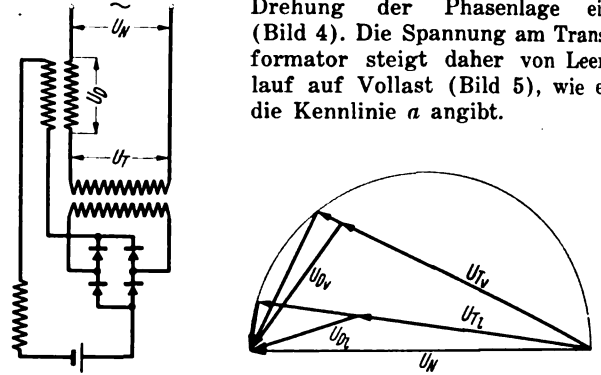
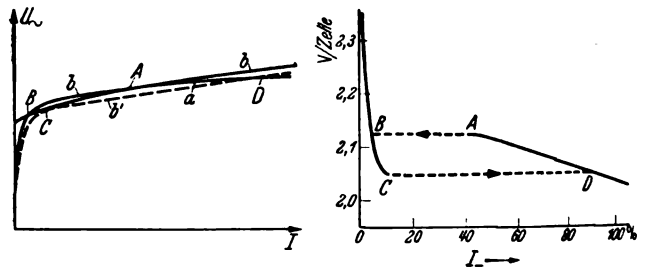


Bild 4. Batterieladung mit Regeldrossel. Schaltung und Vektordiagramm.

Tragen wir uns in dasselbe Bild die Wechselspannung ein, die ein Gleichrichter für konstante Gleichspannung bei der Ladung mit Glättungsdrossel benötigt (Linie b), so erkennen wir, daß die Kennlinien a und b zwei Punkte gemeinsam haben, d. h. daß zwei Betriebspunkte möglich sind. Nehmen wir z. B. an, der Gleichrichter arbeitet im Punkte A, so genügt ein geringer Anstieg der Batteriespannung und der hiervon abgeleiteten Kennlinie b, um diese Kennlinie bei A von der Kennlinie a abzulösen. Es



a Wechselspannung an den Säulen b für konstante Gleichspannung erforderliche Wechselspannung

Bild 5. Regelladung. Kennlinien.

bleibt dann nur noch der Schnittpunkt B bestehen, d. h. der Ladestrom muß plötzlich von einem Stromwert entsprechend A auf einen Stromwert entsprechend B absinken. Sinkt die Batteriespannung infolge ihres Selbstverbrauchs und einer evtl. vorhandenen Belastung, so nimmt der Ladestrom von einem Wert entsprechend B auf einen Wert entsprechend C zu. Ein weiteres Absinken der Batteriespannung bewirkt eine Ablösung der Kennlinie b' von der Kennlinie a im Punkte C. Es ist dann nur noch der Schnittpunkt D vorhanden. Der Strom muß also plötzlich von einem Wert entsprechend C auf einen Wert entsprechend D ansteigen. Trotz der Einhaltung enger Spannungsgrenzen erreicht man durch diese Schaltung auch bei kleinem Stromverbrauch ein kräftiges Wiederaufladen mit großer Stromstärke, so daß auch die tieferen Schichten der Sammlerplatten auf vollem Ladezustand erhalten bleiben.

Ähnliche Wirkungen, wie mit der gleichstromvormagnetisierten Regeldrossel, sind auch mit einer Parallel-

<sup>3)</sup> G. Hauffe, Gleichstrom vormagnetisierte Drosselspulen, ETZ 58 (1937) S. 937 u. 989.

schaltung von gesättigter Drossel und Kondensator<sup>4)</sup> und ferner mit einer Reihenschaltung von Drossel und Kondensator zu erreichen.

Da alle diese Regelungen stromabhängig arbeiten, ergeben Schwankungen der zugeführten Wechselspannung zusätzliche Abweichungen der Gleichspannung. Um diese auch bei stark schwankender Netzspannung klein zu halten, wird mit Vorteil der magnetische Spannungsgleichhalter verwendet. Er arbeitet mit Drosseln und Kondensator und ist noch für Spannungsschwankungen von  $\pm 50\%$  ausführbar, wobei sich Abweichungen der Ausgangsspannung von nur  $\pm 1\%$  bis  $\pm 2\%$  erreichen lassen.

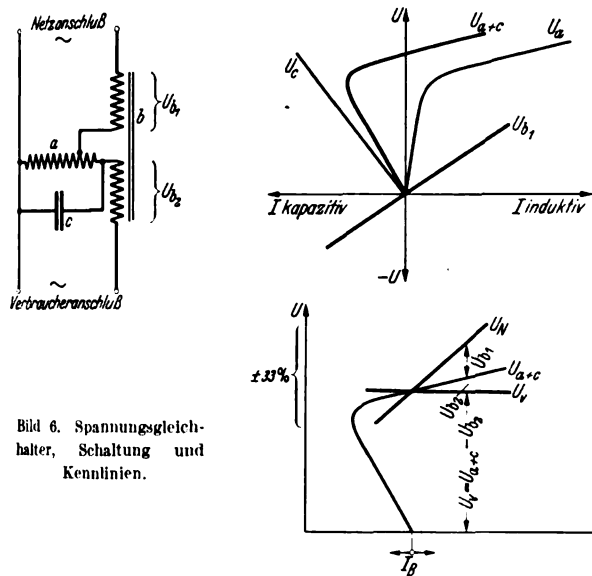


Bild 6. Spannungsgleichhalter, Schaltung und Kennlinien.

Seine Wirkungsweise ergibt sich aus der mit abweichender Spannung stark veränderlichen, aber mit der Spannung annähernd verhältnismäßig anwachsenden Stromaufnahme einer gesättigten Drossel (Bild 6). In der vorgeschalteten Luftspaltdrossel wird ein dieser Stromaufnahme verhältnismäßiger Spannungsabfall erzeugt, so daß an der gesättigten Drossel nur noch geringe Spannungsschwankungen auftreten. Durch Hinzufügen einer Zusatzspannung, die sich im selben Verhältnis wie der Spannungsabfall in der Luftspaltdrossel und damit auch wie die Stromaufnahme und die Spannung an der gesättigten Drossel ändert, wird eine konstante Ausgangsspannung erzielt. Wie aus den Kennlinien in Bild 6 hervorgeht, ist die schwankende Netzspannung gleich der Summe von  $U_{a+c}$  und  $U_b$ , und die konstante Verbraucherspannung die Differenz zwischen  $U_{a+c}$  und  $U_b$ . Diese algebraische Addition hat nur für den Leerlauf Gültigkeit. Bei ohmscher Belastung entsteht in der Luftspaltdrossel ein zusätzlicher Spannungsabfall, der senkrecht zum Leerlaufabfall steht. Der Gesamtabfall in der Luftspaltdrossel bildet dann mit der Spannung  $U_{a+c}$  einen stumpfen Winkel.

Durch den Einsatz derart geregelter Gleichrichtergeräte für annähernd konstante Ausgangsspannung schrumpft die Aufgabe der Batterie auf die Bereitstellung einer Momentanreserve bei Netzausfall und gegebenenfalls auf eine zusätzliche Glättung der Verbraucherspannung zusammen. Während früher zwei Batterien erforderlich waren, die wechselweise geladen und entladen wurden, ist heute nur noch eine Batterie wesentlich kleinerer Kapazität notwendig.

Die große Betriebssicherheit unserer Wechselstromnetze, in denen nur selten und kurzzeitig Unterbrechungen

der Stromlieferung vorkommen, evtl. in Verbindung mit Notstromdieselsätzen, erlauben es in vielen Fällen, auf eine Reserve durch eine Batterie überhaupt zu verzichten. Man kommt dann zur unmittelbaren Versorgung über Gleichrichter, die eine immer größere Bedeutung erlangt.

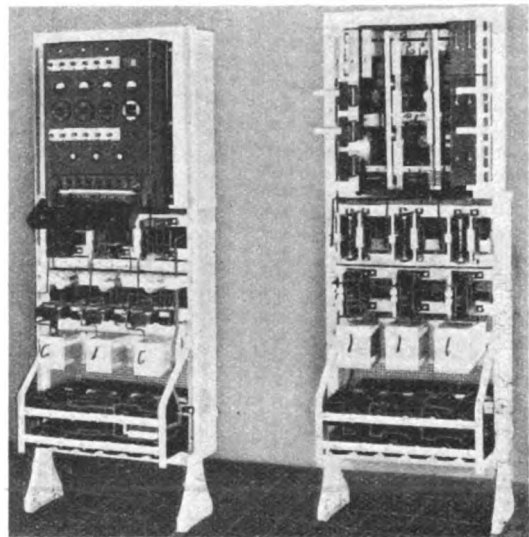
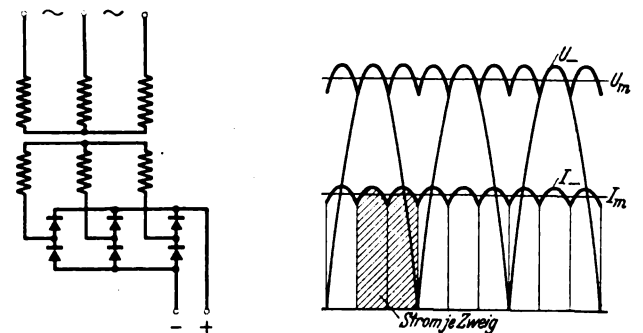


Bild 7. Trockengleichrichter zur Speisung von Fernschreibmaschinen für 3 · 60 V, 3,5 A mit Netz- und Lastregelung.

Als Beispiel einer solchen Stromversorgung zeigt Bild 7 ein Trockengleichrichtergerät für die Speisung von Fernschreibmaschinen. Das Gerät enthält drei Gleichrichter für je 60 V, 3,5 A und besitzt Spannungsgleichhalter zum Anschluß an 100 bis 140 V und 200 bis 250 V Netzspannung. Der mit der Last veränderliche Spannungs-



$U$  — Augenblickswerte der gleichgerichteten Spannung  
 $U_m$  — Mittelwert der gleichgerichteten Spannung  
 $I$  — Augenblickswerte des Gleichstromes  
 $I_m$  — Mittelwert des Gleichstromes

Bild 8. Drehstrom-Schaltung.

abfall innerhalb des Gerätes wird durch einen Lastausgleich, bestehend aus einer Reihenschaltung von Drossel und Kondensator<sup>5)</sup>, ausgeregelt. Die größten Änderungen der Ausgangsspannung betragen bei Netzspannungen in den genannten Grenzen und bei Lastschwankungen zwischen 0,5 und 3,5 A weniger als  $\pm 1,5\%$ . Die in der Gleichspannung enthaltene Wechselspannung wird durch einen Siebkreis auf weniger als 5% herabgesetzt.

Bei größeren Leistungen werden für die Trockengleichrichter mit Vorteil Drehstromschaltungen angewendet. Unter diesen benötigt die Drehstrom-Graetz-Schaltung (Bild 8) den kleinsten Aufwand. Sie wird daher auch, abgesehen von Sonderfällen, allgemein bevorzugt.

<sup>4)</sup> H. Böhm, ETZ 54 (1933) S. 1037.

<sup>5)</sup> F. Harres, ETZ 60 (1939) S. 880.

Entsprechend der um 50 % größeren Scheibenzahl gegenüber der Einphasen-Graetz-Schaltung ist es üblich, bei der Drehstrom-Graetz-Schaltung auch einen um 50 % größeren Strom zuzulassen. Vergleicht man bei beiden Schaltungen bei Batterieladung ohne Glättungs-drossel die hierbei auftretenden Effektivströme je Zweig, so ergibt sich folgendes Bild:

- a) bei Einphasen-Schaltung  $I_{\text{eff}} = \frac{1 \cdot 1,6}{\sqrt{2}} = 1,14$
- b) bei Drehstrom-Schaltung  $I_{\text{eff}} = \frac{1,5 \cdot 1}{\sqrt{3}} = 0,87.$

Bei der Drehstrom-Graetz-Schaltung beträgt also der Strom je Zweig nur das  $0,87/1,14 = 0,76$ fache von dem bei Einphasen-Graetz-Schaltung. Diese kleinere Strombeanspruchung ergibt eine größere Sicherheit und kleinere Verluste, ganz abgesehen davon, daß der Wirkungsgrad bei der Drehstrom-Graetz-Schaltung wegen der kleineren Formfaktoren von Gleichstrom und Gleichspannung so wieso besser ist.

Einen weiteren Vorteil bietet die Drehstrom-Graetz-Schaltung durch die kleinere Welligkeit der Gleichspannung, die ohne Glättungsmittel nur etwa 5 % beträgt.

Diese Eigenschaften sind dann von großem Wert, wenn es sich, wie z. B. bei der Gleichstromversorgung von Sendeanlagen, darum handelt, größere Leistungen mit einer Welligkeit von z. T. weniger als 1‰ bereitzustellen.

Bei der Stromversorgung für die Kathodenheizung von Senderöhren, wofür Leistungen von 18 bis 22 V bei 50 bis 1000 A benötigt werden, ist es dabei von Vorteil, daß jede Röhre ohne nennenswerte Vergrößerung der Stellfläche und des Anschaffungspreises ihren eigenen Gleichrichter erhalten kann. Der Gleichrichter wird zweckmäßig unmittelbar unterhalb der Röhre aufgestellt, so daß eine besondere Maschinenhalle entfällt und große Ersparnisse an Leitungsmaterial erzielt werden. Außerdem ermöglicht diese Aufteilung, dem Trockengleichrichter eine Aufgabe zu übertragen, die bisher nur unvollkommen gelöst wurde: das Anlassen der Röhre.

Der Heizleiter in der Röhre hat, wie der Faden einer Glühlampe, im kalten Zustand nur einen sehr kleinen Widerstand, so daß beim Zuschalten auf volle Spannung sehr große Überströme entstehen würden, denen die Röhren nicht gewachsen sind. Es ist daher notwendig, die Spannung langsam hochzuregeln. Ein selbsttätiges Anlassen erreicht man durch die Vorschaltung von Regeldrosseln, deren Vormagnetisierung durch die Gleichspannung des Gerätes bewirkt wird. Der Widerstand der Regeldrossel ändert sich bei entsprechender Bemessung etwa im umgekehrten Verhältnis wie der Widerstand des

Heizleiters, so daß der Strom nicht über den Nennstrom ansteigt.

Bei der Speisung von galvanischen Anlagen durch Trockengleichrichter (Bild 9) ist es ebenfalls zweckmäßig, für jedes Bad einen eigenen Trockengleichrichter aufzustellen. Lange Leitungen und große Verluste in Badstromreglern können dadurch vermieden werden, so daß in Verbindung mit dem besseren Wirkungsgrad der Trockengleichrichter den Motorgeneratoren für kleinere Spannungen überlegen ist. Seine Anwendung erstreckte sich bereits bis auf Stromstärken von 30 000 A für einen Stromkreis.

Es gibt viele Anwendungen für die Trockengleichrichter, bei denen er nach außen kaum noch in Erscheinung tritt, wo er wie ein ohmscher Widerstand schon zu den normalen Bausteinen einer Schaltung gehört. Selbst

die Quecksilberdampfgleichrichter sind ohne Trockengleichrichter kaum noch denkbar. Sie müssen die Hilfspennungen für Zündung, Erregung und Gittersteuerung liefern und bekommen außerdem Aufgaben als reine Sperrventile. Für die Steuerung in Wechselstromkreisen bieten sie infolge ihres richtungabhängigen Widerstandes die Möglichkeit, eine Leitung für mehrere Befehle auszunutzen und billige Gleichstromrelais zu verwenden. Selbst im

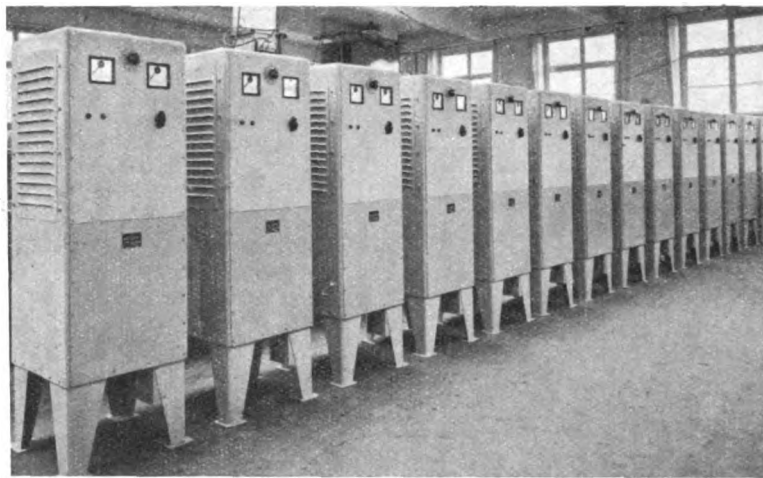


Bild 9. Trockengleichrichter je 200 A, 8 bis 2 V stufenlos und verlustlos regelbar für Elektrolysen.

Werkzeugmaschinenbau hat der Trockengleichrichter eine Bedeutung erlangt. Er wird hier zur Bremsung der Drehstrom-Antriebsmotoren verwendet und ermöglicht es, von mechanischen Bremsen freizukommen. Die Ständerwicklung des Motors wird nach dem Abschalten vom Netz mit Gleichstrom erregt, wodurch der Läufer ein Gegenfeld erzeugt, das den Motor zum Stillstand bringt. Eine Umkehr der Drehrichtung ist dabei ausgeschlossen.

#### Zusammenfassung

Der Trockengleichrichter hat eine umfangreiche und vielseitige Verwendung gefunden. Neben der Ladung von Batterien gewinnt die unmittelbare Speisung über Trockengleichrichter durch die Anwendung der magnetischen Selbstregelung eine immer größere Bedeutung. Da die Physik des Gleichrichtervorganges noch wenig erforscht ist, und die Herstellung der Gleichrichterscheiben sich in der Hauptsache auf Erfahrungen aufbaut, ist anzunehmen, daß seine heutige Form noch nicht die optimale Lösung darstellt. Es ist vielmehr zu erwarten, daß seine Eigenschaften im Laufe der Zeit noch wesentlich verbessert werden, daß es gelingt, die Verluste und den Aufwand zu verkleinern und daß er als idealste Form eines Gleichrichters auch leistungsmäßig eine beachtliche Stellung in der Technik einnehmen wird.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.229 : 546.621

**Aluminium als Baustoff für Kabelmäntel.** [Nach F. Hanff, G. Hosse, W. Deisinger, Siemens-Z. 19 (1939) S. 357; 12 S., 15 B.]

Den Vorteilen der Bleikabelmäntel, die in Deutschland nach einer Anregung von Werner v. Siemens im Jahre 1882 erstmalig nahtlos gepreßt wurden und sich in der späteren Entwicklung restlos durchgesetzt haben, stehen einige Nachteile, nämlich das hohe Gewicht, die verhältnismäßig geringe Festigkeit und die Rekristallisationsneigung des Bleies, gegenüber. Aus der Absicht heraus, sie zu beseitigen, entstand vor einigen Jahren der Gedanke, Kabelmäntel aus Aluminium herzustellen. Bei den Vorversuchen wurden verschiedene Herstellungsmöglichkeiten erwogen, und zwar die Aufbringung und Verschweißung von Bändern über der Kabelseele und die nahtlose Umprägung. Die Verschweißung wendelförmig aufgespannener Bänder bereitete Schwierigkeiten. Dagegen gelang es, aus Reinaluminiumband geformte Rohre in ihrer Längsnaht durch gittergesteuerte Widerstandsschweißung fest und dicht zu verschließen. Die Schweißnaht wurde nachträglich befräst und weiterbearbeitet und das geschweißte Rohr durch Ziehen zum Anliegen auf der Kabelseele gebracht. Durch Querrillung<sup>1)</sup> ist die Biegefestigkeit des längsgeschweißten

Zum Schutz der Kabelseele gegen die Einwirkung der hohen Preßtemperaturen werden verschiedene Maßnahmen vorgeschlagen<sup>1)</sup>.

Die erzielten Festigkeitswerte liegen wesentlich günstiger als bei Blei, die Biegezahlen der ummantelten Kabel etwa in der gleichen Größenordnung wie bei Bleikabeln. Die Bindung der Preßnähte gelang einwandfrei. Auch bei Innendruckversuchen wurden die erwarteten hohen Festigkeiten ermittelt. Bei Korrosionsangriff ist das Verhalten von Reinaluminium unterschiedlich je nach Art der einwirkenden Agenzien, im Vergleich zu Bleimänteln jedoch durchaus befriedigend. Dabei wurde eine große Überlegenheit des Reinstaluminiums gegenüber Reinaluminium festgestellt.

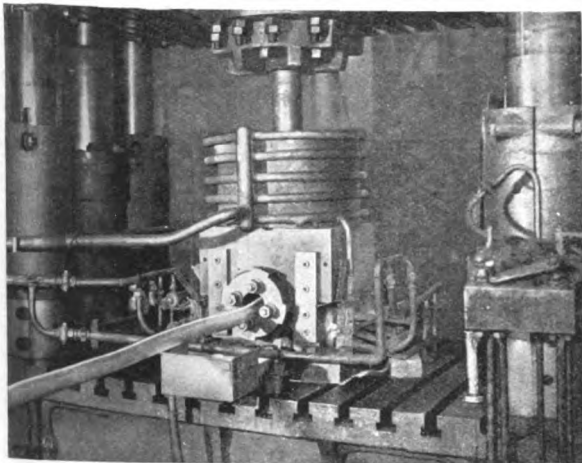


Bild 1. 2000 t-Viersäulenpresse zur Aluminiumummantelung nach dem Bleipreßverfahren.

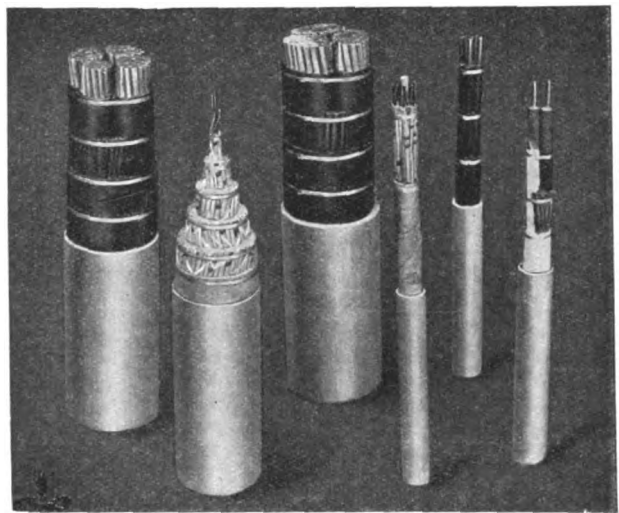


Bild 2. Muster von ausgeführten Starkstrom- und Fernmeldekabeln mit Aluminiummänteln.

Die durch den Einsatz von Aluminium an Stelle von Blei für Kabelmäntel erzielbaren konstruktiven Vorteile sind beträchtlich. In einigen Typenvergleichen von Fernmelde- und Starkstromkabeln mit Blei- und Aluminiummänteln werden bei bewehrten Kabeln Gewichtsersparnisse bis zu 40%, bei blanken Kabeln bis zu 60% des Kabelgewichtes als möglich bezeichnet, was sich bei der Beförderung und der Auslegung der Kabel ebenso wie die Erhöhung der Kabelzugfestigkeit günstig auswirkt. Besondere Vorteile sind bei Seekabeln und Ölkabeln erzielbar, deren Mäntel im Betriebe hohen Außen- bzw. Innendruckbeanspruchungen ausgesetzt sind.

Die Anpassung der Verbindungs- und Abschlußgarnituren an die veränderten Montagebedingungen der Aluminiumkabelmäntel wird nach den bisherigen Erfahrungen ohne Schwierigkeiten möglich sein.

Für die wirtschaftliche Anwendung des Umprägungsverfahrens ist es notwendig, die Betriebsmittel sowohl in konstruktiver Hinsicht als auch in bezug auf die zur Verwendung gelangenden Pressenwerkstoffe weiterzuentwickeln. Diese Entwicklung wird vorerst sowohl an den stehenden als auch an den liegenden Pressen weiterverfolgt. Es ist ferner daran gedacht, die noch neuartigen, nach dem Vorschlag von Pirelli ununterbrochen arbeitenden Umprägungsmaschinen für Aluminium zu erproben. Für die geschilderte Entwicklung hat in den letzten Jahren der Vierjahresplan insofern einen starken Anreiz gegeben, als hier ein weiterer Weg freigemacht werden konnte, die bedeutende Einfuhr eines stark devisaunbelasteten Werkstoffes — Blei — künftig einzuschränken und an seiner Stelle einen heimischen Werkstoff — Aluminium — zu verwenden. Es wird aber ausdrücklich festgestellt, daß die erzielten konstruktiven Vorteile von größter Bedeutung sind und daß demzufolge der Einsatz von Aluminiummänteln als ein Fortschritt der Kabeltechnik anzusehen ist. Bor.

Mantels verringert worden. Reinstaluminium (99,99%), das im Jahre 1936 erstmalig in technisch verwertbaren Mengen zur Verfügung stand, wurde mit Erfolg in die Arbeiten einbezogen. Alle Schweißverfahren boten jedoch trotz der erzielten Fortschritte keine technisch und wirtschaftlich voll befriedigende Grundlage für die betriebsmäßige Herstellung von Aluminiumkabelmänteln. Daraufhin wurde die Möglichkeit untersucht, Aluminiummäntel durch Umprägung der Kabelseele herzustellen. Zu diesem Zwecke wurden eine liegende Strangpresse, eine stehende Viersäulenpresse und eine stehende Bleipresse der bekannten Bauart mit entsprechenden Sonderwerkzeugen ausgerüstet. Die Aufnehmer der Pressen wurden sowohl mit vorgewärmten Blöcken als auch mit flüssigem Werkstoff beschickt. Nach Ermittlung der günstigsten Verhältnisse für Preßtemperatur, -druck und -geschwindigkeit und umfangreichen Vorversuchen gelang die einwandfreie Umprägung größerer Kabellängen sowohl mit Reinstaluminium als auch mit Reinaluminium, wobei sich Reinstaluminium durch seine leichtere Verarbeitbarkeit auszeichnete. Bild 1 zeigt die zur Kabelumprägung hergerichtete 2000 t-Viersäulenpresse. Mehr als 10 km Fernmelde- und Starkstromkabel verschiedener Typen wurden mit Aluminium ummantelt. Bild 2 zeigt einige Muster.

<sup>1)</sup> DRP 614 315.

<sup>1)</sup> DRP 611 037 und DRP 614 455.



DK 621.315.684

**Einfache Verbinder für Aluminium-Kupferleiter.**

Beim Bau von Freileitungsanlagen für Mittel- oder Niederspannung müssen oft Verbindungen zwischen Aluminium- und Kupferleitern, insbesondere Abzweigungen, ausgeführt werden. Da im Freien Feuchtigkeit zutreten kann und an der Berührungsstelle der beiden Metalle Korrosionsgefahr besteht, sind besondere korrosionsfreie Verbindungsklemmen entwickelt worden, die aber recht teuer sind. Um diesem Nachteil abzuhelfen, hatte das Bureau International des Applications de l'Aluminium, Paris, einen beschränkten Wettbewerb zu dem Zwecke ausgeschrieben, geeignete Vorschläge für die Ausführung von Kupfer-Aluminiumverbindern zu erhalten, die technisch gut und im Preise so niedrig sind, daß sie die Anwendung von Aluminiumleitern praktisch nicht erschweren. Das Preisgericht prüfte die eingegangenen 25 Vorschläge, wonach der erste Preis dem Vorschlag von M. Preiswerk (Schweiz), der zweite Preis F. Wirschitz (Deutschland) zugesprochen wurde. Im nachfolgenden werden diese beiden Vorschläge beschrieben.

**Cu/Al-Verbinder nach Preiswerk.** Die Lösung der Aufgabe besteht darin, das Ende des Kupferdrahtes oder Seiles in ein dünnwandiges, weiches Aluminiumröhrchen einzuführen und dann das so vorbereitete Ende mit dem Aluminiumleiter zu verbinden, als ob dieses aus Aluminium besteht. Als Verbindung kann irgendeine für Aluminium/Aluminium übliche Verbindungsklemme verwendet werden. Bild 3 stellt

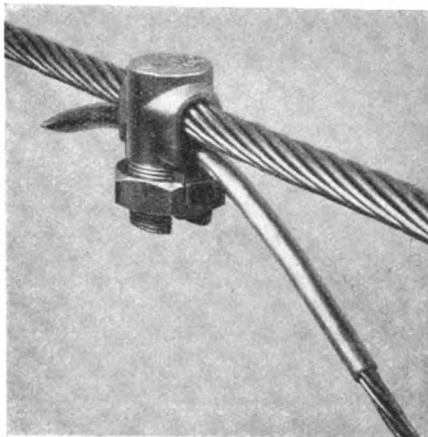
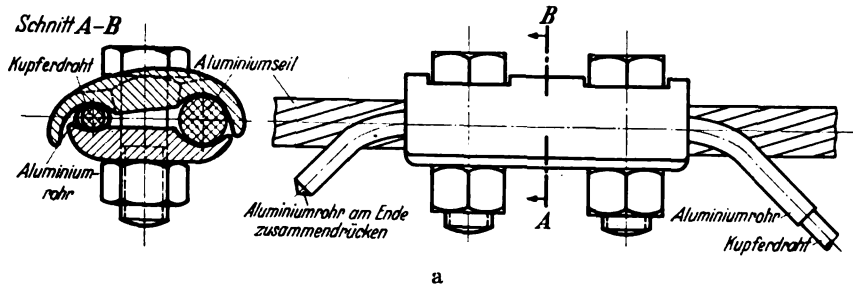


Bild 3 a u. b. Cu/Al-Verbinder mit Aluminiumröhrchen über dem Kupferleiter und normale Abzweigklemme nach Preiswerk.

die Ausführung mit normaler Abzweigklemme dar. Das Aluminiumröhrchen wird vorteilhaft aus Werkstoff von mindestens 99,5 % Al oder aus Raffinal hergestellt, damit es möglichst weich ist, eine gute Leitfähigkeit und große Korrosionsbeständigkeit aufweist. Mit vier verschiedenen weiten Röhrchen lassen sich alle gebräuchlichen Cu/Al-Verbindungen herstellen, wobei das Spiel zwischen Kupferleitung und dem Röhrchen 1 bis 2,5 mm und dessen Wandstärke 0,4 bis 0,8 mm je nach dem Leiterdurchmesser beträgt. Seine Länge ist 100 bis 250 mm. Das Fetten des Kupferleiters oder das Füllen des Röhrchens mit säurefreier Vaseline vor dem Zusammenfügen ist zu empfehlen. Das freie Ende des Röhrchens soll durch Umbiegen geschlossen werden; beim Einbau ist darauf zu achten, daß seine Enden nach unten stehen, damit kein Wasser eintreten kann. Auf diese Weise kann nur am Ende des Röhrchens beim Austritt des Kupferleiters Korrosion entstehen, und es würde Jahrzehnte dauern, bis diese an die Verbindungsstelle fortgeschritten ist.

Der Gedanke, die Korrosionsstelle weit von der Verbindungsstelle fernzuhalten, ist grundlegend für die Lösung nach Preiswerk.

Ein Korrosionsversuch in salzhaltigem Nebel, der an einer nach dieser Bauart hergestellten Verbindung unter Verwendung einer Klemme mit parallelen Rillen aus Aluminium ausgeführt wurde, bewies die gute Bewährung dieser Konstruktion unter schwierigen Bedingungen. Die Meßergebnisse sind folgende:

	Vor der Korrosion		Nach der Korrosion	
	Widerstand der Verbindung $\Omega$	Temperaturerhöhung °C bei $I = 25A$ $I = 45A$	Widerstand der Verbindung $\Omega$	Temperaturerhöhung °C bei $I = 25A$ $I = 45A$
Zwischen Kupfer- und Aluminiumleiter . . . . .	0,000390		0,000400	
Zwischen Kupferleiter und Verbinder	0,000330	1,3    3,5	0,000350	1    4
Zwischen Aluminiumleiter und Verbinder	0,000060		0,000050	

Der Tafel ist zu entnehmen, daß der Widerstand der Verbindung im salzhaltigen Nebel nur unbedeutend zugenommen hat. Deshalb ist auch die gemessene Temperaturerhöhung bei Stromdurchgang nach und vor der Korrosion praktisch gleich. Man kann mit Recht daraus schließen, daß die Korrosionsbeanspruchung keine Wirkung auf die Güte der Verbindung hat.

Die Klemme für die Verbindung nach Preiswerk muß so gebaut sein, daß sie eine starke Pressung auf das Aluminiumröhrchen und den Kupferleiter ausübt. Die meisten im Handel erhältlichen Aluminiumverbinder entsprechen diesen Bedingungen. Dies ist ein Hauptvorteil der Erfindung, die übrigens nicht patentiert ist, sodaß keine besonderen Klemmen beschafft werden müssen.

Die folgende Tafel zeigt die Abmessungen der Röhrchen, die Preiswerk für die verschiedenen Durchmesser der Kupferdrähte bzw. Seile vorschlägt:

Durchmesser des Seiles oder Drahtes aus Kupfer mm	Durchmesser des Al-Röhrchens		Länge des Röhrchens mm	Gewicht des Röhrchens g
	innen mm	außen mm		
bis zu 2,5	3,2	4	100	1,22
2,5 ... 4	5	6	150	3,5
4 ... 7	8,3	9,5	200	9,1
7 ... 12	14	15,5	250	23,5

Der Preis dieser Röhrchen ist nur ein kleiner Bruchteil des Klemmenpreises und erhöht deshalb die Kosten einer korrosionsbeständigen Cu/Al-Verbindung nur unwesentlich.

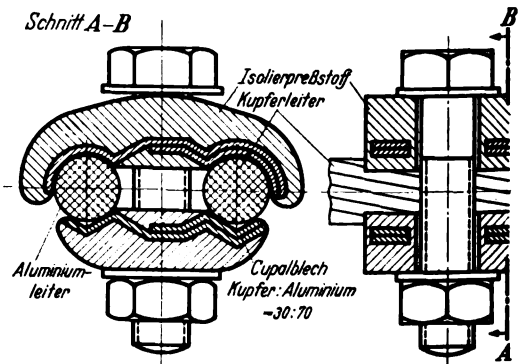


Bild 4. Zweimetallklemme aus Isolierpreßstoff nach Wirschitz mit Cupalblecheinlage.

**Verbinder nach Wirschitz.** Dieser patentierte Verbinder ist durch folgende Punkte gekennzeichnet:

a) Der Übergang des Stromes erfolgt in einem Bimetallblech aus Cu/Al, das mit isolierendem Preßstoff so ummantelt ist, daß nur die aus Kupfer bestehende Preßstelle für den

Kupferleiter und die aus Aluminium bestehende Preßstelle für den Aluminiumleiter frei ist.

b) Der Preßkörper gibt dem Bimetallstreifen die nötige mechanische Festigkeit.

c) Der Druck wird durch eine Bügelschraube erzeugt.

Bild 4 zeigt eine Zeichnung der Klemme, aus der ersichtlich ist, wie das Bimetallblech im Preßstoff gelagert ist und wie durch dessen Formgebung der Aluminiumleiter die Aluminiumseite und der Kupferleiter die Kupferseite des Bleches berührt. Mit diesem Verbinder sind durch das Elektrotechnische Institut der T. H. München und durch das Versuchslaboratorium der British Aluminium Co. Erhitzungs- und Korrosionsversuche durchgeführt worden, die das gute betriebliche Verhalten bewiesen. Als Isolierstoff wurde der Preßstoff „Harex“ verwendet, der aus einem synthetischen, säure- und witterungsbeständigen sowie wasserfesten Harz hoher mechanischer Festigkeit besteht. Da dieser Stoff billig ist und zwei Drittel des Gewichts der Klemme bildet, ist diese Verbindungsklemme nicht teuer, wenn durch große Herstellungsserien die verhältnismäßig teuren Matrizen amortisiert werden können. fi

DK 621.395.44 : 621.311 (73/79)

**Bericht über die Wirkungsweise der Trägerstromgeräte für die Boulder Dam-Energieübertragungsanlage.** [Nach J. D. Laughlin, Electr. Engng. 58 (1939) S. 147; 5 S., 3 B.]

Die an der 287 kV-Leitung zwischen dem Kraftwerk Boulder und Los Angeles eingesetzten Trägerstromgeräte haben drei Aufgaben zu erfüllen, den selektiven Schutz der drei Hochspannungsleitungsabschnitte zu verbessern (Hochfrequenzselektivschutz), den Schaltzustand der Anlage dem Lastverteiler und dem Kraftwerk zu melden sowie Fernsteuerimpulse zur Betätigung der Schalter zu übertragen und eine Fernsprechverbindung zwischen Boulder und Los Angeles sowie zwei weiteren Schaltstationen herzustellen.

Für jede dieser Aufgaben sind besondere Trägerstromgeräte mit eigenen Hochfrequenzkanälen vorgesehen. Für den Selektivschutz der sechs zu schützenden Leitungsstücke werden sechs Hochfrequenzkanäle benötigt, während für Fernsteuerung und Telephonie nur je ein Kanal verwendet wird. Die für Telephonie verwendeten Geräte arbeiten mit der in den V. S. Amerika üblichen Sprachsteuerung, d. h. sie übertragen nur während des Sprechens Hochfrequenzenergie und schalten während dieser Zeit ihren Hochfrequenzempfänger ab. In den Sprechpausen ist der Sender außer Betrieb und der Empfänger empfangsbereit. Auf diese Weise ist ein Sprechverkehr in beiden Richtungen über nur einen Hochfrequenzkanal möglich. Neu ist, auch bei derartigen Anlagen nur ein Seitenband zu übertragen und den von der Sprache gesteuerten Träger zu unterdrücken. Die Leistung der Sender (125 Watt) steht damit allein für das Seitenband zur Verfügung. Bei der Ankopplung der Hochfrequenzgeräte an die Hochspannungsleitung fällt der große Aufwand an Kopplungskondensatoren auf. Während man in Europa bestrebt ist, mehrere Hochfrequenzkanäle über gemeinsame Kopplungskapazitäten an die Hochspannungsleitungen anzukoppeln, werden in der Boulder Dam-Anlage die drei verschiedenen Gerätetypen über getrennte Kondensatoren angekoppelt. Längs der Hochspannungsleitung fahrende Überwachungswagen können über die Hochfrequenztelefonanlage angerufen werden und können Nachrichten empfangen.

Die Wirkungsweise der Hochfrequenz-Fernmelde- und Fernsteuereinrichtungen wird näher beschrieben. Die Meldungen werden selbsttätig bei jeder Änderung des Leitungszustandes übertragen, gleichgültig, ob diese durch das Bedienungspersonal oder durch eine Störung bewirkt wird; dabei wird eine bestimmte, ihrer Bedeutung entsprechende Reihenfolge der Meldungen erzwungen.

Interessant sind die Betriebserfahrungen. Die Betriebsdämpfung beträgt unter normalen Bedingungen 3,7 Neper. Dabei traten trotz der hohen Sendeleistung (400 W) Störungen der Fernmelde- und Fernsteueranlage auf, besonders bei atmosphärischen Entladungen und beim Betätigen der Leistungserdungsschalter. Eine Steuerung der Gittervorspannung des Hochfrequenzgleichrichters durch eine von den Störspannungen abgeleitete zusätzliche Gleichspannung, die den Empfänger beim Vorhandensein von Störspannungen unempfindlicher macht, beseitigte die Störungen. Nur bei einigen ungewöhnlichen Schaltzuständen der Hochspannungsanlage treten diese noch auf und sollen durch weitere Erhöhung der Sendeleistung beseitigt werden.

Im Gegensatz hierzu sind die deutschen Erfahrungen mit ähnlichen Anlagen sehr gut<sup>1)</sup>, obwohl hier die Sendeleistung durch behördliche Vorschriften auf 10 W begrenzt wird.

Über die Wirkungsweise der Hochfrequenz-Selektivschutzanlage wird an anderer Stelle derselben Zeitschrift ausführlich berichtet. R. By.

## Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.785

**Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung“<sup>2)</sup>

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905), werden den Systemen  $\boxed{123}$  bzw.  $\boxed{173}$  bzw.  $\boxed{174}$

folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht:

- I. Zusatz zu den Systemen  $\boxed{123}$  bzw.  $\boxed{173}$  bzw.  $\boxed{174}$ , die Formen BCaG, BCaGm bzw. EMeG, EMeGm, EMeHG, EMeHGm bzw. EM4eG, EM4eGm, Elektrizitätszähler für Gleichstrom bzw. mehrphasigen Wechselstrom mit Höchstlastzeiger,
- II. Zusatz zu den Systemen  $\boxed{123}$  bzw.  $\boxed{173}$  bzw.  $\boxed{174}$ , die Formen BCaRG, BCaRGm bzw. EMeRG, EMeRGm, EMeHRG, EMeHRGm bzw. EM4eRG, EM4eRGm, Elektrizitätszähler für Gleichstrom bzw. mehrphasigen Wechselstrom mit Höchstlastzeiger,
- III. Zusatz zu den Systemen  $\boxed{123}$  bzw.  $\boxed{173}$  bzw.  $\boxed{174}$ , die Formen BCaRGG, BCaRGGm bzw. EMeRGG, EMeRGGm, EMeHRGG, EMeHRGGm bzw. EM4eRGG, EM4eRGGm, Elektrizitätszähler für Gleichstrom bzw. mehrphasigen Wechselstrom mit zwei Höchstlastzeigern,

sämtlich hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg. Berlin-Charlottenburg, den 25. November 1939.

Der Präsident  
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt  
In Vertretung Möller“.

## Verkehrstechnik

DK 621.335.2 (494)

**Elektrische Lokomotive Ae 8/14 der Schweizerischen Bundesbahnen.** [Nach R. Liechty, Schweiz. Bauztg. 114 (1939) S. 35; 1/2 S., 5 B.]

Auf der Schweizerischen Landesausstellung 1939 wurde unter dem Rollmaterial der Eisenbahnen eine neue Doppellokomotive für die Gotthardbahn gezeigt. Mit ihren 16 Triebmotoren von zusammen 8830 kW Stundenleistung kann sie Züge von 770 t auf der Steigung von 27 ‰ mit 75 km/h befördern. Die Triebmotoren liegen im Lokomotivkasten, je zwei rechts und links vom Mittelgang angeordnet treiben sie über ein Doppelgetriebe die im Hauptrahmen liegende Hohlwelle. Das Gesamtgewicht der Lokomotive beträgt 233 t, davon sind 160 t Reibungsgewicht. Die beiden Lokomotivhälften haben je eine vollständige elektrische Ausrüstung, nur der Hochspannungsölschalter ist gemeinsam. Je zwei auf die gleiche Achse arbeitende Motoren sind dauernd in Reihe geschaltet und von einem gemeinsamen Ventilator belüftet. Die Steuerung erfolgt durch Stufenschalter mit ringförmiger Kontaktbahn. Es sind 29 Stufen vorhanden, der Regulierschalter wird beim Schalten durch vier Schütze von jeder Schaltleistung entlastet. Für Talfahrt ist Stromrückgewinnungsbremse vorgesehen, wobei das gesamte Lokomotivgewicht hierdurch abgestützt werden kann. Die Motorenfelder werden hierbei in Reihe an eine Transformatoranzapfung gelegt und liegen so parallel zu den Ankern. Die Lokomotive hat die üblichen Einrichtungen für induktive Zugsicherung und Totmannsteuerung. Ein induktives Fahrleitungsvoltmeter mit Antenne zeigt die Fahrleitungsspannung auch bei abgezogenem Stromabnehmer. Df.

<sup>1)</sup> W. Wolmann, VDE-Fachber. 7 (1935) S. 146. G. Löfgren, AEG-Mitt. (1937) S. 227. K. Riedel, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 174.  
<sup>2)</sup> Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1501. Zentralblatt für das Deutsche Reich, Reichsverlagsamt, Berlin NW 40.

## Elektrowärme

DK 621.365.2.004.14

**Über Belastung und Elektroden großer Elektrostahlöfen.** [Nach S. v. Hofsten, *Tekn. T.* 68 (1939) S. 14; 3 S., 2 B.]

Bei der Stahlerzeugung im Lichtbogenofen beeinflussen die Kosten für Strom, Elektroden, metallurgische Vorgänge, Ofenraum und Umformerabmessungen die Wirtschaftlichkeit der Schmelzung. Die auf einem schwedischen Werk gewonnenen Erfahrungen über die Belastung von Lichtbogenöfen für 14 t (mit und ohne Schlackenwechsel) und 7 t Inhalt und eines kernlosen Induktionsofens für 4,5 t sind in Bild 5 wiedergegeben.

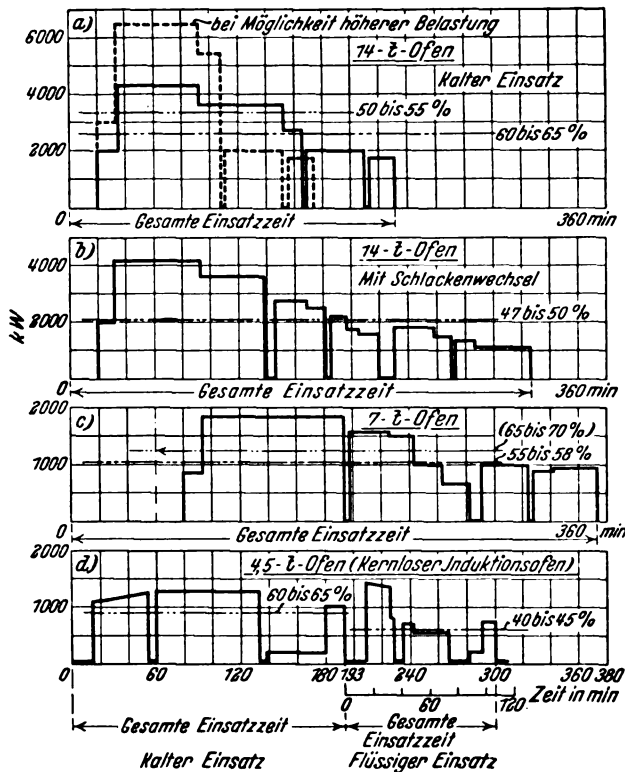


Bild 5. Belastung von 14- und 7 t Lichtbogenöfen und eines kernlosen 4,5 t Induktionsofens.

Danach arbeitet der Lichtbogenofen ohne Schlackenwechsel mit einem Belastungsfaktor von 50 bis 55 % günstiger als bei Schlackenwechsel mit einem Belastungsfaktor von 47 bis 50 %. Noch günstiger ist dieser Wert von 60 bis 65 % bei dem mit kaltem Einsatz betriebenen kernlosen Induktionsofen. Der Belastungsfaktor wird dann durch kurze Beschickungszeiten, wie durch Korbbeschiebung, günstig beeinflusst. Bezüglich der Abhängigkeit der Ofenleistung von der Stromstärke durchläuft die Lichtbogenleistung einen Höchstwert mit steigender Stromstärke an den Elektroden. Der Verbrauch an Söderberg-Elektroden auf dem betreffenden Werk beträgt beim 14 t-Ofen 10 kg je t Stahl, an Graphit-Elektroden beim 7 t-Ofen 5,7 kg/t. Der allgemeinen Verwendung der Söderberg-Elektroden stehen ihre hohen Kosten im Wege. *Kp.*

## Fernmeldetechnik

DK 621.395.66

**Amplitudenfilter und -begrenzer in Fernsprechstromkreisen.** [Nach A. C. Norwine, *Electr. Engng.* 58 (1939) *Trans. Sect.*, S. 62; 6 S., 11 B.]

Die auf Fernsprechleitungen zu übertragenden Ströme schwanken in ihrer Amplitude in weiten Grenzen, je nachdem ob laut oder leise, ob ein Vokal oder ein Konsonant, ob betont oder unbetont gesprochen wird. Das Verhältnis der größten zur kleinsten Amplitude beträgt etwa 3000:1. Bei kleinen Amplituden besteht die Gefahr, daß sie im Leitungsgeräusch untergehen, bei großen Amplituden, daß sie zur Übersteuerung führen. Es sind daher Schaltungen entwickelt worden, die in Abhängigkeit von der Stärke der Fernsprechröme ihre Dämpfung ändern. Derartige „Amplitudenfilter“ enthalten

ein Glied mit veränderlicher Dämpfung, das entweder aus im Gegentakt geschalteten Röhren bestehen kann, deren Verstärkung oder Dämpfung durch Änderung der Gittervorspannung beeinflusst wird, oder aus einer Schaltung mit nichtlinearen Widerständen, wie z. B. Kupferdioxid-Zellen, die ihren Widerstand in Abhängigkeit von der Strombelastung ändern, oder endlich aus Schaltungen, in denen Widerstände auf mechanischem Wege verändert werden. Die Schaltungen unterscheiden sich ferner hinsichtlich der Größe, die für die Dämpfungsänderung maßgebend ist (Augenblicks-, Spitzen-, Effektivwert des Stromes), oder hinsichtlich der Charakteristik, je nachdem, ob kleine oder große Amplituden verstärkt oder geschwächt werden, schließlich hinsichtlich der Ansprechgeschwindigkeit.

Die vorliegende Arbeit gibt eine Zusammenstellung der verschiedenen Arten von Amplitudenfiltern. Eins der wichtigsten ist eine als „Vogad“ bezeichnete Schaltung, die auf Funkfernprechverbindungen dafür sorgt, daß das auf den Funkweg gegebene Sprachvolumen möglichst konstant bleibt, um dadurch zu verhindern, daß leise Stellen der Sprache im Störgeräusch untergehen, laute Stellen dagegen zur Übersteuerung von Verstärkerröhren führen. Eine weitere häufig angewendete Schaltung ist der Amplitudenbegrenzer, der in Abhängigkeit vom Augenblickswert der Sprachspannungen arbeitet und der nach Erreichung eines bestimmten Spannungswertes eine weitere Zunahme verhindert. Diese Schaltung dient bei Mehrfachträgerfrequenzgeräten dazu, die Übersteuerung der für mehrere Kanäle gemeinsamen Zwischenverstärker zu verhindern, durch die ein nichtlineares Nebensprechen zwischen den Kanälen entstehen würde. *Knk.*

DK 621.395.34 (494)

**Selbstwählerdienst in der Schweiz.** [Nach E. Frey, *Techn. Mitt. schweiz. Telegr.-Teleph.-Verw.* 17 (1939) S. 44. 6½ S., 5 B.]

Die schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung hat sich das Ziel gesetzt, jedem Fernsprechteilnehmer die Möglichkeit zu bieten, mit jedem anderen Teilnehmer des Landes selbsttätig in Verbindung zu treten. Hierfür wurde das Land in 49 Netzgruppen mit einem mittleren Durchmesser von etwa 35 bis 40 km eingeteilt. Die Vermittlungsstellen einer Netzgruppe werden sternförmig, teils über Knotenämter, teils unmittelbar an das Hauptamt angeschlossen, das im übertragungstechnischen Sinne als Endfernamt gilt, jedoch über keine Vermittlungsplätze verfügt. Innerhalb einer jeden Netzgruppe werden verdeckte Kennzahlen angewendet, wobei die Teilnehmer je nach der Größe der Netzgruppe vier- bis sechsstellige Nummern erhalten. Für Verbindungen zwischen verschiedenen Netzgruppen sind jeweils mehrere der 49 Netzgruppen zu insgesamt 8 Hauptabschnitten mit je einem Fernknotenamt zusammengefaßt. Die 8 Fernknotenämter entsprechen den Durchgangs- und Verteilfernamtern in Deutschland; sie verfügen neben den Einrichtungen für die selbsttätige Gesprächsvermittlung auch über handbediente Plätze. Für Verbindungen, die die eigne Netzgruppe verlassen, sind dreistellige offene Kennzahlen zu wählen. Die erste Ziffer ist die Verkehrsscheidungsnummer 0, mit der der Anrufer zum Fernknotenamt seines Hauptabschnitts verbunden wird. Die zweite Ziffer (2 bis 9) dient der Auswahl des Hauptabschnitts, zu dem die verlangte Netzgruppe gehört, und die dritte der Auswahl der Netzgruppe. An die Kennzahl schließt sich die Wahl der Rufnummer an, die die Kennzeichnung der verlangten Vermittlungsstelle verdeckt enthält. Der Teilnehmer hat also im Höchstfall 9 Ziffern einzustellen.

Das Fernleitungsnetz, das nur aus Zweidrahtleitungen besteht, gliedert sich in Haupt-, Sammel- und Verbundleitungen. Die Hauptleitungen verbinden die Fernknotenämter untereinander. Mit den Sammelleitungen werden die Netzgruppenhauptämter an das zugehörige und bei Bedarf auch an ein zweites Fernknotenamt angeschlossen. Die Verbundleitungen verbinden die Hauptämter benachbarter Netzgruppen; sie werden aber nur bei ausreichendem Verkehr eingerichtet. Die Hauptleitungen werden stets, die Sammelleitungen in einigen Fällen in End- und Durchgangsleitungen unterteilt. Die Gesamtdämpfung der Haupt- und Sammelleitungen einer Verbindung soll höchstens 0,8 bis 1,0 Neper betragen. Diese Leitungen erhalten deshalb bei größerer Länge feste Verstärker. Darüber hinaus können bei Bedarf in den Fernknotenämtern Wahlverstärker selbsttätig eingeschaltet und geregelt werden.

In der Schweiz werden drei verschiedene Wählsysteme benutzt, eines mit direkter Steuerung (Schrittschaltssystem) und zwei mit indirekter Steuerung, die mit Registern arbeiten. Es war deshalb notwendig, die Systeme für den Selbstwählerdienst aneinander anzupassen, was zur Zufriedenheit erreicht

worden ist. In ein und derselben Netzgruppe wird nur ein System verwendet. Für die Wahl und Zeichengebung wird innerhalb der Netzgruppen Gleichstrom oder Wechselstrom 50 Hz, auf den Fernleitungen grundsätzlich Wechselstrom 50 Hz benutzt. Auf große Entfernungen ist für später auch Tonfrequenzwahl in Aussicht genommen. An der Schaltungstechnik ist besonders bemerkenswert, daß beim Besetztsein aller Leitungen zwischen zwei Fernknotenämtern selbsttätig ein Umweg über ein drittes Fernknotenamt bereitgestellt wird.

Die Gebühren werden nach Zeit und Zone erfaßt und als Vielfaches der Ortsgebühr, die 10 Rappen beträgt, über den Gesprächszähler des Rufenden verrechnet. Die Zählstromstöße werden je nach dem System zu Beginn oder am Ende einer Gesprächseinheit von drei Minuten gegeben.

Die Umstellung des schweizerischen Fernsprechnetzes auf Selbstwahl geht stufenweise vor sich. Zuerst werden die Ortsämter auf Wahlbetrieb umgestellt. Sobald eine Netzgruppe vollständig ausgerüstet ist, wird nach und nach der Selbstwählerdienst innerhalb der Netzgruppe und mit anderen Netzgruppen aufgenommen. Ende 1938 war die Umstellung von 20 Netzgruppen völlig durchgeführt, weitere 23 standen vor der Vollendung. Die Umstellung des gesamten Netzes soll in den nächsten zehn Jahren abgeschlossen werden. *Zsch.*

## Physik

DK 537.212 : 532

**Der Einfluß eines elektrischen Feldes auf die innere Reibung von Flüssigkeiten.** [Nach H. Menz, Ann. Phys., Lpz. 34 (1939) S. 740; 23 S., 8 B.]

Die mehrfach festgestellte Tatsache, daß die Viskosität einer Flüssigkeit sich unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes ändert, führt zu der Frage, ob diese Änderung infolge einer Orientierung der Moleküle oder Molekülkomplexe eintritt oder durch andere Ursachen wie Ionenbewegung, Wärmewirkung und Elektrostriktion zustande kommt. Als Viskosimeter benutzt H. Menz ein Glasrohr, in das zwei Halbrundmessingstücke so eingepaßt sind, daß der Abstand ihrer ebenen Flächen 0,5 mm beträgt. Der Abstand der beiden als Elektroden dienenden Messingstücke wird durch zwei Spiegelglasplatten fixiert, die einen gegenseitigen Abstand von 0,5 mm haben, so daß in der Mitte des Rohres eine Kapillare mit genau quadratischem Querschnitt gebildet wird. Die Durchflußzeit eines bestimmten Volumens der Flüssigkeit wird gemessen; bei Relativmessungen ist die Änderung der Durchflußzeit proportional der Änderung des Reibungskoeffizienten.

Es wurden polare Flüssigkeiten der aliphatischen und aromatischen Reihe und unpolare Stoffe untersucht, nämlich Benzol, Äther, Chlorbenzol und Tetrachlorkohlenstoff. Für das Auftreten eines Effekts ist in hohem Maße der Reinheitsgrad der Flüssigkeit verantwortlich. Bei sorgfältigsten gereinigten und getrockneten Präparaten mit geringen Leitfähigkeiten treten nur unerhebliche Änderungen auf, die wenig größer als die Meßfehler sind. Eine Beeinflussung durch Orientierung polarer Moleküle oder Molekülgruppen muß kleiner als 1‰ sein, in Übereinstimmung mit der Theorie, die eine Abschätzung der Größenordnung zuläßt. Bei Erhöhung der Leitfähigkeit durch Wasserzusatz werden bei Äther und Chlorbenzol Zunahmen der Viskosität von einigen Prozenten gemessen. Bei jeder Umpolung der Elektroden tritt bei diesen verunreinigten Präparaten ein sehr großer Effekt auf, der dann langsam abnimmt, um bei erneuter Umpolung wieder stark anzuwachsen. Der durch das Viskosimeter fließende Strom zeigt das gleiche Verhalten: Im Augenblick jeder Umpolung tritt ein sehr großer Strom auf, der erst nach längerer Zeit zum ursprünglichen Wert zurückkehrt. Im Wechselfeld tritt der Effekt demgemäß besonders stark auf und zeigt eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Frequenz: Mit wachsender Frequenz nähert sich der Effekt dem Werte Null, während er mit langsamer werdender Wechselzahl stark ansteigt. Bei Äther ergeben sich bei einer Frequenz von 2 Hz Änderungen von 19 bis 24%; bei Chlorbenzol nimmt der Effekt bei sehr langsamen Frequenzen wieder ab. Es scheinen sich zwei entgegengesetzt wirkende Ioneneffekte zu überlagern: Abnahme der Viskosität infolge Erwärmung durch den elektrischen Strom und Zunahme der Viskosität durch Überführung von Bewegungsgröße seitens der Ionen. Die Elektrostriktion hat keinen meßbaren Einfluß. *Br.*

DK 539.16.004.6

**Radiumschutz.** [Nach National Bureau of Standards Handbook H 23, Washington 1938.]

Das Bureau of Standards hat eine neue Bearbeitung der Schrift herausgegeben, die die beim Arbeiten mit Radium erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen zusammenfaßt. Langjährige

Erfahrung hat gezeigt, daß der Arbeiter nicht gefährdet ist, wenn die tägliche Dosis kleiner als 0,1 Röntgen ist. Diese Dosis hängt ab von der Radiummenge, der Dicke des Bleimantels, der Entfernung, in der gearbeitet wird und der Arbeitszeit. Die Zusammenhänge werden durch Nomogramme und Zahlentafeln zahlenmäßig angegeben. Es wird empfohlen, die während der Arbeit eingestrahelte Dosis öfter zu messen. Ein einfaches, wenn auch rohes Verfahren besteht darin, daß ein photographischer Film (Zahnfilm) in einer Papierhülle in der Tasche getragen wird. Zeigt der Film nach zwei Wochen mittlere Schwärzung, so liegen die Arbeitsbedingungen unterhalb der Gefahrgrenze. Bei starker Schwärzung ist zu untersuchen, ob der ganze Körper der gleichen Strahlung ausgesetzt ist. In diesem Fall sind die Schutzmaßnahmen zu verstärken. Bei nur örtlicher Bestrahlung braucht die Gefahrgrenze noch nicht erreicht zu sein. Die Strahlungsuntersuchung wird ergänzt durch die ärztliche Untersuchung der mit Radium arbeitenden Menschen. Monatlich soll eine vollständige Zählung der Blutkörperchen erfolgen, wobei weniger die absoluten Zahlen als die monatlichen Änderungen von Bedeutung sind. Ebenso sollen die Hände von Radiumarbeitern monatlich untersucht werden. Das erste Anzeichen einer lokalen Überexposition ist eine Rötung und ein Glänzendwerden der Haut in der Nähe der Finger sowie eine Krümmung und ein Sprödewerden der Nägel. Ein lederartiges Aussehen der Haut und ein Verschwinden der charakteristischen Furchen ist ein sicheres Zeichen dafür, daß der Betreffende unvorsichtig arbeitet und gelegentlich Radium in den Fingern berührt. Die Aufbewahrung des Radiums muß so erfolgen, daß sie allen Personen, die regelmäßig in die Gefahrenzone kommen, ausreichenden Schutz gewährt. Diese Gefahrenzone wird durch eine Zahlentafel angegeben. Der Bleischutz muß das Radium von allen Seiten umgeben, da sonst die Streustrahlung Gefahren für die Arbeiter in dem Raum bedingt. Er soll dem Radium möglichst dicht anliegen, da dadurch die in ihm erzeugte Streustrahlung vermindert wird. Der Radiumvorrat soll in kleine Mengen unterteilt sein, von denen jede für sich in einem bleigeschützten Fach des Vorratsbehälters aufbewahrt wird. Beim Arbeiten mit Radium soll der Arbeiter durch ein L-förmiges Bleiblech von wenigstens 5 cm Dicke geschützt sein, das den ganzen Körper abschirmt. Es trägt oben ein Bleiglas, das wenigstens 1 mm metallischem Blei äquivalent ist. Ein Polster hält den Körper des Arbeiters in wenigstens 20 cm Entfernung von der Stelle, an der mit dem Radium gehandhabt wird. Für die gewöhnlichen Arbeiten werden Zangen von 25 bis 30 cm Länge empfohlen. Um das Einatmen von Radiumemanation zu vermeiden, ist eine sorgfältige Lüftung der Räume erforderlich, die einen wenigstens achtmaligen Luftwechsel in der Stunde gewährleistet. Schließlich werden noch Ratschläge für den Transport von Radium innerhalb und außerhalb eines Gebäudes gegeben. *ue.*

## Werkstatt und Baustoffe

DK 669.71 + 3

**Über die Rekristallisationstemperatur von Aluminium-Kupfer-Legierungen.** [Nach W. Bungardt u. E. Osswald, Z. Metallkde. 31 (1939) S. 45; 10 S., 6 B.]

Die der Untersuchung zugrunde liegenden Werkstoffe waren fünf recht reine Kupfer-Aluminium-Legierungen mit stufenweis auf 3,61% steigendem Kupfergehalt, und außerdem zwei technische Legierungen vom Duralumintyp, die außerdem Magnesium und Mangan im ungefähren Betrage von 1/2 bis 1% enthielten. An diesen Proben wurde die Rekristallisationstemperatur röntgenographisch untersucht, und zwar an Proben mit 0,1 mm Enddicke, die — nach einer Kaltverformung um mehr als 50% — 20 min bei 480°C geglüht, dann abgeschreckt und schließlich in mehreren Stichen kalt fertiggewalzt wurden. Mit diesen Proben erfolgten dann bei verschiedenen Temperaturen Rekristallisationsversuche mit konstanter Erhitzungszeit von 1/2 Stunde. Aus der Beobachtung des Verhältnisses der von rekristallisiertem und der von Restgefüge herrührenden Intensitätsanteile auf den Debye-Linien wurde die untere Grenze des Rekristallisationsbereiches entsprechend dem ersten Auftreten nadelstichartiger Interferenzpunkte und die obere Grenze des Rekristallisationsbereiches entsprechend dem Verschwinden der vom verformten Restgefüge herrührenden Interferenzen bestimmt.

Was nun den sich daraus ergebenden Einfluß auf den Temperaturbereich der Rekristallisation anbetrifft, so ergibt sich:

1. Mit steigendem Walzgrad fällt die Temperatur des Rekristallisationsgebietes stark ab, meist unter gleichzeitiger Verengerung.

2. Der Zusatz von Kupfer übt nur einen geringen und ungleichmäßigen Einfluß sowohl auf die Gesamttemperaturhöhe wie auch auf die Breite des Rekristallisationsgebietes aus.

3. Demgegenüber bewirken andere und weitere Zusätze, insbesondere Magnesium, eine starke Erhöhung der Rekristallisationstemperatur in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung, daß bei dem reinsten Metall die Rekristallisation am leichtesten verläuft.

Beim Vergleich der Parallelversuche ergab sich, daß Verschiebungen im Einzelfalle zu höheren Temperaturen ziemlich häufig waren, dagegen ein Herausfallen nach unten nie beobachtet wurde. Was den Einfluß der Wärmebehandlung anbetrifft, so überlagern sich hier zwei Einflüsse, nämlich die Verringerung der Kupfermenge in den Aluminiumkristallen und der Einfluß der heterogenen Beimengung der Ausscheidungen.

Ein Einfluß einer nach dem Kaltwalzen durchgeführten Wärmebehandlung unterhalb des Rekristallisationsbereiches auf die Lage des letzteren war nicht erkennbar.

Ein Einfluß des Gefügezustandes vor der Kaltwalzung zeigte eine Verschiebung des Rekristallisationsbereiches dann in stärkerer Masse, wenn mit der Wärmebehandlung eine Ausscheidung von  $\text{CuAl}_2$  verbunden war.

Besonders interessant ist der Einfluß der Glühzeit innerhalb des Rekristallisationsgebietes. Der Zeitfaktor macht sich nur in Zeiträumen der ersten Minuten bemerkbar. Nach  $\frac{1}{2}$  Stunde sind die Verschiedenheiten vollkommen abgeklungen, weshalb auch bei den vorher beschriebenen Versuchen einheitlich  $\frac{1}{2}$  Stunde verwendet wurde. Damit ist aber nicht unbedingt Ruhe eingetreten, sondern in Übereinstimmung mit den vom Bericht schon im Jahre 1908 entwickelten Anschauungen über den sogenannten Einförmigvorgang erfolgt ein schwaches Weiterwachsen der neu gebildeten Körner auf Kosten ihrer Nachbarn, das allerdings entsprechend der allgemeinen Erfahrung durch heterogene Einlagerungen im Gefüge sehr stark gehemmt werden kann.

Am interessantesten vielleicht sind die Bemerkungen über das Einsetzen der Rekristallisation. Die häufigste Form dieses Einsetzens ist ja bekanntlich das plötzliche Auftreten neuer Kerne in den stärksten gestörten Gebieten, die dann sich sowohl vermehren wie auch vergrößern. Daneben aber tritt besonders bei schwachen Verformungen ein anderer Vorgang auf, der von den vorhandenen Kristallen ausgeht und sich innerhalb derselben durch allmähliche und kontinuierliche Ausrichtung der deformierten Gitter bemerkbar macht. Wir haben also eine Neukristallisation von einer Ausheilung der alten Kristalle zu unterscheiden. Beide Vorgänge laufen wohl streng genommen immer nebeneinander, wenn auch besonders der letztere bei stark deformierten Zuständen durch den ersten leicht verdeckt werden kann. *W. Gr.*

DK 621.315.221.002.2

**Über die Fließvorgänge beim Pressen von Kabelmänneln.** [Nach v. Göler u. E. Schmid, Z. Metallkd. 31 (1939) S. 61; 8 S., 18 B.]

Die meisten Kabelwerke verwenden heute vorwiegend stehende Bleipressen. Der Materialfluß bedingt das Auftreten zweier „Nähte“, in denen die auf ihrem Wege durch die Presse getrennten Bleiströme wieder zusammentreten und verschweißen. Diese Nähte stellen Schwächezonen des Bleimantels dar und zwar die obere, da sie als scharfe Trennzone ausgebildet sein kann, mehr als die untere, die gewöhnlich breitere Ausdehnung besitzt und daher mechanisch weniger schwach ist. Diese Erfahrung hat dazu geführt, den Preßkopf so zu ändern, daß die obere, gefährlichere Naht ganz vermieden wird. Bei sorgfältiger Arbeit — Vermeidung von Fettschlüssen, Oxyden — lassen sich so einwandfreie Mäntel herstellen.

Die Fließvorgänge in der stehenden Presse sind bereits mehrfach Gegenstand von Untersuchungen gewesen mit dem Ziele einer Verringerung der durch die Konstruktion bedingten Fehlermöglichkeiten. Die Verfasser führten, um die Fließvorgänge näher zu untersuchen, auf einer Modellpresse eigene Preßversuche durch. Das Preßkopfmodell hatte einen Steg und wurde nach dem Gipsabguß eines normalen Preßkopfes aus Silumin angefertigt. Das ausgepreßte Rohr hatte also 2 Nähte. Der Rezipient wurde mit verschieden gefärbten Plastilin-scheiben gefüllt, die parallel zur Druckfläche des Stempels lagen. Das bei den einzelnen Versuchen gepreßte Plastilinrohr hat einen Außendurchmesser von 24 mm und eine Wanddicke von 1,5 mm. Auch war der Modellpreßkopf geteilt, so daß der nach Beendigung des Preßversuches im Kopf noch verbliebene Plastilinrest herausgenommen und durch Aufschneiden die Fließvorgänge im Preßkopf untersucht werden konnten.

An Schnittproben, senkrecht zur Rohrachse, wird das Vordringen des verschieden gefärbten Ausgangsmaterials in den

gepreßten Rohren verfolgt, wobei das so außerordentlich lange Verweilen der ersten Füllung im Preßkopf erkannt wird. Besonders in den sackähnlichen Ausbuchtungen des Kopfes wird die erste Füllung nur ganz allmählich durch die folgenden Füllungen verdrängt. Aber auch an der oberen Preßnaht hält sich noch lange ein Rest der ersten Füllung. Diese wichtige Feststellung wird belegt durch 10 Photos, die von geschnittenen Rohren und weiteren 8 Bildern, die von dem im Preßkopf noch verbliebenen Plastilinrest (Preßrest) stammen, der in verschiedenen Ebenen geschnitten wurde. Durch Verkleinern der toten Räume im Preßkopf wurde schließlich erreicht, daß die erste Füllung wesentlich rascher durch die nachfolgenden ausgestoßen wird.

Ein Rohr wird vornehmlich durch Material von drei Füllungen gebildet, wobei betont werden muß, daß sich Reste von früheren Füllungen, wie auch die Preßversuche von Dunstheat und Tunstall ergeben haben, in nächster Nähe der Schweißnähte noch feststellbar sind. Aus den Abbildungen läßt sich weiter erkennen, daß die Fließgeschwindigkeit des Plastilins im Aufnehmer in den beiden Zonen senkrecht über den beiden Einstromkanälen des Preßkopfes am größten ist und nach der Wand zu wegen der dort stärker werdenden Reibung abnimmt.

Außer der Verwendung von steglosen Preßköpfen und der Verkleinerung der sogenannten toten Räume im Preßkopf ist für den Bleipressenbetrieb noch folgendes wichtig:

Vor der ersten Füllung des Preßkopfes mit flüssigem Blei muß dieser gut gereinigt, besonders von Fremdkörpern wie Fett befreit sein, damit nicht durch Reaktionsprodukte des flüssigen Bleis mit diesen Fremdkörpern Fehlerstellen im Kabelmantel entstehen. Beim Übergang von Reinblei auf eine Bleilegierung müssen zwecks Entfernung des alten Bleis mehrere Füllungen als Rohr ausgestoßen werden. (Anmerkung des Berichters. Auch hat bei der chemischen Feststellung der Höhe des zulegierten Elementes die Probennahme über den gesamten Querschnitt des Kabelmantels zu erfolgen, da sonst Material von früheren, nicht legierten Bleifüllungen in stärkerem Maße für die Analyse mit eingewogen wird. Erfolgt die analytische Bestimmung auf spektrographischem Wege, dann ist durch Einschmelzen eines Rohrabchnittes die Probe zu homogenisieren.) *End.*

## Verschiedenes

DK 614.8 : 621.3 (494)

**Elektrische Unfälle in der Schweiz.** [Nach F. Sibling, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 201; 5 S.]

In dem Bericht des Starkstrominspektorats der Schweiz über die im Jahre 1938 eingetretenen elektrischen Unfälle wird auf die erhebliche Zunahme der leichteren Unfälle im Berichtsjahr hingewiesen. Die tödlichen Unfälle im elektrischen Bahnbetrieb sind von 10 auf 1 zurückgegangen. Außerhalb des Bahnbetriebes wurden 130 elektrische Unfälle mit 23 tödlichen gemeldet. Von den tödlich verlaufenen Unfällen entfallen 16 auf Niederspannung und 9 auf Hochspannung. Von den 130 Unfällen entfallen auf das Elektrizitätswerkpersonal 60 mit 8 Toten. In 3 Fällen waren die Verletzungen so schwer, daß mit dauernder Invalidität zu rechnen ist. Beachtung verdienen die in jedem Jahr sich wiederholenden Unfälle bei Reinigungsarbeiten im Hochspannungsbetrieb infolge nur teilweiser Abschaltung aller Anlagenteile in einer Zelle oder Unterlassung der Erdung und Kurzschluß. Ein tödlicher und ein nicht-tödlicher Unfall betrafen Knaben, die verbotswidrig trotz Warnung Maste bestiegen. In 2 Fällen wurden Hochspannungsfreileitungen mit langen eisernen Stangen berührt, die in einem Fall eine Person schwer verletzten und eine töteten und in dem andern Fall keine ernsteren Folgen hatte. Besonders bemerkt sei ein Unfallvorgang mit einem Toten und 3 Verletzten. Der Maschinist einer Fabrik schaltete einen durch Wasserturbinen angetriebenen Asynchronmotor an die Leitung, der infolge Parallelschaltung mit Kondensatoren sich selbst erregte. Durch Hochschnellen kreuzender Leitung an eine Hochspannungseileitung verunglückte in einem Fall ein Monteur tödlich, im anderen Falle erlitten 4 Monteure leichtere Verbrennungen. Beim Entfernen von Spinnweben mit der Hand von 16 KV-Sicherungen verunglückte 1 Monteur tödlich, ein anderer durch Berühren von 220 V-Sammelschienen hinter der Schalttafel mit entblößtem Arm. Eine Person verunglückte auf der Straße beim Berühren eines gerissenen Ortsnetzdrahtes mit dem Hals, ein Spengler ebenfalls tödlich, als er von seinem Fenster aus 2 Drähte eines Ortsnetzes erfaßte. Mangelhafte Erdung führte zu 7 Unfällen an Baukränen und zu 9 Unfällen mit einem Toten an transportablen Motoren. Tragbare Lampen verursachten 11 Unfälle mit 4 tödlich verlaufenen. In einem Fall verunglückte ein Kind von 10 Monaten tödlich durch gleichzeitiges Berühren eines Lampenfußes mit dem Händchen und eines Heizkörpers mit der Stirne. *Al.*

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. --- Postscheckkonto: Berlin 218 13.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

#### Ausschuß für Elektrowärmegeräte

Die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat einen Entwurf zu dem Normblatt

DIN VDE 4912 „Elektrowärmetechnik, Aufnahmestellen für Herdkochplatten bis 2500 W“

aufgestellt. Da die Wünsche der Elektroindustrie und der Elektrizitätsversorgung bereits berücksichtigt sind, wird von einer Veröffentlichung des Entwurfes Abstand genommen, doch kann der Entwurf von der Geschäftsstelle des VDE bezogen werden.

Begründete Einsprüche und Anregungen zu dem Normblatt sind bis zum 22. Januar 1940 an die Geschäftsstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung:  
Viefhaus

#### Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen
2. Vortrag des Herrn Dr. W. Rohloff VDE, Nürnberg, über das Thema:  
„Neuere Scheinwerfertechnik“

#### Inhaltsangabe:

Militärische Aufgabe der Scheinwerfer und ihre technische Lösung  
Parabolspiegel und Bogenlampe  
Lichtstärke, Reichweite und Streuung  
Hochleistungslampe nach Beck  
Fernsteuerung der Scheinwerfer  
Flakscheinwerfer und Richtungshörer  
Marinescheinwerfer.

#### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

11. 1. 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Ultraschall- und Dezimeterwellentechnik“: „Hohlraumleitungen“. Vortragender: Dr.-Ing. O. Schriever.

**Elektromaschinenbau.** Leiter: Ing. K. Bätz VDE.

18. 1. 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Die Wicklungen der Wechselstromerzeuger“. 1. Teil: „Elektrische Bemessung und Schaltung“. Vortragender: Dr.-Ing. W. Putz VDE.

#### VDE Bezirk Berlin

vormalig Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

#### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Magdeburg (gemeinsam mit DLTG, VDCH, VDI).** 16. 1. (Di), 20<sup>15</sup>, Staatliche Ingenieurschule, Am Krökentor: „Beleuchtungstechnische Aufgaben in der Kriegswirtschaft“ (m. Lichtb.). Dir. Dipl.-Ing. Joh. Schaer VDE.

**Deutsche Arbeitsfront, Berlin.** 12. 1. (Fr.), 18—19<sup>00</sup>, Wirtschafts-Hochschule, Spandauer Straße 1: Beginn einer Vortragsreihe über „Schönheit der Arbeit“. „Die weltanschaulichen Grundlagen der Schönheit der Arbeit“. Dipl.-Ing. H. Steinwarz. Weitere fünf Vorträge folgen. Teilnahme kostenlos. Näheres durch die Wirtschafts-Hochschule. Fernruf: 51 52 11.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft Bezirksgruppe Essen.** 16. 1. (Di.), 19<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Die Lichttechnik im Dienst des Luftschutzes“. Prof. Dr.-Ing. habil. W. Arndt.

**Verein deutscher Ingenieure, Berlin.** 16. bis 19. 1. (Di. bis Fr.), Ingenieurhaus: „Fortbildungskursus Kälte- und Lebensmitteltechnik“ (35 Vorträge führender Fachleute mit Aussprachen und Besichtigung einer Reihe von Lebensmittelbetrieben). Das Programm ist beim VDI, Abt. AKT/FN, erhältlich. Teilnehmergebühr 20 RM.

#### PERSONLICHES

(Mittellungen aus dem Leserkreis erbeten)

**R. Hanaczik †** — Am 12. 12. 39 starb Herr Direktor Reinhard Hanaczik kurz vor seinem 70. Geburtstag an Herzlähmung. Geboren am 1. 1. 1870 in Mainz hat er sich nach kaufmännischer und chemotechnischer Ausbildung schon seit dem Jahr 1892 dem Fachgebiet der Akkumulatorentechnik gewidmet. Bei der Pollakschen Akkumulatorenfabrik in Frankfurt führte ihn seine Laufbahn aus der Werkstatt und dem Konstruktionsbüro bald in den Außendienst zur Einrichtung großer Werke in Italien, Rumänien, Rußland und England und dann in leitende Stellung als Oberingenieur und Prokurist. Als die Firma Pollak im Jahre 1903 von der

#### Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus.



#### Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung der Verbandskennzeichen

Die Prüfstelle gibt nach dem Stande vom 1. 1. 1940 eine neue „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens und der Verbandskennfäden“ in Druck (Form DIN A 5).

Es ist geplant, das schon in den früher herausgegebenen Zusammenstellungen enthaltene Firmenverzeichnis durch die Warenzeichen (Ursprungszeichen) der Genehmigungsinhaber zu ergänzen.

Der Preis der Zusammenstellung beträgt RM 2,65 einschließlich Versandkosten. Die Lieferung erfolgt voraussichtlich Anfang Februar 1940 nach Eingang des oben genannten Betrages bei der Prüfstelle oder „per Nachnahme“. Zahlungen werden mit dem Vermerk „Zus. 1940“ auf das Postscheckkonto der VDE-Prüfstelle Berlin 894 06 erbeten.

Die Prüfstelle bittet, die Bestellungen möglichst bald an sie zu richten, damit sie einen Überblick über die erforderliche Höhe der Auflage erhält.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

I. A. Sass I. A. Klingenberg

#### Bezirk Berlin

vormalig Elektrotechnischer Verein E. V.  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

#### Bezirksversammlung

am Dienstag, dem 16. Januar 1940, 18<sup>00</sup>, im Hörsaal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Akkumulatorenfabrik AG. Berlin-Hagen übernommen wurde, trat er in die Dienste dieser Gesellschaft und übernahm 1906 deren Vertretung als Vorstand des Ingenieurbüros in München. In diesem Zeitraum wurde ihm die theoretische und fabrikatorische Entwicklung des Blei- und Stahllakkulators zum eigenen Erlebnis und zwar in einem Ausmaße, daß sein Wissen und seine Erfahrungen nicht nur seine engeren Fachgenossen, sondern auch seinen ausgedehnten Kundenkreis mit größter Wertschätzung erfüllte. Was seit fünf Jahrzehnten an Neuerungen und Verbesserungen geschaffen wurde, aber auch was an Erfindungen zu Fehlkonstruktionen führte, war ihm geläufig, wie in den Tagen, als diese Dinge zum erstenmal aktuell wurden. So kam es, daß der Nimmermüde, bis in die letzten Tage seines arbeitsreichen Lebens als technischer Senior zu wichtigen Entscheidungen gerufen, selten Zeit zu seiner Erholung fand.

Im großen Fachkreise des VDE, dem er seit 1906 angehörte, leitete er von 1908 bis 1911 den Elektrotechnischen Verein München zu der Zeit, als dieser im Jahre 1911 die wohlgelungene Elektrizitätsausstellung in München veranstaltete; seit 1912 war er im VDE Bezirk Südbayern stellvertretender Vorsitzender, seit 1938 Beiratsmitglied. Für seine Mitarbeit in der Ausgestaltung des Deutschen Museums wurde er durch Verleihung des Ehrenrings ausgezeichnet.

Sein erfrischend heiteres rheinisches Temperament, sein liebenswürdiges Wesen, seine vorbildliche Kameradschaftlichkeit, sein energisches Zugreifen bei allen Veranstaltungen, zu deren Unterstützung er gebeten wurde, brachten ihm weit über seinen engeren Wirkungskreis hinaus herzliche Zuneigung und sichern ihm freundschaftliches Gedenken und dankbare Erinnerung. Cl. Zell.

**P. Droßbach.** — Herr Dr.-Ing. habil. Paul Droßbach ist unter Zuweisung an die Fakultät für Allgemeine Wissenschaften der Technischen Hochschule Berlin zum Dozenten für das Fach „Physikalische Chemie und Elektrotechnik“ ernannt worden.

**E. Hettwig.** — Herr Dr.-Ing. Emanuel Hettwig in Berlin ist beauftragt worden, in der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Braunschweig „Elektrische Schaltungslehre“ in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.317.8

**Die praktische Anwendung der Tarifordnung für elektrische Energie** (Elektrizitätstarife). Von Dr.-Ing. G. Schnaus. Herausg. v. d. Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung und d. Reichsverband der Elektrizitäts-Versorgung. Mit XI u. 268 S. im Format A 5. Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin 1939. Preis geb. 6 RM.

Die jetzt herausgekommene Schrift bildet eine wertvolle Ergänzung des hier<sup>1)</sup> bereits besprochenen Buches „Elektrizitätstarife (insbesondere Haushaltstarife)“ von W. Rohrbeck und G. Schnaus. In diesem ersten Buch werden die praktischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Tarifbildung behandelt; die jetzt erschienene Schrift bildet eine unbedingt notwendige Ergänzung der Tarifordnung in formeller, juristischer und verwaltungsrechtlicher Hinsicht. Mit dem Erlaß der Tarifordnung durch den Reichskommissar für die Preisbildung wurde ein Rahmengerüst für den Aufbau der Tarife geschaffen, und es ist klar, daß noch eine zusätzliche Klarstellung der Tarifordnung in vieler Hinsicht notwendig wurde. Diese Klarstellung ist im Laufe des letzten Jahres durch sehr viele Besprechungen und Rückfragen erfolgt, so daß jetzt die meisten der bei der Durchführung der Tarifordnung entstandenen Zweifelsfragen geklärt sind. Das jetzt herausgekommene Buch gibt nun eine klare und anschauliche Übersicht, wie die Tarifordnung des Preiskommissars aufzufassen ist und wie sie angewendet werden muß. Die Betrachtung erstreckt sich in erster Linie auf Haushaltstarife, Gewerbetarife und Landwirtschaftstarife; aber auch die anderen noch zulässigen Tarifformen werden sehr eingehend behandelt. Es wird stets gezeigt, welche Abänderungen und Abweichungen erwünscht, bzw. unerwünscht oder sogar verboten sind. Da dieses Buch die einzige Sammlung und vollständige Darstellung auf diesem Gebiete ist, gehört es in die Hand eines jeden, der sich irgendwie mit Tariffragen befassen muß. Das Buch gewinnt für jeden Praktiker besonders dadurch an Wert,

daß viele Musterwortlaute, Musterformulare und Musterbeispiele gebracht werden. Im Anhang befindet sich die Tarifordnung für elektrische Energie vom 25. 7. 1938 und die bisher dazu erschienenen Verordnungen. W. Willing VDE.

## EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten].

### Bücher

**Deutscher Reichsbahn-Kalender 1940.** Herausg. vom Pressedienst des Reichsverkehrsministeriums. 14. Jahrgang. Mit 56 S. im Format 160 × 250 mm. Konkordia-Verlag Reinhold Rudolph, Leipzig 1939. Preis 2 RM.

[„Auslandsverkehr trotz Krieg“ ist der Leitgedanke für alle den Reichsbahndirektionen gewidmeten Blätter. Die Protektorsbahnen in Böhmen und Mähren und die Ostbahn im Generalgouvernement Krakau sind mit aufgenommen. Im übrigen bringt der Kalender wieder eine geschickt zusammengestellte Sammlung guter Bilder aus dem vielseitigen Wirkungskreis der Deutschen Reichsbahn.]

**Taschenkalender für Rundfunktechniker 1940.** Barb. von Dipl.-Ing. H. Monn unter Mitwirkung der Fachgruppe Rundfunkmechanik im Reichsinnungsverband des Elektrohandwerks. Mit zahlr. Abb. u. 243 S. im Format A 6. Funkschau-Verlag, München 1939. Preis geb. 4,25 RM.

[Die Rundfunkfachmänner, Bastler und Amateure werden sicher den neuen Taschenkalender begrüßen, der in einem allgemeinen und technischen Teil die gebräuchlichsten Dinge des Send- und Empfangsbetriebes zusammengestellt enthält. Ein Bezugsquellenverzeichnis beschließt den Kalender.]

**Statistisches Taschenjahrbuch der Weltwirtschaft.** Produktion, Außenhandel, Verkehr. Von Dr. E. Hickmann. Mit 180 S. im Format A 6. Verlag H. W. Rödiger, Berlin 1939. Preis geb. 2,50 RM.

DK 537-5

**Décharge électrique dans les gaz.** Von Prof. M. Laporte. Mit 41 Abb., 22 Tafeln u. 222 S. im Format 115 × 175 mm. Verlag Armand Colin, Paris 1939. Preis geh. 15 frs., geb. 17,50 frs.

[Das kleine Büchlein gibt eine gut gegliederte und klar abgefaßte Einführung in die Physik der Gasentladungen. Ausgehend von den Ionisierungsvorgängen und der mit ihnen verbundenen Lichtemission wird die Bewegung der Ionen und Elektronen im Gas, die nicht selbständigen Entladungen und die Townsendsche Theorie der Zündung gebracht. Dann werden die Vorgänge in der Glimm- und Bogenentladung beschrieben und schließlich auf die Verwendung von Gasentladungsröhren zu Beleuchtungszwecken eingegangen. Wie schon die Inhaltsangabe erkennen läßt, liegt der Schwerpunkt des Buches in der Beschreibung der für Gasentladungsleuchtöhren wichtigen Vorgänge; es wird also in erster Linie auf die stationären Vorgänge eingegangen, Ausgleichvorgänge nur gestreift und das große Gebiet der Entladungen in atmosphärischer Luft so gut wie nicht behandelt.

Das Buch wird sich, namentlich auch im Hinblick auf seinen billigen Preis viele Freunde unter denen erwerben, die sich an Hand eines kurz gefaßten Abrisses über das Gebiet der Gasentladungen und ihre Anwendungen für Beleuchtungszwecke orientieren wollen.] R. Strigel VDE.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes

Ing. K. Bätz VDE, Berlin-Wilhelmshagen, Fahlenbergstr. 27.  
Obering. Dipl.-Ing. W. Buschbeck, Berlin-Grünwald, Erbacher Str. 4.  
Prof. Dr. A. Walther, Darmstadt, Fichtestr. 32.  
Ing. O. Werner VDE, Klein-Machnow, Post Berlin-Zehlendorf, Steinweg 6.

Abschluß des Heftes: 5. Januar 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

1) ETZ 59 (1938) S. 1249.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 18. Januar 1940

Heft 3

## Über die Rundfunkentstörung von Aufzugsanlagen

(Mittellung aus dem Reichspostzentralamt)

Von M. Kreuzritter, Berlin

**Übersicht.** Die Entstörung von Aufzugsanlagen für Gleichstrombetrieb hat in der Praxis vielfach infolge Auftretens von Überspannungen zu Durchschlägen der Störschutzkondensatoren und sogar zu Beschädigungen der Antriebsmaschinen geführt. Neben der Untersuchung der Abschaltüberspannungen werden zur Abhilfe dieser der Entstörung abträglichen Schäden Entstörungsschaltungen mit verschiedenen Schutzmaßnahmen angegeben. Ferner wird gezeigt, wie mit verhältnismäßig einfachen Mitteln die bei solchen Anlagen auftretenden Überspannungen ermittelt und deren Häufigkeit registriert werden kann, um damit jeweils die Notwendigkeit der Anwendung der angegebenen Schutzmaßnahmen festzustellen.

### Einleitung

In Großstädten wird der Rundfunkempfang nicht selten durch Aufzüge gestört; dabei handelt es sich meistens um ältere Gleichstromanlagen mit  $2 \times 220$  V. Die größten Störungen verursachen dabei die Antriebsmotoren, während die Knackstörungen durch die Schaltschütze und Steuergeräte vielfach noch als einigermaßen erträglich empfunden werden. Eine ausreichende Entstörung der Antriebsmotoren wurde in der Mehrzahl der Fälle, wie bei Gleichstrommaschinen üblich, durch Beschaltung der Bürsten mit Störschutzkondensatoren von  $2 \times 1 \mu\text{F}$  oder  $2 \times 2 \mu\text{F}$  erreicht. Bei dieser Entstörung unmittelbar am Maschinenanker zeigte sich jedoch häufig nach kurzer Zeit, daß die Kondensatoren durchschlugen und mitunter sogar die Maschinenanker schadhafte wurden. Um über die Verhältnisse Klarheit zu bekommen, wurden einige Anlagen, bei denen Durchschläge aufgetreten waren, eingehend untersucht, worüber im folgenden berichtet wird.

### Untersuchung der gefährdenden Überspannungen

Durch die erheblichen in der gesamten Aufzugsanlage enthaltenen Induktivitäten, z. B. die des Nebenschlußfeldes der Schaltschütze, sind hohe Induktionsspannungen infolge von Schaltvorgängen besonders beim Abschalten durchaus möglich. Es mußte daher zunächst untersucht werden, ob, in welcher Höhe und unter welchen Bedingungen Abschaltüberspannungen auftreten. Zur Messung dieser Spannungen stand ein Hochfrequenz-Spitzenspannungszeiger mit einem Meßbereich bis zu 4 kV zur Verfügung. Dieses Gerät hat eine Ansprechzeit von etwa 100  $\mu\text{s}$ . Da die Überspannungen mit sehr steiler Front auftreten, ist es möglich, daß die wirkliche Höhe der Spannungsspitze auch mit dem genannten Gerät nicht ganz erfaßt wird.

Besonders hohe Überspannungen traten beim Abschalten zwischen den Bürsten und dem geerdeten Ma-

schinengehäuse auf. Ohne Störchutzkondensator konnten bei einer Anlage Spannungen bis zu 2 kV festgestellt werden, die bei jedesmaligem Abschalten nach normaler Fahrt auftraten. Bei der Beschaltung der Maschine mit einem Störchutzkondensator ( $2 \times 1 \mu\text{F}$ ) wurden meist noch höhere Spannungen gemessen. Beim Abschalten der mit Kondensatoren versehenen Maschine war jedesmal ein außerordentlich intensiver, stoßhafter Spannungsüber-

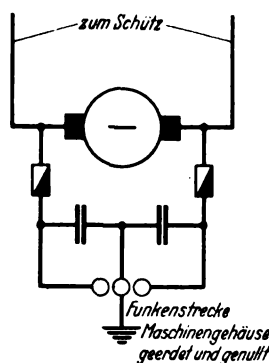


Bild 1. Versuchsschaltung mit Störchutzkondensatoren und Funkenstrecke zur Prüfung des Überschlages.

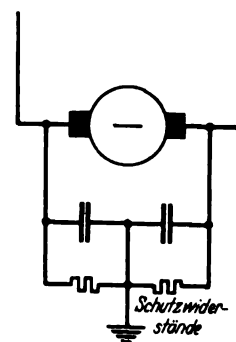


Bild 2. Entstörungsschaltung mit Begrenzung der Überspannungen durch Schutzwiderstände.

schlag als lauter Knall hörbar. Leider war es nicht möglich, die Stelle des Überschlages in der Maschine genau festzustellen; der Überschlag fand offenbar an einer isolationsschwachen Stelle der Ankerleiter bzw. der Kommutatorlamellen gegen den Ankerkörper statt. Ob Spannungsübergänge auch ohne Störchutzkondensatoren auftraten, war nicht festzustellen. Es ist aber anzunehmen; offenbar ist die Leistung des Überschlages ohne Kondensatoren erheblich geringer, so daß die Isolation nicht in so hohem Maße angegriffen wird wie bei der Kondensatorbeschaltung. Derartig hohen Beanspruchungen sind die Isolierwerkstoffe besonders bei isolationsschwachen Maschinen auf die Dauer nicht gewachsen.

Durch eine Versuchsschaltung nach Bild 1 wurde der Überschlag, der im Maschinenanker stattfand, an eine Funkenstrecke nach außen verlegt. Ohne Störchutz fanden bei entsprechender Weite der Funkenstrecke beim Abschalten der Maschine kaum sichtbare einzelne Spannungsübergänge statt, mit Störchutz war jedoch



jedesmal ein außerordentlich intensiver Entladungsstoß mit kräftigem Funken vorhanden. Ist die Isolationsfestigkeit der Maschine höher als die des Kondensators, so kann bei den auftretenden Abschaltüberspannungen der Stör-schutzkondensator durchschlagen, was in der Praxis, wie eingangs erwähnt, mehrfach festgestellt wurde.

Bei den Untersuchungen war mehrfach zu beobachten, daß nach Abschaltung der Maschine die Kondensatoren, ehe Schutzwiderstände eingebaut waren, noch eine gewisse Zeit aufgeladen blieben. Diese Erscheinung rührt daher, daß die größten Überspannungen nicht zwischen den Klemmen des Ankers, sondern zwischen den Klemmen des Ankers einerseits und dem geerdeten Gehäuse andererseits auftreten. Es handelt sich also um sogenannte *u n s y m m e t r i s c h e* *S p a n n u n g e n*, für die die beiden Kondensatoren nach Abschaltung der Maschine über einen verhältnismäßig niedrigen Widerstand (den Ankerwiderstand) parallelgeschaltet sind. Bekanntlich wird in einem Dielektrikum dadurch, daß es häufig längere Zeit unter ziemlich hoher Spannung steht, ein Durchschlag vorbereitet. Deswegen findet man nicht selten, daß Durchschläge erst längere Zeit nach dem Einbau der Kondensatoren auftreten. Tritt kein Überschlag im Anker oder im Kondensator auf, so kann die Ladung längere Zeit bestehen bleiben, was bei Untersuchungen zu berücksichtigen ist. Durch die Kondensatorbeschaltung werden elektrische Mängel einer solchen Anlage offenbar; denn die beobachteten Überschläge würden nicht auftreten, wenn nicht schon ohne Stör-schutz durch Schaltvorgänge sehr hohe Überspannungen erzeugt würden.

#### Entstörungsschaltungen mit verschiedenen Schutzmaßnahmen

Zur Vermeidung von Schäden durch Anbringen von Entstörungsmitteln an der Maschine hat man bei Aufzügen vielfach nicht unmittelbar am Anker, sondern am Netzeingang oder anderswo entstört. Dadurch ist die Maschine nicht mehr als ohne Stör-schutzkondensator gefährdet, denn der Kondensator wird bei Abschaltung der Maschine von ihr getrennt. Es ist jedoch klar, daß diese Maßnahme nicht immer zu einem ausreichenden Entstörungserfolg führt, weil der Stör-schutzkondensator meist zu weit von der Störquelle der Anlage entfernt ist und eine genügende Teilung der Störspannung nicht mehr erreicht wird. Es muß daher angestrebt werden, die *E n t s t ö r u n g* *u n m i t t e l b a r* *a m* *A n k e r*, d. h. an den Bürsten der Maschine, *u n t e r* *A n w e n d u n g* *b e s t i m m t e r* *S c h u t z m a ß n a h m e n* durchzuführen. Dabei liegt die Hauptaufgabe nicht mehr auf entstörungstechnischem, sondern auf starkstromtechnischem Gebiete, und zwar in der Begrenzung der schon im normalen Betriebe auftretenden Überspannungen.

Am einfachsten und billigsten werden zur Begrenzung der Überspannungen *S c h u t z w i d e r s t ä n d e*, und zwar in der Schaltung nach Bild 2, verwendet. Sie bilden eine Belastung für die beim Abschalten auftretende Überspannung, die während ihres Aufbaues bereits gedämpft wird. Bei Verwendung zweier Widerstände von 1000  $\Omega$  wurden in der angegebenen Schaltung bei der hauptsächlich untersuchten Anlage keine Abschaltüberspannungen über etwa 450 V gemessen. Als Vorteil kann bei dieser Schaltung die große Betriebssicherheit angesehen werden. Ein geringer Nachteil besteht in dem Leistungsverbrauch der Widerstände während des Laufes der Maschine, der bei  $2 \times 220$  V etwa 100 W beträgt. Auf den Gesamtverbrauch einer solchen Anlage bezogen spielen jedoch 100 W Mehrverbrauch keine große Rolle, wenn der Anker gegen die auch ohne Entstörung auftretenden schädlichen Überspannungen gesichert ist. Für die Versuche wurden Widerstände zum Stückpreise von 5,80 RM mit den zugehörigen Aufbausockeln benutzt. Diese Widerstände eigneten sich für diese Zwecke gut und hatten bei einer Belastbarkeit bis zu 125 W den Vorteil verhältnismäßig

geringen Raumbedarfs. Günstig ist der Überzug des Widerstandsdrahtes mit einer wärmefesten isolierenden Glasur. Die Induktivität der Widerstände ist hinreichend klein, was für den schnellen Abbau der Überspannungen von Bedeutung ist.

Weiterhin wurden zur Begrenzung der Überspannungen doppelte *K a t h o d e n f a l l a b l e i t e r*, wie sie für Niederspannungsanlagen gebaut werden, in der Schaltung nach Bild 3 erfolgreich verwendet. Allerdings liegt bei ihnen die Ansprechspannung erst bei etwa 1200 V und damit bei manchen Maschinen vielfach an der Grenze ihrer Spannungsfestigkeit. Ein Erfolg war auch mit *H o c h l e i s t u n g s - S p a n n u n g s a b l e i t e r n* mit einer Ansprechspannung von 600 V zu erzielen. Bei beiden Ableitern sind Ansprech- bzw. Zündverzugszeiten äußerst gering.

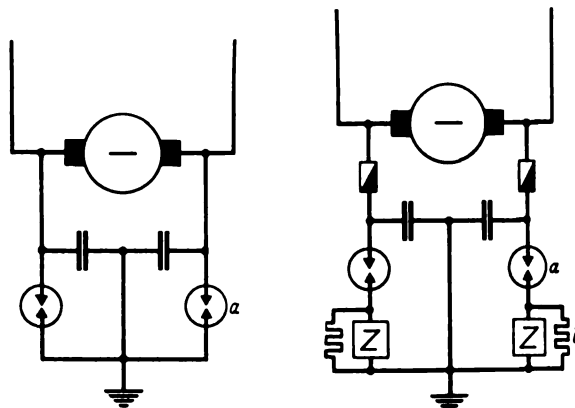


Bild 3. Entstörungsschaltung mit Begrenzung der Überspannungen durch: Kathodenfallableiter *a* oder Hochleistungs-Spannungsableiter.

*a* Hochleistungs-Spannungsableiter  
*b* Fernsprechzähler mit Nebenwiderstand

Bild 4. Entstörungsschaltung mit Ermittlung der Ansprechfähigkeit.

Bei allen behandelten Schutzschaltungen ist es notwendig, die Zuleitungen zu den Schutzwiderständen, den Kathodenfallableitern oder den Hochleistungs-Spannungsableitern und zum genullten Motorgehäuse mit dem gleichen Querschnitt wie die vorhandenen Zuleitungen zum Anker zu verlegen. Zweckmäßig wird der Stör-schutzkondensator zusammen mit den Schutzeinrichtungen in unmittelbarer Nähe des Kommutators untergebracht, wobei jedoch bei Schutzwiderständen auf deren Erwärmung Rücksicht zu nehmen ist. Kürzeste Verbindungen unterstützen den Entstörungserfolg.

#### Prüfschaltung zur Ermittlung der Ansprechfähigkeit

Von größter Wichtigkeit für die Praxis ist die *F e s t s t e l l u n g* *d e r* *Ü b e r s p a n n u n g e n*, um beurteilen zu können, ob im jeweils vorliegenden Störfall eine der Schutzmaßnahmen bei der Entstörung anzuwenden ist. Meist wird für die Untersuchungen kein Spitzenspannungsmesser, der dazu geeignet ist, zur Verfügung stehen. Selbst wenn ein solches Gerät vorhanden ist, besteht die Möglichkeit, daß während der Ausführung der Messungen keine Spitzenspannungen festzustellen sind. Eine solche Feststellung könnte zu der irrtümlichen Annahme führen, daß keine Überspannungen auftreten und daher eine Entstörung ohne besondere Schutzmaßnahmen durchgeführt werden kann. Dies kann häufig verkehrt sein, da beobachtet wurde, daß Überspannungen nur beim Zusammen-treffen bestimmter Schaltvorgänge, also recht selten, auftreten können. Für die Entstörung ist meist nicht die absolute Höhe der Spitzenspannung, die ohnehin stark schwankt, von Bedeutung, sondern die Kenntnis, ob und wie häufig Überspannungen, z. B. über 600 V, auftreten. Zu diesem Zweck wurden nach Bild 4 in Verbindung mit

dem Störschutz in eine der zu untersuchenden Aufzugsanlagen Fernsprechzähler in Reihe mit Hochleistungs-Spannungsableitern eingebaut. Da über die Ableiter jedesmal, wenn eine Überspannung von etwa 600 V auftritt, ein Stromstoß fließt, ist es möglich, die Häufigkeit des Ansprechens der Ableiter zu zählen. Bei der untersuchten Anlage ergab sich, daß die Ableiter außerordentlich häufig, fast bei jedem Abschalten des Motors, angesprochen hatten, so daß der Einbau von Schutzwiderständen zur Sicherung der Maschine und des Entstörungsmittels unbedingt erforderlich war.

**Zusammenfassung**

Es wird gezeigt, daß eine Gefährdung bei Entstörung solcher Anlagen unter Anwendung der angegebenen Schutzmaßnahmen nicht mehr eintreten kann, da die vorhandenen Abschaltüberspannungen begrenzt werden. In der Praxis ist die Entstörungsschaltung mit Schutzwiderständen nach Bild 2 besonders billig und betriebssicher. Die Schaltanordnung nach Bild 4 zur Feststellung und Anzeige der Häufigkeit des Auftretens von Überspannungen hat sich bewährt.

**Elektromagnetische Kraftwirkungen großer Ströme im Innern von Stromleitern und deren Berechnung**

Von P. Bachert VDE, Böhlen bei Leipzig

DK 621.3.014.33.001.24 : 621.315.51

**Übersicht.** Die elektrodynamischen Verhältnisse und die im Innern von Stromleitern auftretenden Stromdruckkräfte werden im folgenden, gestützt auf eingehende exakte Rechnungen, theoretisch untersucht. Hierbei wurden die experimentellen Voraussetzungen von Hochstromversuchen an Stromleitern bestimmter Querschnittsformen als Rechnungsgrundlagen benutzt.

man die Gleichung  $\mathfrak{H}_x$  für die Punkte der Mittellinie ( $y$ -Achse) des Rechtecks, wenn man in der allgemeinen Formel der Abhandlung  $x_0 = 0$  setzt, für die auf der langen Seite liegenden Punkte, wenn man  $x_0 = a$  setzt. Die entsprechenden Gleichungen für die Feldstärke

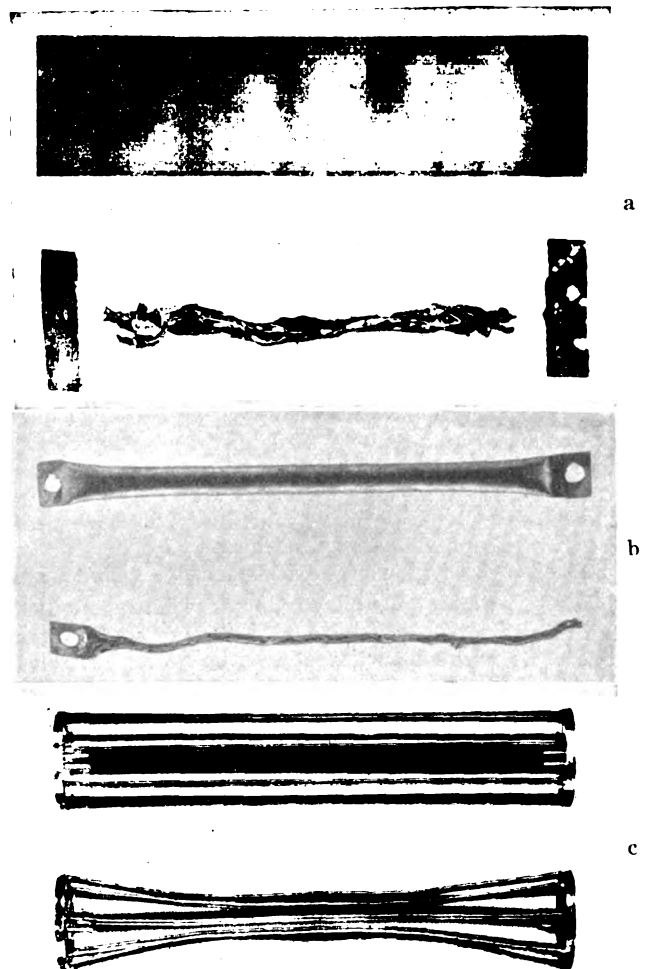
Der von R. Foitzik an dieser Stelle<sup>1)</sup> gegebene ausführliche Bericht über die im Hochstrom-Stoßprüffeld der Siemens-Schuckertwerke durchgeführten Versuche mit großen Strömen zeigt auf S. 130 in den Abbildungen 11 a bis c, die hier nochmals angegeben sind (Bild 1), interessante Formveränderungen an Stromleitern, die durch starke innere elektromagnetische Kräfte verursacht wurden. Den Versuchen gingen eingehende Vorarbeiten über den Einfluß der zugeführten Arbeit in  $Ws$  auf die thermischen und thermodynamischen Wirkungen an Stromleitern verschiedener Formen voraus. Kennzeichnende Merkmale der untersuchten Leiter von Abb. 11 sind große Oberfläche im Verhältnis zur Querschnittseinheit, außerdem die Begrenzung der Entladungsdauer des Stromes auf die außerordentlich kurze Zeit von  $30 \mu s$ . Mit Hilfe dieser Maßnahmen wurde erreicht, daß die elektrodynamischen Wirkungen allein in Erscheinung treten konnten.

Es soll im folgenden versucht werden, für die Beispiele 11 a und 11 b die im Innern der Stromleiter wirkenden elektromagnetischen Kräfte zu berechnen, soweit es die vorhandenen theoretischen Grundlagen gestatten. Hierbei ist die innerhalb des Stromleiterquerschnittes herrschende magnetische Feldstärke bzw. ihr gesetzmäßiger Verlauf zum Ausgangspunkt der Rechnungen gewählt.

**a) Berechnung für das Kupferblech Bild 1 a**

Der Stromleiter hat den Querschnitt eines sehr schmalen Rechtecks von der Höhe  $2b = 7,5 \text{ cm}$  und der Breite  $2a = 0,02 \text{ cm}$ ; Querschnitt  $q = 0,15 \text{ cm}^2$ . Die Höchststromstärke betrug  $2 \cdot 10^5 \text{ A}$ , mithin war die Stromdichte  $i_0 = 1,333 \cdot 10^6 \text{ A/cm}^2$ .

In der Dissertation des Verfassers<sup>2)</sup> sind unter der Voraussetzung stationären Gleichstroms für den rechteckigen Querschnitt die Gleichungen der Vektoren  $\mathfrak{H}_x$  und  $\mathfrak{H}_y$  der magnetischen Feldstärke abgeleitet. Legt man durch den Mittelpunkt des schmalen Rechtecks ein rechtwinkliges Koordinatenkreuz derart, daß die  $y$ -Achse parallel zu der langen Seite des Rechtecks läuft, so erhält



a Kupferblech 300 · 75 · 0,2 mm    b Kupferrohr 300 · 15 Dmr 0,3 mm  
c Reuse mit 8 Drähten von 4 mm Dmr.

Bild 1. Elektrodynamische Wirkungen von Stoßströmen (200 000 A, Entladungsdauer, 30  $\mu s$ ).

<sup>1)</sup> ETZ 60 (1939) H. 4 u. 5, S. 89 u. 128.

<sup>2)</sup> ETZ 59 (1938) S. 572 und Elektrotechn. Berichte 7 (1938) S. 376. Die Diss. erschien im Buchhandel bei Baedeker, Essen.

$\mathfrak{H}_x$ , die in der Mittellinie ( $y_0$ -Achse) angreift, und für die in der Seitenlinie  $b$  angreifende Feldstärke  $\mathfrak{H}'_x$  lauten:

$$\mathfrak{H}_x = 0,1 i_0 \left\{ 4(b + y_0) \operatorname{arctg} \frac{a}{b + y_0} - 4(b - y_0) \operatorname{arctg} \frac{a}{b - y_0} + 2a \ln \frac{a^2 + (b + y_0)^2}{a^2 + (b - y_0)^2} \right\}$$

$$\mathfrak{H}'_x = 0,1 i_0 \left\{ 2(b + y_0) \operatorname{arctg} \frac{2a}{b + y_0} - 2(b - y_0) \operatorname{arctg} \frac{2a}{b - y_0} + 2a \ln \frac{4a^2 + (b + y_0)^2}{4a^2 + (b - y_0)^2} \right\}$$

Der Vektor  $\mathfrak{H}_x$  ist aber bestimmend für alle parallel zur langen Seite des Rechtecks nach der Mitte hin gerichteten Stromdruckkräfte. Für die Sonderfälle:

$$x_0 = 0, y_0 = b \text{ und } x_0 = a, y_0 = b$$

gelten beispielsweise die Gleichungen:

$$\mathfrak{H}_x = 0,1 i_0 \left[ 8b \operatorname{arctg} \frac{a}{2b} + 2a \ln \left( 1 + \frac{4b^2}{a^2} \right) \right]$$

$$4,065 \cdot 10^4 \text{ Gauß}$$

$$\mathfrak{H}'_x = 0,1 i_0 \left[ 4b \operatorname{arctg} \frac{a}{b} + 2a \ln \left( 1 + \frac{b^2}{a^2} \right) \right]$$

$$= 3,695 \cdot 10^4 \text{ Gauß}$$

In der Tafel sind für bestimmte Ordinaten  $y_0$  in cm bei dem betrachteten Kupferquerschnitt die in der Mittellinie angreifenden Vektoren  $\mathfrak{H}_x$ , ferner die in der Seitenlinie ( $2b$ ) angreifenden Vektoren  $\mathfrak{H}'_x$  und in der letzten Spalte die Mittelwerte aus beiden  $\mathfrak{H}_x''$  eingetragen.

$y_0$ [cm]	$\mathfrak{H}_x$	$\mathfrak{H}'_x$	$\mathfrak{H}_x''$ [Gauß]
0	0	0	0
1,0	0,291	0,291	0,291 · 10 <sup>4</sup>
1,5	0,452	0,452	0,452 · 10 <sup>4</sup>
2,0	0,634	0,634	0,634 · 10 <sup>4</sup>
2,5	0,859	0,859	0,859 · 10 <sup>4</sup>
3,0	1,172	1,172	1,172 · 10 <sup>4</sup>
3,25	1,410	1,410	1,410 · 10 <sup>4</sup>
3,50	1,800	1,800	1,800 · 10 <sup>4</sup>
3,60	2,078	2,072	2,075 · 10 <sup>4</sup>
3,70	2,667	2,660	2,664 · 10 <sup>4</sup>
3,75	4,065	3,695	3,880 · 10 <sup>4</sup>

Wie ersichtlich ist, unterscheiden sich die Werte  $\mathfrak{H}_x$  und  $\mathfrak{H}'_x$  wegen  $a = 1/375 b$  nur am Rande um einen geringen Betrag. Hierdurch ist es möglich, zur Bestimmung der Stromdruckkräfte mit sehr großer Annäherung folgendes Rechnungsverfahren unter Benutzung der Mittelwerte  $\mathfrak{H}_x''$  anzuwenden. Das Rechteck wird in kleine Quadrate von der Seitenlänge  $2a = 0,02$  cm zerlegt, deren jedes den Strom  $i' = 0,0004 \cdot i_0 = 533,3$  A führt. Es wird damit gedanklich eine Reihe parallelverlaufender Stromelemente von sehr kleinem Querschnitt betrachtet. Die dem Mittelpunkt eines hinreichend kleinen Quadrates zukommende Feldstärke  $\mathfrak{H}_x''$  kann mit sehr großer Annäherung als mittlere Feldstärke des betreffenden Elementes angesprochen werden. Es wirkt dann auf 1 cm Länge eines beliebigen Stromelementes die nach der Mitte gerichtete Stromdruckkraft:

$$p' = 0,1 \cdot i' \mathfrak{H}_x'' \text{ (dyn)}$$

So gilt z. B. für das am Rande liegende Element von 1 cm Länge bei  $\mathfrak{H}_x'' = 3,6 \cdot 10^4$ :

$$p' = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 10^4 \cdot 533,3 = 1,92 \cdot 10^8 \text{ dyn} = 1,958 \text{ kg}$$

Ist weiterhin  $\mathfrak{H}_m'' = 0,74 \cdot 10^4$  die mittlere Feldstärke einer Rechteckshälfte (gewonnen aus der Quadrierung der Kurve  $\mathfrak{H}_x''$ ) und  $z$  die Gesamtzahl der Stromelemente einer Leiterhälfte = 187,5, so ist die Summe aller nach der Leitermitte drückenden Stromdruckkräfte

$$P_{\max} = 0,1 \cdot i' \mathfrak{H}_m'' z = 0,1 \cdot 533,3 \cdot 0,74 \cdot 10^4 \cdot 187,5$$

$$= 7,37 \cdot 10^7 \text{ dyn} = 75,1 \text{ kg je cm Länge}$$

Da  $P_{\max}$  auf die kleine Fläche von 1 cm Länge und 0,02 cm Breite wirkt, so ergibt sich ein Druck je Flächeneinheit von rd. 3750 kg/cm<sup>2</sup>. Es ist hierbei zu beachten, daß dieser Summenwert in der Mitte des Leiters nicht voll zur Auswirkung kommen kann, sobald das sehr schmale Band die geringste Unsymmetrie im Querschnitt aufweist. Im letzteren Fall erfolgt eine Zerknitterung des Kupferbandes, wie Bild 1 a zeigt.

#### b) Betrachtung des stromdurchflossenen Kupferrohres Bild 1 b

Es gelten folgende Voraussetzungen:

$$r_a = 0,75 \text{ cm}, r_i = 0,72 \text{ cm}, q = 0,1385 \text{ cm}^2;$$

$$I = 2 \cdot 10^6 \text{ A}, i_0 = 1,444 \cdot 10^6 \text{ A/cm}^2$$

Die magnetische Feldstärke folgt im Bereich  $r_i$  bis  $r_a$  der Gleichung:

$$\mathfrak{H} = 0,2 i_0 \pi \left( r - \frac{r_i^2}{r} \right)$$

Für den Rand  $r_a = 0,75$  cm ist also beispielsweise:

$$\mathfrak{H} = \frac{2I}{10 r_a} = 5,333 \cdot 10^4 \text{ Gauß}$$

Die Berechnung der Stromdruckkräfte läßt sich für den Rohrquerschnitt vollkommen exakt durchführen. Auf ein Stromelement vom Querschnitt  $r d \varphi d r$  und der Länge 1 cm wirkt die radial nach innen gerichtete Kraft

$$dP = 0,1 \mathfrak{H} i_0 r d \varphi d r \text{ (dyn)}$$

Wird die Integration auf die Grenzen  $r_a$  bis  $r_i$  erstreckt, so erhält man die auf 1 cm<sup>2</sup> der Innenfläche des Rohres wirksame Summe aller Stromdruckkräfte:

$$P_{\max} = \int_{r_i}^{r_a} dP = \frac{i_0^2 \pi}{9,81 \cdot 10^7} \left( r_a^2 - r_i^2 - 2 r_i^2 \ln \frac{r_a}{r_i} \right) \text{ (kg cm}^2 \text{)}$$

Beim Einsetzen der Zahlenwerte ergibt sich im vorliegenden Fall:

$$P_{\max} = 120,2 \text{ kg cm}^2$$

Im Sonderfall  $r_i = 0$  erhält man die bekannte Formel für die Stromdruckkräfte des Vollkreisquerschnittes.

Der allseitig konzentrisch wirkende Druck preßt das Kupferrohr spontan zusammen, so daß als Endprodukt ein runddrahtähnliches, zerknittertes Gebilde mit einem Durchmesser von etwa 4 mm entsteht.

Es ist von einigem Interesse, zur Kontrolle des obigen Ergebnisses aus der mechanischen Festigkeitslehre den Vergleich mit einem von außen unter Druck gesetztem Rohr heranzuziehen. Ist  $p$  die Differenz zwischen dem äußeren und inneren Druck und bedeutet ferner  $K$  die für den Werkstoff zulässige Spannung in kg/cm<sup>2</sup> (bei Kupfer rd. 500), so erhält das Rohr eine Druckdifferenz von der Größe

$$p = \frac{K}{1,7} \left[ 1 - \left( \frac{r_i}{r_a} \right)^2 \right] \approx 23,5 \text{ kg cm}^2$$

Nach den Regeln der Festigkeitslehre dürfte bei dem 4,5- bis 5fachen Druck mit einem Zusammenpressen des Rohres zu rechnen sein.

#### Zusammenfassung

Die Rechnungen ergaben ebenso wie die Versuche, daß außergewöhnlich hohe Stromdichten in Stromleitern entsprechender Querschnittsform sehr große innere elektromagnetische Wirkungen hervorrufen. Letztere, an den festen Elektronen der Moleküle angreifend, bewirken bei Überwiegen der vom Strom je Flächeneinheit aufgedrückten Beanspruchung über den Werkstoffzusammenhang eine Umbildung der Querschnittsform.

# Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren für kleinste Kupferverluste

Von E. v. Halácsy, Budapest

DK 621.319.4:621.316.1

**Übersicht.** Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren sind meistens so zu bemessen, daß die Kupferverluste im Leitungsnetz einen kleinstmöglichen Wert erhalten. Aus den Belastungsdiagrammen und aus den  $\cos \varphi$ -Werten wird auf rechnerischem und zeichnerischem Wege ein Bemessungsverfahren dafür abgeleitet. An einem numerischen Beispiel wird die Einfachheit des Verfahrens gezeigt.

## Einleitung

Durch Einschaltung der Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren wird in Leitungsnetzen der Wert des Leistungsfaktors  $\cos \varphi$  vergrößert. Die durch den Leitungswiderstand  $R$  verursachte Wirkleistung beträgt

$$N_{wCu} = 3 I^2 R. \quad (1)$$

Bei Überkompensation wachsen die Kupferverluste  $N_{wCu}$ ; es gibt also immer eine gewisse Kapazitätsgröße für die Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren, bei der  $N_{wCu}$  einen Kleinstwert erreicht. Wenn man  $N_{wCu}$  als zeitlich veränderliche Größe ständig auf seinem Kleinstwert halten wollte, müßte man die Kapazität des Leistungsverbesserungs-Kondensators den Belastungs- und  $\cos \varphi$ -Schwankungen entsprechend ständig verändern. Dies ist in der Praxis nur grob, höchstens in einer oder zwei Stufen möglich; es kommt sogar vor, daß eine Kondensatorenbatterie ständig eingeschaltet bleibt. Wenn man auch in diesem letzten Falle die höchste Wirtschaftlichkeit anstrebt, dann muß die Größe des Kondensators so bestimmt werden, daß die gesamten Kupferverluste einen Kleinstwert annehmen. Diese betragen in Abhängigkeit der Zeit:

$$V_{Cu} = \int_0^T N_{wCu} dt. \quad (2)$$

Die Kupferverluste als Funktion der Blindleistung  $N_{bk}$  des Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensators haben beim Nullwert des ersten und beim Positivwert des zweiten Differentialquotienten ihren Kleinstwert, also wenn gleichzeitig folgende Beziehungen gelten:

$$\frac{dV_{Cu}}{dN_{bk}} = 0; \quad \frac{d^2V_{Cu}}{dN_{bk}^2} > 0. \quad (3)$$

Um die Rechnung auch praktisch anwendbar zu machen, muß man verschiedene Fälle unterscheiden, und zwar

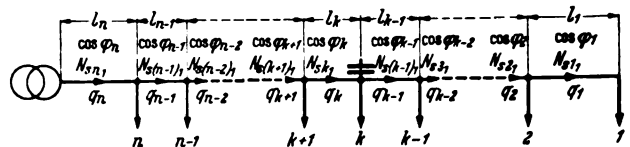
1. eine Leitung mit an einer Stelle angebrachtem Kondensator,
2. eine Leitung mit an mehreren Stellen angebrachten Kondensatoren,
3. verzweigte Leitungsnetze.

Diese Fälle müssen getrennt untersucht werden.

### 1. Leistungsfaktorverbesserung mit einer einzigen Kondensatorenbatterie

Die Abzweigpunkte der Hauptleitung (Bild 1) seien die Punkte  $i = (1 \dots n)$ , die Längen der Leitungsabschnitte  $[l_i]_{i=(1 \dots n)}$ , die Querschnitte der Leitungen in den einzelnen Abschnitten  $[q_i]_{i=(1 \dots n)}$ , die durch die einzelnen Abschnitte durchfließenden Scheinleistungen seien vor Einschaltung der Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren mit  $[N_{si}]_{i=(1 \dots n)}$ , nach Einschaltung der Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren  $[N_{si}']_{i=(1 \dots n)}$ ; der Leistungsfaktor vor Einschaltung der Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren mit  $[\cos \varphi_i]_{i=(1 \dots n)}$ ,

nach Einschaltung der Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren mit  $[\cos \varphi_i']_{i=(1 \dots n)}$  bezeichnet. Die Kondensatorenbatterie werde an der Stelle  $k$  eingeschaltet. Die Blindleistung der Kondensatorenbatterie sei  $N_{bk}$ .



$l_1 \dots l_n$  Längen der Leitungsabschnitte  
 $q_1 \dots q_n$  Querschnitte der Leitungen in den einzelnen Leitungsabschnitten,  
 $N_{s1} \dots N_{sn}$  durchfließende Scheinleistungen in den einzelnen Leistungsabschnitten  
 $\cos \varphi_1 \dots \cos \varphi_n$  Leistungsfaktoren in den einzelnen Leistungsabschnitten

Bild 1. Leistungsfaktorverbesserung einer Hauptleitung mit einer einzigen Kondensatorenbatterie.

Die Wirkleistung des Widerstandes des ganzen Netzes wird ohne Nebenzweige nach Einschalten der Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren:

$$N_{wCu} = \sum_{i=1}^n 3 \rho \frac{l_i}{q_i} I_i^2 = \sum_{i=1}^n 3 \rho \frac{l_i}{q_i} \left( \frac{N_{si}}{\sqrt{3} U} \right)^2 = \frac{\rho}{U^2} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{q_i} N_{si}^2. \quad (4)$$

Man kann nun den unbekanntenen Wert von  $N_{si}^2$  durch bekannte Werte ausdrücken:

1. falls  $i \geq k$

$$N_{si}^2 = N_{si}^2 + (N_{si} \sin \varphi_i - N_{bk})^2 = N_{si}^2 \cos^2 \varphi_i + N_{si}^2 \sin^2 \varphi_i - 2 N_{si} N_{bk} \sin \varphi_i + N_{bk}^2 = N_{si}^2 - 2 N_{si} N_{bk} \sin \varphi_i + N_{bk}^2 \quad (5)$$

2. falls  $i < k$

$$N_{si}^2 = N_{si}^2. \quad (6)$$

Durch Einsetzen dieser Werte in Gl. (4) ergibt sich

$$N_{wCu} = \frac{\rho}{U^2} \left\{ \sum_{i=1}^{k-1} \frac{l_i}{q_i} N_{si}^2 + \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} [N_{si}^2 - 2 N_{si} N_{bk} \sin \varphi_i + N_{bk}^2] \right\}. \quad (7)$$

Unter Vernachlässigung der geringen Spannungsänderungen in den Nebenzweigen infolge der Kondensatoreinschaltung kann  $V_{CuN}$ , die gesamten Kupferverluste sämtlicher Nebenzweige, als ein unveränderlicher Betrag angesehen werden.

Die Kupferverluste des ganzen Netzes mit Nebenzweigen sind nach Gl. (2) und (7) bei konstantem  $V_{CuN}$ :

$$V_{Cu} = \int_0^T \frac{\rho}{U^2} \left\{ \sum_{i=1}^{k-1} \frac{l_i}{q_i} N_{si}^2 + \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} [N_{si}^2 - 2 N_{si} N_{bk} \sin \varphi_i + N_{bk}^2] \right\} dt + V_{CuN}. \quad (8)$$

Die Kupferverluste haben ihren Kleinstwert, wenn die Beziehungen der Gl. (3) gelten, also wenn:

$$\frac{dV_{Cu}}{dN_{bk}} = 0. \quad (9)$$

Nach der Leibnitzschen Regel, die sich auf die Differenzierung der Integrale bezieht, wird mit  $V_{CuN} = \text{konst.}$ :

$$\begin{aligned} \frac{dV_{Cu}}{dN_{bk}} = & \frac{\rho}{U^2} \int_0^T \left\{ \left( \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\partial}{\partial N_{bk}} \frac{l_i N_{si}^2}{q_i} \right) \right. \\ & + \left[ \sum_{i=k}^n \frac{\partial}{\partial N_{bk}} \frac{l_i}{q_i} (N_{si}^2 - 2 N_{si} N_{bk} \sin \varphi_{i1}) \right. \\ & \left. \left. + N_{bk}^2 \right) \right\} dt = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\int_0^T \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} (-2 N_{si} \sin \varphi_{i1} + 2 N_{bk}) dt = 0. \quad (11)$$

Da es sich hier um eine endliche Summenbildung handelt, kann man schreiben:

$$\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \left[ \int_0^T (-N_{si} \sin \varphi_{i1}) dt + \int_0^T N_{bk} dt \right] = 0. \quad (12)$$

$$\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \int_0^T N_{si} \sin \varphi_{i1} dt = T \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{q_i} N_{bk}. \quad (13)$$

An dieser Stelle befindet sich ein Minimum, da der zweite Differentialquotient an dieser Stelle immer positiv ist:

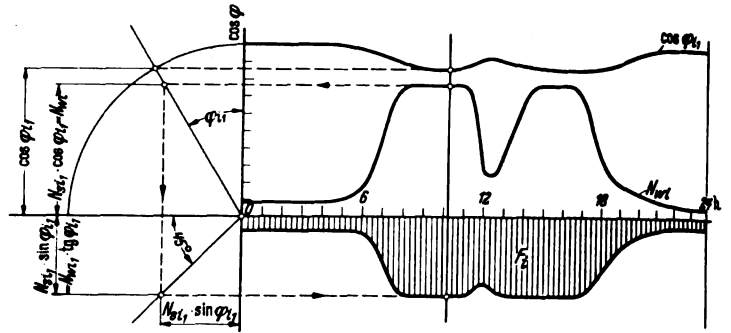
$$\begin{aligned} \frac{d^2 V_{Cu}}{dN_{bk}^2} = & \frac{d}{dN_{bk}} \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \int_0^T (-N_{si} \sin \varphi_{i1} + N_{bk}) dt = \\ = & \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \int_0^T \frac{\partial}{\partial N_{bk}} (-N_{si} \sin \varphi_{i1} + N_{bk}) dt = \\ = & \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \int_0^T dt = T \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} > 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Aus der nach der ersten Differenzierung abgeleiteten Gl. (13) folgt, daß

$$\begin{aligned} N_{bk} = & \frac{1}{T} \frac{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \int_0^T N_{si} \sin \varphi_{i1} dt}{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i}} \\ = & \frac{1}{T} \frac{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \int_0^T N_{wi} \operatorname{tg} \varphi_{i1} dt}{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i}} = \frac{1}{T} \frac{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} F_i}{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i}}. \end{aligned} \quad (15)$$

Die letzte Integrierung in Gl. (15) kann man auch graphisch durch die Ermittlung der Fläche  $F_i$  durchführen, die unter der aus dem Verlauf der Wirklast und des Leistungsfaktors sich ergebenden Kurve liegt. Bei

Bild 2 ist beispielsweise von einer täglichen Belastungskurve ausgegangen worden.



$N_{wi}$  durchfließende Wirkleistung in dem betreffenden Leitungsabschnitt  
 $N_{si}$  durchfließende Scheinleistung in dem betreffenden Leitungsabschnitt  
 $\varphi_{i1}$  Phasenwinkel in dem betr. Leitungsabschnitt vor Einschaltung der Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensatoren

Bild 2. Summierung durch Flächenermittlung aus Wirklast- und Leistungsfaktorkurve.

Nach Durchführung dieser Konstruktion auf den einzelnen Leitungsabschnitten können wir die Tafel 1 aufstellen:

Tafel 1.

$l$	$q$	$\frac{l}{q}$	$F$	$\frac{l}{q} F$
$k$	$l_k$	$q_k$	$F_k$	$\frac{l_k}{q_k} F_k$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n$	$l_n$	$q_n$	$F_n$	$\frac{l_n}{q_n} F_n$

$$A = \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} \quad B = \sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} F_i$$

Aus dieser Tafel ergibt sich die Größe des Leistungsfaktorverbesserungs-Kondensators, mit dem die kleinsten Kupferverluste erhalten werden, zu:

$$N_{bk} = \frac{1}{T} \frac{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i} F_i}{\sum_{i=k}^n \frac{l_i}{q_i}} = \frac{1}{T} \frac{B}{A}. \quad (16)$$

### 2. Leistungsfaktorverbesserung mit an mehreren Stellen angebrachten Kondensatorbatterien

In diesem Falle verändert sich zwar der Lauf der vorigen Ableitung nicht, aber man muß bei der Einsetzung der Werte von  $N_{si}^2$  beachten, daß

$$N_{si}^2 = N_{wi}^2 + (N_{si} \sin \varphi_{i1} - N_{bk(0 \dots i)})^2 \quad (17)$$

ist, wo unter  $N_{bk(0 \dots i)}$  die Gesamtblindleistung der bis einschließlich Punkt  $i$  eingeschalteten Kondensatoren zu verstehen ist. Falls man dieselben Umwandlungen wie vorher durchführt, ergibt sich:

$$N_{si}^2 = N_{si}^2 - 2 N_{si} N_{bk(0 \dots i)} \sin \varphi_{i1} + N_{bk(0 \dots i)}^2 \quad (18)$$

und man erhält

$$V_{Cu} = \int_0^T \frac{\rho}{U^2} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{q_i} [N_{si}^2 - 2 N_{si} N_{bk(0 \dots i)} \sin \varphi_{i1} + N_{bk(0 \dots i)}^2] dt. \quad (19)$$

Jetzt könnte die Berechnung von  $\frac{dV_{Cu}}{dN_{bk(0 \dots 1)}} = 0$  erfolgen.

In den Werten von  $N_{bk(0...1)}$  ist aber an den Stellen  $k, l, \dots, m$  ein Sprung, die Funktion von  $V_{Cu} = f(N_{bk(0...1)})$  verliert also an diesen Stellen ihre Stetigkeit. Demzufolge kann die Differenzierung nur innerhalb der einzelnen Abschnitte von  $1-k, k-l, l-\dots, \dots-n$  durchgeführt werden. Die Bestimmung der Größe der Kondensatoren kann also nur stufenweise vom Ende der Hauptleitung beginnend vorgenommen werden.

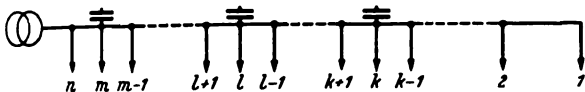


Bild 3. Leistungsfaktorverbesserung mit an mehreren Stellen angebrachten Kondensatorbatterien.

Zuerst leitet man die Berechnung mit der Annahme ab, daß der Punkt  $l$  der Anfangspunkt der Leitung ist (Bild 3) und bestimmt nach dem obigen Verfahren die Größe des in dem Punkte  $k$  anzubringenden Kondensators. In dieser Rechnung wird  $i = (k, k+1, \dots, l-1)$  sein. Dann betrachtet man den Kondensator im Punkt  $k$  als Verbraucher und führt die Berechnung für den Abschnitt  $(l-m)$ , also bezüglich der Werte von  $i = (l, l+1, l+2, \dots, m-1)$ , durch und bestimmt damit die Größe des in dem Punkt  $l$  anzubringenden Kondensators. So führt man die Berechnung fort, bis man endlich auch die Größe des im Punkt  $m$  angebrachten Kondensators ermittelt. Es ist offenbar, daß entsprechend diesen Kondensatorabmessungen die Kupferverluste in den einzelnen Abschnitten und auch die gesamten Kupferverluste ihren Kleinstwert annehmen.

3. Verzweigte Leitungen mit Kondensatoren

Bei Leitungsverzweigungen kann man die Ableitungen ähnlich wie im Falle 2 durchführen, indem man an den Endpunkten der einzelnen Leitungsabschnitte anfängt und die Belastungen der einzelnen Abschnitte in diesen Abzweigpunkten in Rechnung setzt.

Sollen die jährlichen Kupferverluste ihren Kleinstwert erhalten, kann man ähnlich verfahren, aber man muß die Flächen, die unter den aus den Winter-, Frühlings-, Herbst- und Sommerwerten erhaltenen  $N_w$ - und  $\cos \varphi$ -Kurven liegen, mit der Zahl der Tage der entsprechenden Jahreszeit multiplizieren. Wird die Leistung in kW und für die Zeit Stunden eingesetzt, muß mit  $T = 8760$  Jahresstunden dividiert werden.

4. Zahlenbeispiel

Ein der Praxis entnommenes Beispiel zeigt die Einfachheit des geschilderten Verfahrens. Die Belastung, die

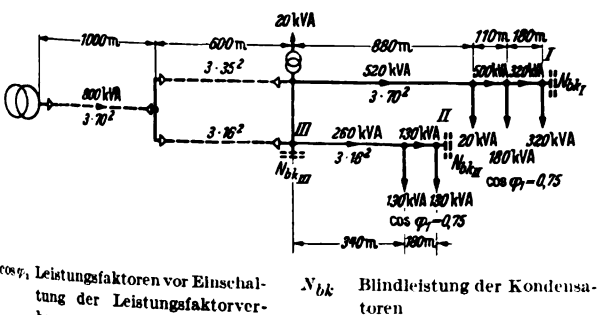


Bild 4. Ermittlung der Kondensatorgrößen bei einer verzweigten Leitung mit mehreren Kondensatorbatterien.

hauptsächlich aus Industriellast besteht, verläuft im Winter und Sommer gleichförmig. Die große Belastung dauert täglich 9 h, für die übrigen 15 h kann man annehmen, daß

in Punkt  $I$  10 kW, in Punkt  $II$  5 kW und in Punkt  $III$  5 kW Belastung vorhanden ist (Bild 4), und da diese Belastungen von Lampen verursacht werden, ist hierbei für die übrigen Stunden  $\cos \varphi = 1$ . Für die große Belastung sind die Scheinleistungen ( $N_s$ ) und die  $\cos \varphi$ -Werte in Bild 4 eingetragen. Die induktive Blindleistung soll mit an den Punkten  $I, II$  und  $III$  einzuschaltenden Kondensatoren kompensiert werden.

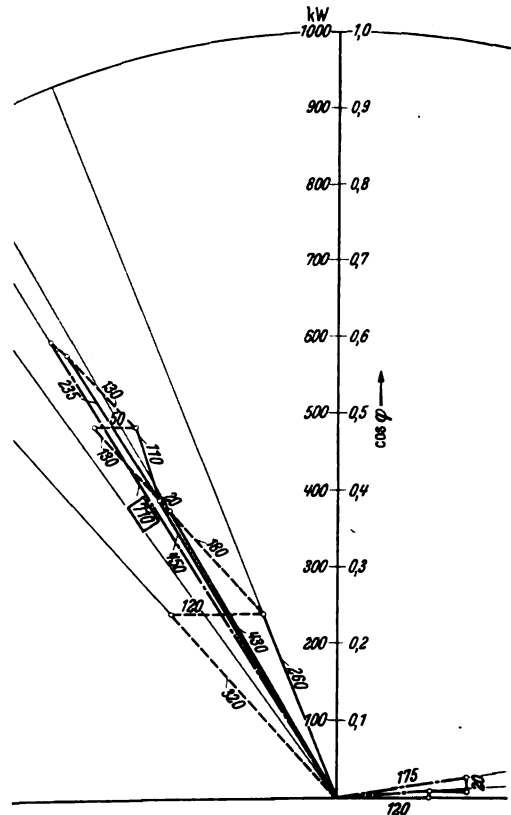


Bild 5. Vektordiagramm der Blindleistungen.

Die Berechnungstafel 2 enthält die Werte für den längeren und für den kürzeren Zweig.

Tafel 2.

für den längeren Zweig:

Ab-schnitt	$l$ [m]	$q$ [mm <sup>2</sup> ]	$\frac{l}{q}$	$F = \sum_0^{24 St} (N_s \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}) T$	$\frac{l}{q} F$
1	180	70	2,56	$320 \cdot (\sqrt{1 - 0,75^2}) \cdot 9 + 0 = 1900$	4900
2	110	70	1,57	$500 \cdot (\sqrt{1 - 0,75^2}) \cdot 9 + 0 = 2970$	4670
3	880	70	12,60	$520 \cdot (\sqrt{1 - 0,75^2}) \cdot 9 + 0 = 3180$	39000
				$A = 16,73$	$B = 48570$
$N_{bkI} = 122 \text{ kVA}$					

für den kürzeren Zweig:

Ab-schnitt	$l$ [m]	$q$ [mm <sup>2</sup> ]	$\frac{l}{q}$	$F$	$\frac{l}{q} F$
4	180	16	11,25	$130 \cdot (\sqrt{1 - 0,75^2}) \cdot 9 + 0 = 775$	8750
5	340	16	21,20	$260 \cdot (\sqrt{1 - 0,75^2}) \cdot 9 + 0 = 1550$	32900
				$A = 32,45$	$B = 41650$
$N_{bkII} = 54 \text{ kVA}$					

Zeichnet man mit diesen Kapazitätswerten die Vektordiagramme auf, so kann man daraus die resultierenden  $\cos \varphi$ -Werte ablesen (s. Bild 5). Mit diesen Werten kann

man die Berechnungstafel 3 für den gemeinsamen Zweig aufschreiben:

Tafel 3.

Ab-schnitt	$l$ [m]	$q$ [mm <sup>2</sup> ]	$\frac{l}{q}$	$F$	$\frac{l}{q}$	$F$
6	600	$35 + 16 = 51$	11,8	$710 (\sqrt{1 - 0,85^2}) \cdot 9 - 175$ $\sqrt{1 - 0,15^2} \cdot 15 = 800$		9 450
7	1000	70	14,3	$710 (\sqrt{1 - 0,85^2}) \cdot 9 - 175$ $\sqrt{1 - 0,15^2} \cdot 15 = 800$		11 450
				$A = 26,1$		
				$N_{bkIII} = 33,4 \text{ kVA.}$		
					$B = 20 900$	

Wie man aus Bild 6 ersieht, verläuft die Kurve der Kupferverluste in der Nähe ihres Kleinstwertes so flach, daß eine kleine Änderung in den Kompensierungs-Kapazitätswerten gar nicht bedeutend ins Gewicht fällt. Das ist günstig, weil man dann mit den von verschiedenen Herstellern gefertigten normalen Kondensatorgrößen gut auskommen kann.

Das in Gl. (15) mit  $F$ ; bezeichnete Integral kann man auch unmittelbar auf elektrischem Wege messen; es ist nämlich nichts anderes als der auf eine bestimmte Zeit bezogene gesamte Blindverbrauch. Wenn man also in den verschiedenen Leitungsabschnitten Blindverbrauchszähler einschaltet und diese Zähler nach einer bestimmten Zeit abliest, erhält man unmittelbar die Werte von  $F$ ; für diese Zeit. Die ganze Rechnung oder die geschilderte Messung

mit Blindverbrauchszählern kann auch für einen Tag, einen Monat oder ein Jahr durchgeführt werden.

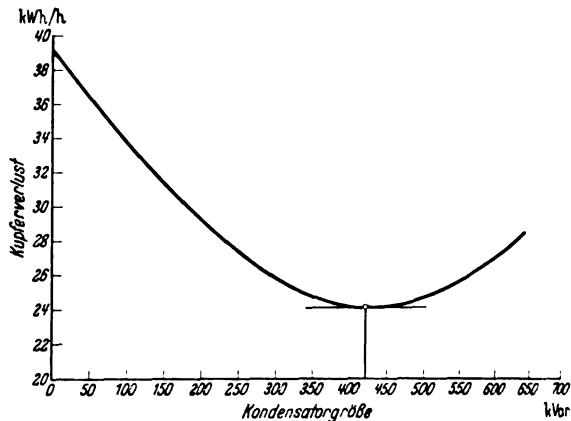


Bild 6. Abhängigkeit der Kupferverluste von der Kondensatorgröße.

### Zusammenfassung

Die Bemessung der Kondensatoren zur Leistungs-factorverbesserung in Leitungsnetzen kann man nach den angegebenen Tabellen durch einfache Flächenmessung (Blindleistungszähler-Ablesung), Addieren und Dividieren erhalten. Bei Anwendung der so bemessenen Kondensatoren erhalten die Kupferverluste im Leitungsnetz ihren kleinsten Wert.

## Entstehung der Bahnlinie eines Blitzes und die Vorgänge in ihr

Schonland und seine Mitarbeiter haben im Anschluß an die photographische Aufnahme der Vorgänge in der Blitzbahn mit Hilfe der rotierenden Kamera nach Boys eine theoretische Deutung dieser Aufnahmen in einer Reihe von Aufsätzen versucht, ohne jedoch eine völlige Übereinstimmung der aus den theoretischen Annahmen folgenden Schlüsse mit dem experimentellen Befund erzielen zu können. Walter<sup>1)</sup> gibt in einer im Anschluß an seine bereits im Jahre 1902 auf Grund eigener Blitzaufnahmen formulierte Darstellung der Vorgänge in der Blitzbahn eine in einigen Punkten abweichende und die Darstellung von Schonland ergänzende Deutung. Er beschäftigt sich mit zwei Hauptaufgaben: 1. der Bildung der Bahnlinie, 2. den Vorgängen in der eigentlichen Hauptentladung und dem Zusammenhang zwischen diesen Vorgängen und den späteren Teilentladungen in der gleichen Bahnlinie.

Schonland vermutet, daß den von ihm experimentell gefundenen Leitentladungen (leaderstroke), die bei der ersten Teilentladung ruckartig, bei späteren Teilentladungen stetig vordringen, bei der ersten Teilentladung eine ebenfalls stetige, langsam fortschreitende, stromschwache „Lotsentladung“ (pilotstroke) vorausgeht. Durch die Lotsentladung soll die Bahnlinie der Leitentladung einschließlich ihrer Äste vorbereitet werden. Die Leitentladung bildet die Vorstufe für die spätere Hauptentladung. Walter vertritt nun demgegenüber die Anschauung, daß einer stetigen ersten Leitentladung ruckartige Nachströmungen von Elektrizität in die bereits gebildeten Teile der Bahnlinie in bestimmten Zeitabständen folgen und dabei die Bahnlinie mit einer Raumladung versehen wird. (Die schematische Darstellung der Walterschen Darstellung der Vorgänge in der Blitzbahn scheint dem Berichtersteller allerdings

DK 551.594.221.001.5

im Widerspruch zu stehen mit dem experimentellen Befund von Schonland, der sich bis auf die hypothetische Lotsenströmung besser mit dessen Deutung deckt.) Sobald die Leitentladung den Erdboden erreicht hat, setzt die schnell von unten nach oben fortschreitende Hauptentladung ein, die ihrerseits aus mehreren Teilen bestehen kann. Während nun nach Schonland diese Hauptentladung in einem Ladungstransport in den Blitzkanal hinein bestehen sollte, stellt Walter dem die wohl einzig richtige Deutung gegenüber, daß es sich hierbei um einen Abbau der durch die Leitentladung in der Blitzbahn angehäuften Raumladungen nach Erde handelt<sup>2)</sup>. Die Hauptentladung erlischt, sobald die gesamte im Kanal angehäuften Raumladung durch die einzelnen Stufen der Hauptentladung erschöpft ist.

Walter findet ferner eine bei Schonland noch fehlende sinngemäße Deutung der Verschiedenheit der Vorwachs-geschwindigkeit der späteren (stetigen) Leitentladungen in der gleichen Blitzbahn. Während Schonland nach einem Zusammenhang zwischen dieser Vorwachs-geschwindigkeit und der Stromstärke in der anschließenden Hauptentladung sucht, aber ihn experimentell schlecht bestätigt findet, zeigt Walter, daß nach seinen Theorien ein kausaler Zusammenhang zwischen der Stromstärke der vorausgegangenen Hauptentladung und dem zeitlichen Abstand zwischen dieser und der anschließenden Leitentladung einerseits und der Vorwachs-geschwindigkeit dieser Leitentladung andererseits bestehen müsse. Soweit er die Schonlandschen Unterlagen dafür heranziehen kann, findet er eine ausgezeichnete Bestätigung seiner Theorie, die darauf gegründet ist, daß die Vorwachs-geschwindigkeit mit der Rest-ionisation, die von der vorhergehenden Hauptentladung in der Bahnlinie vorhanden ist, zusammenhängen müsse. Sgn.

<sup>1)</sup> B. Walter, Ann. Phys., Lpz. 34 (1930) S. 644; 21 S., 5 B.

<sup>2)</sup> Vgl. a. Schwenkhagen, Gewitter und Gewitterwirkungen Schrift. Naturforsch.-Ges. Danzig 20 (1937) H. 2.

## Der Einfluß einer Wolke bei Blitz-Modellversuchen

(Mittteilung aus dem Hochspannungsversuchsfeld des Schaltwerks der Siemens-Schuckertwerke AG.)

Von Werner Weber VDE, Berlin

**Übersicht.** Es wurde untersucht, ob bei Blitzmodellversuchen die seitliche Ausdehnung einer Wolke berücksichtigt werden muß, oder ob es genügt, den oberen Teil des Blitzes nur durch eine leitende Metallstange zu ersetzen. Zu diesem Zweck wurden Feldbilder in der elektrolytischen Wanne aufgenommen und an Modellanordnungen Stoßüberschlagsversuche ausgeführt.

### 1. Einleitung

Bei Modellversuchen über die Blitzgefährdung von Masten, Leitungen, Gebäuden oder dergleichen und über den Schutzwert von Erdseilen und Blitzableiterstangen taucht die Frage auf, wie man sie ausführen soll, damit möglichst der Natur ähnliche Erscheinungen auftreten. Für die Vorgänge beim Blitzschlag sind elektrische Felder zwischen und unter den Wolken, vor dem Kopf des zur Erde niedergehenden Blitzes und vor den geerdeten, blitzgefährdeten Gegenständen maßgebend. Zur richtigen modellmäßigen Nachahmung dieser Vorgänge sind daher schon mehrfach Überlegungen über die Ladungsverteilung in den Wolken und die Entstehung des Blitzes angestellt<sup>1), 2), 3)</sup>. Eine Frage bei der Ausführung von Modellversuchen ist, wie man den Blitz darstellt. Alle bisherigen Versuche sind mit Stoßspannung ausgeführt. Um dabei mit kleinerer Spannung auszukommen oder bei gegebener Spannungshöhe die Modelle für die Leitungen, Maste und Häuser möglichst groß machen zu können, wird der obere Teil des von der Wolke ausgehenden Blitzes durch eine Metallstange ersetzt, deren Ende dann den Blitzkopf in einem bestimmten Augenblick darstellt. Über die zweckmäßigste Höhe dieses Blitzkopfes bei Modellversuchen sind von Matthias und Burkhardt<sup>4)</sup> und Schwaiger und Ziegler<sup>5)</sup> Untersuchungen angestellt worden. Eine zweite wichtige Frage ist, wie man die Wolken und den durch ihr Feld bedingten Einfluß darstellt, und ob überhaupt ein Einfluß der Wolken vorhanden ist.

Es sind Modellversuche mit<sup>6)</sup> und ohne<sup>7)</sup> Nachahmung einer Wolke angestellt worden. Von der einen Seite wird die Wolke durch eine große leitende Platte oder Walze nachgebildet, von der anderen Seite wird ein solches Wolkenmodell verworfen, da die wirkliche Wolke kein vollkommen leitendes Gebilde mit gleicher Spannung an allen Punkten ist und günstigenfalls durch ein halbleiterartiges Gebilde nachgeahmt werden kann. Eine wirklich naturgetreue Nachbildung der Gewitterwolken dürfte, selbst wenn wir die Gewittervorgänge in den Wolken genau kennen, außerordentlich großen experimentellen Schwierigkeiten begegnen. Bei einer richtigen Nachahmung der Wolken dürfte eigentlich auch nur ihre Ladung und nicht die einer angeschlossenen anderen Spannungsquelle beliebiger Ergiebigkeit durch den Blitz ausgeglichen werden. Für die Ausführung von Modellversuchen ist also die Entscheidung, ob und wie eine Wolke anzubringen ist, von Bedeutung.

Das gänzliche Fortlassen der Wolke wie auch ihr Ersetzen durch ein vollständig leitendes Gebilde, das an allen Stellen gleiche Spannung hat, ist sicher nicht natur-

DK 551.594.22.001.57 : 621.315 : 621.316.98  
richtig, vielmehr stellen beide Anordnungen Grenzfälle dar, zwischen denen die wirklichen Verhältnisse liegen werden. Bei Untersuchungen über die Schutzwirkung von Erdseilen bei Freileitungen wurden daher im Versuchsfeld Versuche darüber angestellt, ob es von Einfluß auf das Feldbild zwischen dem Blitzkopf und den geerdeten Teilen und damit auf den Blitzeinschlag ist, wenn die Wolke durch eine leitende Platte nachgebildet oder ganz fortgelassen wird. Dazu wurden die Feldbilder zwischen Blitzkopf und Mast bzw. Leitung ermittelt und Stoßüberschlagsversuche mit und ohne Wolke ausgeführt.

### 2. Versuchsanordnung

Die Ausmessung der Feldbilder geschah an Modellen in der elektrolytischen Wanne, die eine Grundfläche von  $90 \times 130$  cm bei 70 cm Höhe hatte<sup>8)</sup>. Wolke und Erde wurden aus Kupferblechen gebildet, auf denen Blitz und Mast als Kupferstäbe angebracht waren. Es wurden die Äquipotentiallinien in einer durch den Blitz und Mast gehenden Ebene ermittelt. In den folgenden Bildern und Kurven, die Ergebnisse der ausgeführten Messungen wiedergeben, wird die Spannung am Mast mit 0 %, die Spannung am Blitz mit 100 % bezeichnet.

Bei maßstäblicher Verkleinerung einer Anordnung mit der Wolkenhöhe von 700 m und einer Masthöhe von 30 m wird

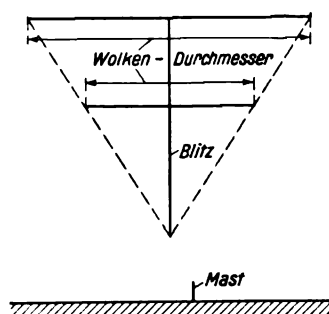


Bild 1. Modellanordnung mit nachgebildeter Wolke.

der Mast als Modell nur sehr klein und die Meßgenauigkeit für sein Feldbild nur gering. Das Feldbild zwischen Blitzkopf und Mastspitze bleibt, wie Vergleichsversuche zeigten, praktisch gleich, wenn die Höhe der Wolke über dem Blitzkopf und ihre seitliche Ausdehnung im gleichen Verhältnis, etwa auf die Hälfte, verkleinert werden, wie Bild 1 veranschaulicht. Diese Anordnung mit verklei-

nerter Wolke kann dann in größerem Maßstab als Modell nachgebildet werden.

Es wurden Anordnungen untersucht, bei denen sich der Blitzkopf senkrecht über dem Mast befand, und solche, bei denen er seitlich verschoben war. Stoßspannungsüberschläge wurden an einem vergrößerten Modell (Masthöhe 15 cm) mit einer Stoßwelle 1/50 ausgeführt<sup>9)</sup>.

### 3. Einfluß der Wolke auf Feldstärke und Überschlagspannung

Die Bilder 2 und 3 zeigen als Beispiel Feldbilder, bei denen der Mast um seine doppelte Länge seitlich verschoben ist.<sup>10)</sup> Eine zahlenmäßige Auswertung der so ausgemessenen Feldbilder wurde in der Weise vorgenommen, daß auf der Verbindungsgeraden zwischen Mastspitze und Blitzkopf die Spannungsverteilung gemessen wurde. Dabei ergeben sich Kurven, wie sie Bild 4 für die Feldbilder auf den Bildern 2 und 3 zeigt. Als

<sup>1)</sup> M. Toepler, Hesch-Mitt. (1926) H. 25, S. 743.

<sup>2)</sup> A. Matthias, ETZ 58 (1937) S. 881.

<sup>3)</sup> B. F. J. Schonland, D. M. Malan u. H. Collins, Prov. roy. Soc., Lond. A 152 (1935).

<sup>4)</sup> A. Matthias u. W. Burkhardtmaier, ETZ 60 (1939) S. 681.

<sup>5)</sup> A. Schwaiger u. H. Ziegler, Rosenthal-Mitt. (1939) H. 23, S. 1.

<sup>6)</sup> A. M. Zaleski, CIGRE-Bericht 317 (1935).

<sup>7)</sup> A. Matthias, s. Fußnote 2 und 4.

<sup>8)</sup> W. Estorff, Diss. T. H. Berlin 1915.

<sup>9)</sup> An der Ausführung der Messungen war Herr Dr. phil. M. Pfeifer wesentlich beteiligt.

<sup>10)</sup> Die hier wiedergegebenen Feldbilder sind Ausschnitte aus dem gesamten Feldbild.



Abszisse sind die Entfernungen in % des Gesamtabstandes (Mastspitze 0 %, Blitz 100 %), als Ordinate die Spannungen in % der Gesamtspannung aufgetragen. Bild 5 zeigt die entsprechende Spannungsverteilung für die Anordnung Mast senkrecht unter dem Blitzkopf, Bild 6 für die An-

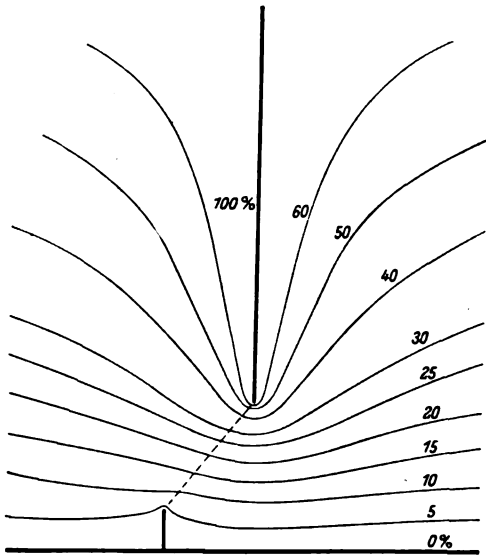


Bild 2. Feldbild zwischen Blitzkopf und Mast mit Wolke. Mast um doppelte Mastlänge seitlich versetzt.

ordnung Mast um einfache Masthöhe seitlich versetzt. Aus den Feldbildern und Kurven ist zu ersehen, daß die Feldstärke vor dem Blitzkopf durch die Wolke praktisch nicht beeinflußt wird, daß sie aber vor der Mastspitze bei Vorhandensein der Wolke größer ist als ohne Wolke, da der Spannungsanstieg mit Wolke steiler verläuft.

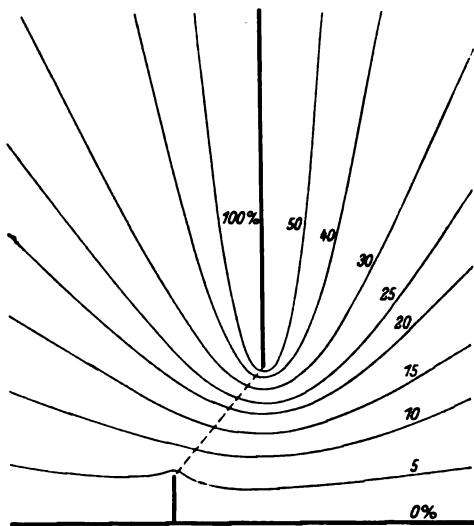


Bild 3. Feldbild zwischen Blitzkopf und Mast ohne Wolke. Mast um doppelte Mastlänge seitlich versetzt.

Wenn durch Anbringen einer Wolke eine Änderung der elektrischen Feldstärke entsteht und dadurch die Entladungsbedingungen für den Überschlag verändert werden, müßte sich dies auch bei Ausführung von Überschlagsversuchen zeigen. Es wurden daher für ein vergrößertes Modell mit und ohne Wolke zwischen dem Blitzkanal und dem auf geerdeter Blechplatte stehenden Mast bei verschiedener seitlicher Stellung desselben die 50 %-Überschlagstoßspannungen gemessen, die in nachfolgender Tabelle angegeben sind. Die Versuchsanordnung war: Masthöhe 150 mm, Blitzkopfhöhe 500 mm, Wolkenhöhe 2600 mm, Wolkendurchmesser 1250 mm. Die angegebenen Zahlen sind Mittelwerte aus 3 bis 4 Messungen mit 120 Überschlägen je Messung.

Maststellung	Polarität des Blitzes	Überschlagspannung U in kV		Verhältnis U ohne Wolke / U mit Wolke
		ohne Wolke	mit Wolke	
senkrecht unter Blitzkopf	+	250	241	1,035
	-	314	313	1,004
um einfache Masthöhe seitlich verschoben	+	264	256	1,031
	-	346	338	1,026
um doppelte Masthöhe seitlich verschoben	+	291	286	1,019
	-	405	393	1,030

Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten mit und ohne Wolke liegen zwar innerhalb der Streuung der Einzelmessungen, aber trotzdem liegen die mit Wolke gemessenen Mittelwerte ausnahmslos einige Procente tiefer, so daß doch eine Gesetzmäßigkeit vorzuliegen scheint,

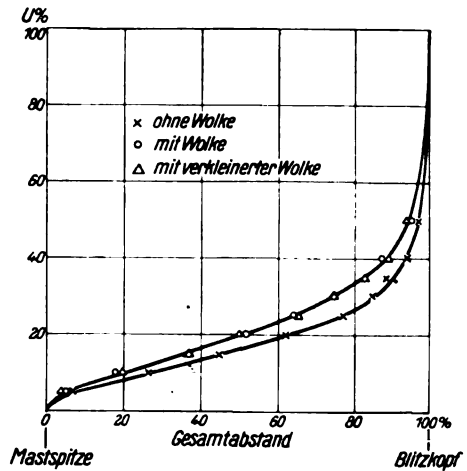


Bild 4. Spannungsverteilung auf der Verbindungsgeraden zwischen Blitzkopf und Mastspitze. Mast um seine doppelte Länge seitlich versetzt, Blitzkopfhöhe 3,5mal Mastlänge.

die in Übereinstimmung mit den Feldbildern und Spannungsverteilungskurven, Bild 2 bis 6, steht, die zeigen, daß die Feldstärke vor der Mastspitze mit Wolke etwas höher als ohne Wolke ist, so daß mit Wolke zum Überschlag eine etwas kleinere Spannung ausreicht.

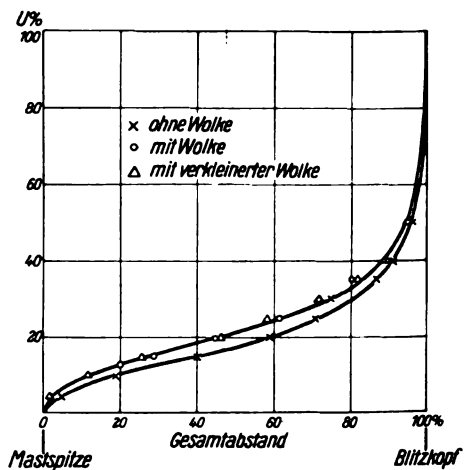


Bild 5. Spannungsverteilung auf der Verbindungsgeraden zwischen Blitzkopf und Mastspitze. Mast senkrecht unter Blitzkopf, Blitzkopfhöhe 3,5mal Mastlänge.

#### 4. Einfluß der Wolke auf den Blitzweg

Bei gleichbleibender seitlicher Versetzung des Mastes wurden für verschiedene Höhe des Blitzkopfes, d.h. verschiedene Zeitmomente des vorwachsenden Blitzes, die Feldbilder in der elektrolytischen Wanne aufgenommen. Aus diesen Bildern ist zu entnehmen, daß die Richtung

des größten Spannungsgefälles, also der größten Feldstärke unter dem Blitzkopf, immer senkrecht nach unten zur Erde gerichtet ist, sich also durch das Vorhandensein eines Mastes nicht beeinflussen läßt, daß dagegen an der Mastspitze die Richtung der größten Feldstärke sich stetig drehend dem vorwachsenden Blitzkopf zuwendet. Bei Vorhandensein einer Wolke ist diese Felddrehung vor der Mastspitze geringer als ohne Wolke.

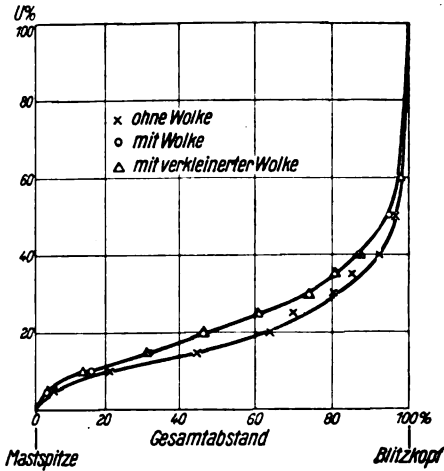


Bild 6. Spannungsverteilung auf der Verbindungsgeraden zwischen Blitzkopf und Mastspitze. Mast um seine einfache Länge seitlich versetzt, Blitzkopfhöhe 3,5 mal Mastlänge.

Der Blitz steuert also nicht auf sein Einschlagsobjekt zu. Aus der Mastspitze wachsen ihm vielmehr, wie Versuche zeigen, Vorentladungen entgegen, die bei positivem Mast (negativem Blitz) länger sind als bei positivem Blitz. Bei negativem Blitz erfolgen bei gleichem seitlichen Abstand und gleicher Höhe des Blitzkopfes mehr Einschläge in den Mast als bei positivem Blitz. Um auch den Einfluß einer Wolke hierauf festzustellen, wurde die prozentuale Verteilung der Einschläge in Mast und Erde bei der 50 %-Überschlagstoßspannung für konstante Blitzhöhe und verschiedene seitliche Stellung des Mastes bestimmt. Bild 7 zeigt die Verteilungskurven für positive

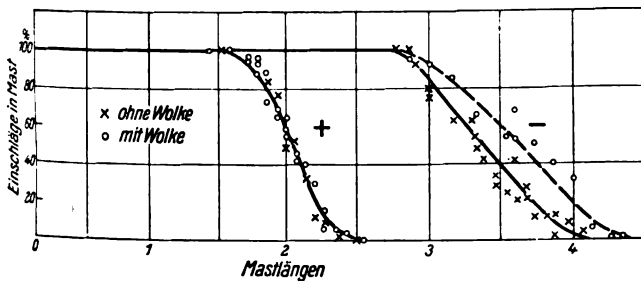


Bild 7. Verteilung der Blitzeinschläge bei seitlicher Maststellung.

und negative Blitze mit und ohne Wolke, wobei die gleichen Abmessungen wie bei der Messung der Überschlagsspannung unter Abschnitt 3 vorlagen. Bei positivem Blitz zeigt sich gar kein, bei negativem Blitz ein geringer Unterschied zwischen der Anordnung mit und ohne Wolke. Bei positiven Blitzen gehen bei einer seitlichen Mastentfernung von 1,5 mal Mastlänge 100 % der Blitze in den Mast, bei 2,5 mal Mastlänge 100 % in die Erde. Dazwischen liegt ein Übergangsgebiet; bei etwa 2 mal Mastlänge gehen 50 % in den Mast und 50 % in die Erde. Dieses Übergangsgebiet liegt bei negativen Blitzen bei wesentlich größerem seitlichen Mastabstand und ist breiter. Bei 2,8 mal Mastlänge gehen noch 100 % in den Mast und erst bei 4,3 mal Mastlänge gehen 100 % in die Erde. Die Trefferzahl von 50 % liegt ohne Wolke bei 3,3 mal Mastlänge, mit Wolke bei 3,6 mal Mastlänge. Der

Gefährdungsradius ist bei negativem Blitz also erheblich größer als bei positivem.<sup>11)</sup> Wenn der Blitzkopf bis in die Nähe des Mastes vorgewachsen ist, erfolgt der Einschlag nach Erde oder in den Mast entsprechend den günstigsten Entladungsbedingungen, d. h. dort, wo die Gegenelektrode „elektrisch“ am nächsten ist. Bei positivem Blitz deckt sich die geometrische Entfernung etwa mit der „elektrischen“, beim negativen Blitz ist jedoch die geometrische Entfernung bedeutend größer als die „elektrische“, da diese nur vom Blitzkopf bis etwa zum Ende der Vorentladung zu werten ist. Als Anhaltspunkt für eine Vorstellung von der Größenordnung der Länge der Vorentladung kann die Verschiebungsdifferenz der beiden Verteilungskurven für positive und negative Blitze auf Bild 7 angesehen werden.

5. Einfluß der Wolke bei einer Leitung mit Vorspannung

Es erhebt sich die Frage, ob die auf den Leitungsseilen liegende Betriebsspannung Einfluß auf das elektrische Feld zwischen Blitz und Leitung bzw. Mast und damit auf den Blitzeinschlag nehmen kann. Zur Klärung dieser Frage wurde das Feldbild einer Leitung, bestehend aus zwei Drähten, von denen sich an jeder Mastseite einer befand, in der elektrolytischen Wanne untersucht, wobei beide Drähte die gleiche Spannung führten<sup>12)</sup>. Die in Prozenten der Gesamtspannung ausgedrückten Vorspannungen wurden im Vergleich zur ganzen Blitzspannung verhältnismäßig hoch (bis 50 %) gewählt, um den Einfluß möglichst deutlich hervortreten zu lassen. Sie seien hier als positiv bezeichnet, wenn das Potential der Leitung zwischen dem des Mastes und dem des Blitzes liegt, als negativ, wenn das Potential des Mastes zwischen dem der Leitung und dem des Blitzes liegt.

Die Feldbilder und Spannungsverteilungskurven lassen erkennen, daß die Feldstärke vor der Mastspitze durch positive Vorspannung der Leitung erhöht, durch negative verringert wird. Dabei ist sie mit Wolke größer als ohne Wolke. Die Feldstärke vor dem Blitzkopf wird bei beiden Polaritäten praktisch nicht beeinflußt.

Das vorgespannte Leitungsseil stellt in dem Feld zwischen Mast und Blitzkopf bei positiver Vorspannung einen Quellpunkt, bei negativer Vorspannung einen Senkpunkt dar. Bei positiver Vorspannung liegt dadurch zwischen Leitungsseil und Blitz ein „Tal“; dieses ist ohne Wolke stärker ausgeprägt als mit Wolke.

Infolge dieses Quellpunktes findet bei starker positiver Vorspannung vor dem Leitungsseil eine Feldschwächung statt, die um so geringer wird, je geringer die Vorspannung ist und schließlich in Feldstärke übergeht. Auch im Spannfeld zwischen zwei Masten erhöht bei vorgespanntem Leitungsseil die Wolke die Feldstärke vor den Erd- und Leitungsseilen. Die Vorspannung ist aber bei naturrichtigem Verhältnis zur Höhe der Gesamtblitzspannung von verschwindend kleinem Einfluß.

Zusammenfassung

Die Versuche haben gezeigt, daß bei Modellversuchen, bei denen der obere Teil des zur Erde niedergehenden Blitzes durch eine leitende Stabelektrode nachgebildet wird, durch Anbringen einer Wolke die Feldstärke vor dem Blitzkopf gar nicht, vor den geerdeten Teilen etwas erhöht wird. Da die wirkliche Wolke aber eine Mittelstellung zwischen den beiden untersuchten Grenzordnungen einnimmt, sind die Abweichungen der bei dieser Anordnung erhaltenen Werte von der Wirklichkeit noch geringer. Bei derartigen Modellversuchen ist es also von untergeordneter Bedeutung, ob eine Wolke nachgeahmt wird oder nicht.

<sup>11)</sup> Siehe Fußnote 2.

<sup>12)</sup> Ähnliche Bilder in ausführlicherer Form siehe R. Stein, Siemens-Z. 5 (1925) S. 301. Bei diesen ist jedoch kein Blitzkanal, sondern eine ebene Wolke angenommen.

## Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A

VDE-Ausschuß für Sicherungswesen

DK 621.316.923(083.133)

### VDE 0635a/XI. 39

#### 1. Änderung der Fassung VDE 0635/VI. 39<sup>1)</sup>

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Vorschriften gelten für Erzeugnisse, die nach dem 1. Januar 1941 hergestellt werden.

§ 9.

Kriech- und Luftstrecken.

a) Zu der Angabe

„Kriech- und Luftstrecke zwischen einem Spannung führenden Teil und der Auflagefläche (Rückseite) . . . . . 10 mm“

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Dezember 1939.

wird folgende Fußnote zugefügt:

<sup>4)</sup> Gilt nur für Sicherungssockel mit vorderseitigem Anschluß.

§ 16.

Überstromsicherheit, Abschaltzeiten.

a) wie bisher.

b) Bei Schmelzeinsätzen nach DIN VDE 9360, Blatt 2, müssen die in Tafel V oder VI angegebenen Abschaltzeiten eingehalten werden. Die Prüfung erfolgt vom kalten Zustand der Schmelzeinsätze aus.

c) Ausführungen, die von DIN VDE 9360, Bl. 2 abweichen, dürfen, wenn sie hinsichtlich Grenzstrom, Überstromsicherheit und Schaltvermögen den §§ 15, 16 a) und 18 genügen, größere Abschaltzeiten aufweisen, als in Tafel VI festgelegt ist.

d) In Sicherungssockeln nach § 6 verwendbare Schmelzeinsätze, deren Abschaltzeiten zwischen den in den Tafeln V und VI angegebenen Werten liegen, sind unzulässig.

## Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung

VDE-Ausschuß für Schalt- und Steuergeräte

DK 621.316.542(083.133)

### VDE 0660 b/IX. 39

#### 2. Änderung der ab 1. 7. 1928 gültigen Fassung

Gültig ab 1. Januar 1941<sup>1)</sup>

§ 50.

Abschmelzen von Schmelzeinsätzen und Schmelzstreifen.

a) Ein Schmelzeinsatz muß bei einem Nennstrom bis 60 A mindestens 1 h, bei einem Nennstrom über 60 A mindestens 2 h den kleinsten Prüfstrom nach Tafel VI aushalten. Der so geprüfte Schmelzeinsatz ist zu weiteren Prüfungen nicht zu verwenden.

b) Ein Schmelzeinsatz muß bei Belastung mit dem größten Prüfstrom nach Tafel VI bei einem Nennstrom bis 60 A innerhalb von 1 h, bei einem Nennstrom über 60 A innerhalb von 2 h abschmelzen.

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im September 1939.

c) Schmelzstreifen für alle Nennströme müssen den kleinsten Prüfstrom nach Tafel VI mindestens 1 h aushalten und bei Belastung mit dem größten Prüfstrom nach Tafel VI innerhalb von 1 h abschmelzen.

Tafel VI.

1	2	3	4
Art und Nennstrom $I_n$	kleinster Prüfstrom	größter Prüfstrom	Prüfdauer
Schmelzeinsätze			
6 bis 10 A	$1,5 \cdot I_n$	$1,9 \cdot I_n$	1 h
15 „ 25 A	$1,4 \cdot I_n$	$1,75 \cdot I_n$	1 h
35 „ 60 A	$1,3 \cdot I_n$	$1,6 \cdot I_n$	1 h
80 A und darüber	$1,3 \cdot I_n$	$1,6 \cdot I_n$	2 h
Schmelzstreifen	$1,6 \cdot I_n$	$1,8 \cdot I_n$	1 h

## Regeln für Klemmenbezeichnungen

VDE-Ausschuß für Klemmenbezeichnungen

DK 621.315.684/685(083.133)

### VDE 0570 b/I. 40

#### 2. Änderung der ab 1. 12. 1938 gültigen Fassung


Gültig ab 1. Februar 1940<sup>1)</sup>

§ 5.

Anschlußstellen für Erdungs- und Schutzleitungen.

a) Anschlußstellen für Erdungs- und Schutzleitungen werden im Gegensatz zu den nach §§ 3 und 4 mit Buchstaben bezeichneten Klemmen und Netzleitungen mit Symbolen bezeichnet, und zwar werden


1. im gesamten Spannungsbereich


Anschlußstellen für Erdungsleitungen [siehe § 2 f) und h) von VDE 0100/IX. 39 und § 2 e) und f) von VDE 0101/XII. 37] — mit dem Erdungszeichen  nach DIN VDE 11<sup>2)</sup> bezeichnet;

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Januar 1940.

<sup>2)</sup> In Vorbereitung.

2. in Anlagen unter 1000 V

Anschlußstellen für Schutzleitungen [siehe § 2 h) von VDE 0100/IX. 39 und § 3, Ziffer 20, von VDE 0140/1932] zur wahlweisen Verwendung für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung — mit dem Schutzzeichen (Erdungszeichen im Kreise)  nach DIN VDE 11<sup>2)</sup> bezeichnet.

Eine Klemme kann unter Umständen mit Buchstaben und Symbol bezeichnet sein, z. B. Klemme Mp eines Wicklungssternpunktes, der unbedingt geerdet werden muß: .

b) Die Regeln unter a) gelten in dem Sinne, daß vorhandene Geräte, Maschinen und dgl. nach den alten Bezeichnungen weitergeliefert werden können, jedoch bei Neuanfertigungen die neuen Bezeichnungen nach Maßgabe der wirtschaftlichen Möglichkeiten anzubringen sind.

# RUNDSCHAU

## Elektrowärme

DK 621.365.2.015.2 : 621.319.4.062.2

**Dämpfung der durch Lichtbogenöfen verursachten Spannungsschwankungen.** [Nach R. Arnold, Elektrowärme 9 (1939) S. 53; 5 S., 3 B.]

Der Reihenkondensator<sup>1)</sup> stellt ein vorzügliches Mittel dar, die Spannung trotz der sehr starken schwankenden Belastung von Lichtbogenöfen zu beruhigen. Der Kondensator wird zweckmäßigerweise unmittelbar vor dem Netzknoten eingebaut — von der Speisestelle aus gesehen —, an dem der Ofen angeschlossen ist. Hierdurch wird der Widerstand der Verbindung zwischen der Speisestelle und diesem Netzknoten verkleinert. Die prozentualen Spannungsschwankungen an diesem Punkt sind:

$$u = \frac{r \operatorname{ctg} \varphi_0 + (x - x_c)}{(\operatorname{ctg} \varphi_0^2 + 1) x_0} 100\%$$

- r Wirkwiderstand der Zuleitung Speisestelle—Ofenanschluß
- x Blindwiderstand der Zuleitung Speisestelle—Ofenanschluß
- x<sub>c</sub> Blindwiderstand des Reihenkondensators
- x<sub>0</sub> Blindwiderstand des Ofens einschließlich Drossel und Leitungen
- ctg φ<sub>0</sub> =  $\frac{\text{Blindwiderstand}}{\text{Wirkwiderstand}}$  des Ofens.

Sie sind am geringsten, wenn die Induktivitäten der Zuleitung durch den Kondensator gerade ausgeglichen werden, und betragen dann

$$u_c = \pm \frac{r}{4 x_0} 100\%$$

Das Verhältnis der Spannungsschwankungen ohne und mit Reihenkondensator ist in grober Annäherung mit

$$\frac{u_0}{u_c} = 2 \frac{x}{r}$$

nur vom Verhältnis der Blind- und Wirkwiderstände der Zuleitung abhängig.

Die Leistung des Reihenkondensators ist  $N_{cr} = \left(\frac{N_s}{U}\right)^2 x_c$  mit N<sub>s</sub> als maximaler Durchgangsscheinleistung der Verbindung Speisequelle—Ofenanschluß. Bild 1 zeigt die Spannungsabfälle ohne und mit Kondensator für folgende Verhältnisse:

r	2,4 Ω
x	19,3 Ω
Normalwirkleistung des Ofens	3 MW
Normalblindleistung des Ofens	1,5 MW
N <sub>s</sub>	6 MVA
höchste Spannungsschwankungen	
ohne Reihenkondensator	± 5,75%
mit Reihenkondensator	± 0,35%

Die Leistung des Ofens wird außerdem durch die teilweise Kompensation der Ofendrossel etwas erhöht.

Der Reihenkondensator ist nur dann von Vorteil, wenn x größer ist als r und die maximale Durchgangsscheinleistung nicht zu groß gegenüber der Ofenleistung. Er hat die gleiche phasenverbessernde Wirkung wie ein Parallelkondensator gleicher Leistung, bringt aber bei nicht zu kleiner Phasenverschiebung bessere Spannungsverhältnisse. Das Verhältnis der Leistungen eines Parallelkondensators zu einem Reihenkondensator mit gleicher spannungsverbessernder Wirkung bei x<sub>c</sub> = x und Belastung mit der vollen Durchgangsscheinleistung ist allgemein:

$$\frac{N_{cp}}{N_{cr}} = \frac{Z \sin \varphi}{x}; Z = \frac{U^2}{N_s}$$

Nach Einbau eines Reihenkondensators kann die Belastung auf das (1 + x/r tg φ)-fache gesteigert werden, bis der ursprüngliche Spannungsabfall wieder erreicht wird. Ein gleich großer Parallelkondensator würde demgegenüber nur eine unbedeutende Leistungssteigerung ermöglichen. Die Verminderung der Übertragungsverluste ist bei beiden Kondensatoren gleicher Leistung praktisch dieselbe. [Anmerkung d. Ber. Die bekannte, von Ar-

nold besonders für den Anschluß von Lichtbogenöfen untersuchte spannungsverbessernde Wirkung des Reihenkondensators wurde bisher nur in Amerika in einigen Fällen praktisch ausgenutzt. Die Vorrichtung zum Schutz des Reihenkondensators gegen unzulässige Spannungsbeanspruchungen beim Kurzschluß, auf die Arnold auch hinweist, muß sehr schnell ansprechen, er-

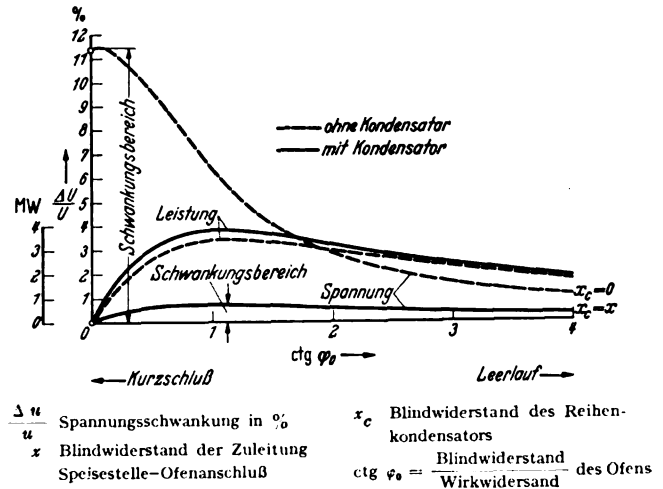


Bild 1. Einfluß des Reihenkondensators auf die Spannungsschwankungen und die Ofenleistung.

fordert daher Entladungsröhren, die den Betriebsstrom wenigstens kurzzeitig bis zum Schließen eines Überbrückungsschalters führen können. Diese Schutzeinrichtung verteuert die Anlage. Es kommt hinzu, daß bei überwiegender Motorenbelastung Pendelungen auftreten können, die den Betrieb der Motoren unmöglich machen. Diese beiden Gründe haben den Einsatz von Reihenkondensatoren offensichtlich stark gehemmt.] B. St.

DK 621.365.453

**Erfahrungen mit elektrischen Brotbacköfen.** [Nach E. Kohler, Elektrizitätsverw. (1938/39) H. 6/7; 5 1/2 S., 9 B.]

Der erste elektrische Backofen wurde im Jahre 1902 im Hotel Caux-Palace bei Montreux in der Schweiz errichtet. Es war ein mechanischer Ofen mit kreisrunder, drehbarer Backfläche von 2,1 m Dmr., der sich verhältnismäßig gut bewährte. In den Jahren 1904 bis 1925 wurden dann vor allem gemauerte Backöfen gebaut, bei denen die Heizkörper für Ober- und Unterhitze in Speichersteinen eingelagert waren. Erst im Jahre 1930 ging man dazu über, die Oberhitze frei in den Backraum zu verlegen und auf Mauerwerk fast vollständig zu verzichten.

Bei den neuesten Ofenkonstruktionen erfolgt die Wärmespeicherung in Stahlplatten, die Unterhitze ist in die Speicherplatten eingelagert, die Oberhitze frei in den Raum strahlend. Die Öfen zeichnen sich durch hervorragenden Wärmeschutz aus. Während bei den alten gemauerten Backöfen die Wärmeverluste noch 66,5% der Gesamtwärmezufuhr betrug, ist bei den neuen Bauarten der Wärmeverlust auf 35,7% zurückgegangen. Dementsprechend hat sich der spezifische Stromverbrauch von 0,85 kWh je kg Brot bis auf 0,4 bis 0,5 kWh je kg Brot senken lassen, wodurch die Wirtschaftlichkeit elektrischer Brotbacköfen wesentlich gehoben wurde. Ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit ist stets der Wegfall jeder Bedienung. Den Einfluß der Bedienungskosten auf die gesamten Betriebskosten von Brotbacköfen verschiedener Heizungsart zeigt folgende Aufstellung:

	Heizungsart			
	Strom %	Dampf %	Kohle %	Holz %
Bedienungskosten	—	10	25	17
Verzinsung und Amortisation	38	15	16	9
Wärmekosten	62	75	59	74

<sup>1)</sup> Vgl. etwa Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 419. — ETZ 58 1937) S. 709.

Die Höhe des spezifischen Stromverbrauchs hängt stark von der Ausnutzung des Ofens ab. Der wirtschaftlich tragbare Strompreis ist jeweils unter Berücksichtigung der örtlichen Brennstoffpreise zu ermitteln. Er beträgt für die Schweiz etwa 3 Cts. je kWh (etwa 1,8 Rpf/kWh).

Nach diesen allgemeinen Erläuterungen werden umfangreiche Versuche an einem Brotbackofen mit 2 Backräumen von je 5 m<sup>2</sup> Grundfläche und insgesamt 63 kW Anschlußwert beschrieben. Der Ofen wurde fast ausschließlich mit Nachtstrom beheizt. Es ergab sich bei einer Versuchsdauer von 11 Tagen ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 0,48 kWh je kg Brot, wobei allerdings der Ofen nicht voll ausgenutzt war, da nur 2 bis 3 Schüsse je Tag bei einer Beschickung von 10,5 kg je m<sup>2</sup> Backherdfläche herausgebacken wurden. Der Ofen kann jedoch täglich 5 bis 6 Schüsse bei einer Besetzung von 15 kg je m<sup>2</sup> Backfläche herausbringen. Bei einem Einzelversuch mit voller Ausnutzung wurden bei 960 kg Brot 330 kWh — entsprechend einem spezifischen Stromverbrauch von 0,345 kWh je kg Brot — ermittelt.

Diese Zahlen stimmen gut mit den in Deutschland gemachten Beobachtungen überein. *Mö.*

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.1 (44)

**Die Fern- und Verteilungsfreileitungen der Zentral- und Westgebiete in Frankreich.** [Nach Aluminium 21 (1939) S. 314; 3½ S., 1 B.]

Die wirtschaftliche Verwertung der großen Wasserkräfte im Gebiet der Pyrenäen und des Zentralgebirges ist im Gegensatz zum Alpengebiet erst vor etwa 10 Jahren in Angriff genommen worden<sup>1)</sup>. Es entstanden zahlreiche Wasserkraftwerke, darunter Brommat, Sarrans, Coindre, Lamativie, Laval, Marèges, Eguzon, Roche-le-Peyroux, Taurion und Basse-Vienne sowie die geplanten Aigle und Saint-Étienne Cantalès. Da diese Werke teilweise beträchtlich von den Verbrauchsmittelpunkten entfernt liegen, mußten Fern- und Verteilungsleitungen zur Stromversorgung von Paris, Rochelle-Rochefort, Nantes-Saumur-Tours, Bordeaux und anderen Städten sowie Eisenbahngebieten gebaut werden. Auf einer Karte und in einer Übersicht mit den Hauptangaben sind die größeren Freileitungen in West- und Zentralfrankreich verzeichnet, wobei die überragende Rolle des Werkstoffes Stahlaluminium im Leitungsbau ersichtlich wird. Auch die beiden rd. 500 km langen 220 kV-Leitungen von Rucyres (Truyère) nach Cheville (Paris), die die Wasserkräfte des Zentralgebirges mit Paris verbinden, bestehen aus Stahlaluminium. An diese Leitung sind zahlreiche Kraftwerke mit kurzen Speiseleitungen angeschlossen. Weitere wichtige Verbindungen sind die 110 kV-Leitung Saint Marc-Taurion, die 90 kV-Bahnversorgungsleitung Marèges-Orléans-Paris und die 220 kV-Leitung Eguzon-Distré mit geplanten Verlängerungen nach Mans, Rouen und dem nördlichen Bergwerksgebiet. Eine 150 kV-Leitung geht von Pessac nach Cholet. Die Verteilungsleitungen besitzen 50 kV und mehr Betriebsspannung, bei ihnen ist der Anteil des Kupfers etwas größer, daneben aber Reinaluminium und eine Leitung aus Almélec vorhanden, das in Aufbau und Eigenschaften etwa der deutschen Aluminiumlegierung Aldrey entspricht. Da bei den Leitungen zur Verminderung der Koronaverluste ein Mindestdurchmesser eingehalten werden muß, sind Stahlaluminiumleitungen gegenüber Ausführungen aus Kupfer im Vorteil. Ferner wurde bewußt das landeseigene Erzeugnis vorgezogen. Obwohl die Aluminiumleitungen durch rauhe Berggegenden und feuchte Ebenen führen, sind sie Kupferleitungen mindestens ebenbürtig.

an

DK 621.315.2 : 621.317.333.4

**Vorausbestimmung von Fehlern in Starkstromkabeln.** [Nach Elektrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 27; 8 S., 13 B.]

Fehler in Starkstromkabeln können verschiedene Ursachen haben: z. B. Zerstörung der Isolation, Fabrikationsmängel, mechanische Beschädigung, Korrosion des Bleimantels usw. Wenn es möglich ist, solche Fehler zu erkennen, ehe sie zur Störung führen, so wird damit ein erheblicher Fortschritt in der Betriebssicherheit der Starkstromkabelnetze erreicht. Eingehende Versuche wurden in dieser Richtung seit etwa 1935 in den Laboratorien an 22 kV-Kabeln und anschließend direkt im Netz in Tokio durchgeführt, um schwache Stellen in Kabeln feststellen zu können.

<sup>1)</sup> ETZ 60 (1939) S. 25.

Die Untersuchungen, die an gürtelisierten Kabeln vorgenommen wurden, ergaben die leicht erklärliche Tatsache, daß es durch Wechselstrommessungen nicht möglich ist, irgendwelche Anzeichen für das Vorhandensein kranker Stellen im Kabel zu erhalten, da solche Fehler meist nur örtlich beschränkt sind und man bei Wechselstrommessungen nicht nur den Fehlerstrom, sondern auch den dielektrischen Verluststrom sowie den Ladestrom des gesamten Kabels mißt. Anders ist es bei Gleichstrom. Hier kann man durch die Messung der Änderung des Ableitungsstromes in Abhängigkeit von der Zeit einen sehr guten Anhalt bekommen, um festzustellen, ob das Kabel völlig gesund ist oder schwache Stellen enthält. Man benutzt dazu einen Hochspannungsgleichrichter. Bei guten Kabeln wächst der Isolationswiderstand mit steigender Spannung. Bei kranken Kabeln dagegen wird man einen ausgesprochen hohen Ableitungsstrom und ein allmähliches Anwachsen dieses Stromes mit der Zeit feststellen. Ferner wird der Strom um so schwankender sein, je fortgeschrittener die Zerstörung der Kabelisolation ist. Wenn es sich um Muffenfehler handelte, wobei eingedrungene Feuchtigkeit die Ursache ist, so waren die Ableitungsströme der drei Phasen nicht nur vergleichsweise sehr groß, sondern auch sehr unterschiedlich, und zwar deshalb, weil in den Muffen die Phasen verhältnismäßig weit auseinander lagen und das eindringende Wasser mehr Zeit brauchte, um alle drei Adern zu durchfeuchten. Beim Vorliegen von Kabelfehlern aus derselben Ursache waren dagegen die Unterschiede der gemessenen Ableitungsströme der drei Phasen nicht so groß. Bei lokalen Durchschlägen in der Isolation wird eine Hochfrequenzspannung in dem Kreis erzeugt, und wenn z. B. am Kabelende eine Funkenstrecke zwischen Leiter und Bleimantel angeschlossen wird, so treten dann an dieser Überschläge auf. Außerdem ist an der Fehlerstelle bei der Entladung ein Ton von außen hörbar, so daß man auf diese Weise eine engere Eingrenzung des Fehlers vornehmen kann.

Bei den systematisch durchgeführten Untersuchungen hat man etwa 80% der Fehler schon im voraus erkannt und durch geeignete Verfahren den Fehlerort ermitteln können, so daß Betriebsstörungen vermieden werden konnten. Mehrere Beispiele von Kabelfehlern, die nach obigem Verfahren gefunden wurden, werden eingehend beschrieben, und es wird darauf hingewiesen, daß Vorbedingung für eine rasche Fehlerermittlung ein leicht tragbares Prüfgerät ist, das einfach zu bedienen sein muß und wenig Personal erfordert. Wünschenswert ist es, daß vor Eintritt einer Störung eine Warnung durch Aufleuchten einer Lampe oder ein Klingelzeichen erfolgt. Die Versuche werden noch fortgesetzt, um weitere Merkmale zur rechtzeitigen Erkennung kranker Kabel zu erhalten. *Dö.*

DK 621.311.21(44) : 621.313.332

**Selbsttätige Kraftwerke kleiner Leistung mit Asynchrongeneratoren.** [Nach M. L. Besnard, Rev. gén. Électr. (1939) S. 323; 8½ S., 13 B.]

In Frankreich ist im letzten Jahrzehnt eine große Anzahl von selbsttätigen Asynchronkraftwerken kleiner Leistung von etwa 60 bis 100 kW für ländliche Versorgungsnetze zur Deckung der Leerlaufnetzverluste und für kleinere Industriebetriebe zur Ausnutzung nahe gelegener Wasserkräfte gebaut worden. Im ersten Teil des Aufsatzes werden die bekannten Ausführungsmöglichkeiten von Asynchrongeneratoren, insbesondere der synchronisierten Bauarten, ferner Asynchrongeneratoren mit eigenerregter Erregermaschine, mit Frequenzwandler und der läufergespeiste Generator mit ihren wesentlichsten Eigenschaften kurz behandelt. Der zweite Teil bringt dann eine besonders die selbsttätigen Einrichtungen umfassende Darstellung zahlreicher ausgeführter Anlagen. Die am meisten verbreitete Anwendung hat der synchronisierte Asynchrongenerator gefunden. Die ersten von Vaillaux mit derartigen Maschinen ausgerüsteten Anlagen hatten zur Erzielung niedriger Anlagekosten weder einen Geschwindigkeitsregler noch irgendwelche Abschlußorgane für den Wasserzulauf. Bei Störungen im Netz wurden die Maschinensätze einfach sich selbst überlassen und, nachdem bei Über- oder Unterschreiten der Nennspannung die Erregung abgeschaltet war, solange auf Durchgangsdrehzahl gefahren, bis sie nach Beheben der Störung bei wiederkommender normaler Netzspannung selbsttätig wieder ihren Belastungszustand aufnahmen. Die Erfahrung hat aber wohl ergeben, daß ein solcher Betrieb die Maschinensätze zu stark mitnimmt, so daß nunmehr in den neueren Werken doch ein auf den Turbinenleitapparat arbeitender Geschwindigkeitsregler vorgesehen wurde, der bei Störungen im Netz die Maschine auf einen in der Nähe der synchronen Drehzahl liegenden Wert festhält. Neben diesen Anlagen wurden zahlreiche kleinere

Werke mit normalem Asynchrongenerator, kompensiert durch Kondensatoren, erstellt, wobei die Abschlußorgane der Turbine durch einen Gleichstromhilfskreis gesteuert und die Generatoren durch einen einfachen Schalter vom Netz getrennt werden. Bei einer weiteren Ausführungsart mit synchronisierten Asynchrongeneratoren ist der Generator über zwei hintereinanderliegende Schalter an das Netz angeschlossen. Durch Schließen des ersten am Netz liegenden Schalters wird der Anlaufvorgang der Turbine eingeleitet und die Erregung der Maschine vorbereitet. Nach Hochlaufen des Maschinensatzes sorgt ein Gerät mit Frequenzabgleich dafür, daß die Maschine kurz nach Überschreiten der synchronen Drehzahl erregt und dann durch den zweiten Schalter mit verhältnismäßig geringem Stoß auf das Netz geschaltet wird. Neben diesen Werken, die nach erster Inbetriebnahme ganz selbsttätig durchlaufen, hat Lorfèvre erstmalig in Frankreich auch Werke mit Fernsteuerung von einem Hauptkraftwerk aus gebaut. Die Inbetriebsetzung der Turbine erfolgt mit einer Zweidrahtsteuerung über einen besonderen Servomotor. Nach dem Hochlaufen wird der Maschinensatz durch Ansprechen eines Fliehkraftreglers kurz nach Überschreiten der synchronen Drehzahl selbsttätig auf das Netz geschaltet. Auch das Abschalten des Maschinensatzes wird über die gleiche Zweidrahtsteuerung in umgekehrter Reihenfolge vorgenommen. Ein Teil der nach dieser Art gebauten Werke hat auch selbsttätige Steuerungen der Wassereinlaßapparaturen die in Abhängigkeit von der vorhandenen Wasserhöhe arbeiten. Die hierfür verwendeten Schaltungen und Anordnungen werden ebenfalls an mehreren Ausführungsbeispielen beschrieben. Für denjenigen, der sich über Ausführung, Schaltung und Anordnung von Asynchronkraftwerken kleiner Leistungen unterrichten will, gibt der Aufsatz mit seinen zahlreichen, der Praxis entnommenen Unterlagen, manche interessante Einzelheiten.

v. M.

**Elektrische Maschinen**

DK 621.314.2.003.I

**Der wirtschaftlichste Transformator.** [Nach F. Unger, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 1, S. 20; 11 S., 0 B.]

Die Arbeit ergänzt eine frühere Arbeit über „Bemessung von Transformatoren“<sup>1)</sup>. Eine Tafel beweist die Zuverlässigkeit des Verfahrens bei gegebenem Verlustverhältnis  $\xi$ . Allgemein gilt:

$$\xi = \frac{N_w}{N_e} = \frac{T}{t} = \frac{\int_0^t N_{wt} dt}{N_e t} \quad (1)$$

Hierin ist  $t$  die Belastungsdauer,  $T$  die Einschaltdauer,  $N_{wt}$  die Stromwärmeverlustleistung und  $N_e$  die Eisenverlustleistung. Der wirtschaftlichste Transformator verursacht bei gegebenen Verhältnissen die geringsten Kapitalkosten + Stromkosten + Instandhaltungskosten. Für den Anschaffungspreis  $P$  RM, die Lebensdauer  $n$  Jahre und den jährlichen Zinsfuß  $p$  % erhält man einen jährlichen Verzinsungs- und Abschreibungsfaktor  $\rho k$

$$\rho k = \frac{(q-1)q^n}{q^n-1} \quad (2)$$

$$q = 1 + \frac{p}{100} \quad (3)$$

Für die Stromkosten  $p_v$  RM/kWh erhält man die gesamten jährlichen Betriebskosten  $k$  zu:

$$k = \rho k P + 17,52 p_v N_e \quad (4)$$

Der Preis  $P$  setzt sich zusammen aus Eisenpreis  $P_e$ , Wicklungspreis  $P_w$  und Kosten für Isolatoren, Kessel und Ölfüllung. Letztere Kosten kann man durch einen Faktor  $q$  berücksichtigen. Man erhält für den billigsten Transformator

$$P = 2 q P_e \quad (5)$$

Auf Grund der Beziehungen der früheren Arbeit erhält man nach einigen Umformungen eine Beziehungsgleichung zwischen  $N_e$  und  $P$  in der Form:

$$N_e = \nu P^{-1/3} \quad (6)$$

Darin bedeutet

$$\nu = C_1 \sqrt[3]{2q} \frac{\gamma^{4/3}}{z \xi^{1/2}} \frac{N_i}{f} \quad (7)$$

und

$$C_1 = \frac{10 \sqrt{2}}{\pi} \beta \gamma_w \sqrt[3]{\frac{100 p_e \gamma_e}{\beta p_e}} \sqrt[3]{\frac{100 p_e \gamma_e}{7,85^2 k_e^2}} \quad (8)$$

<sup>1)</sup> Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 143.

Die einzelnen Größen sind der früheren Arbeit entnommen. Setzt man den Ausdruck für  $N_e$  in die Gleichung für  $k$  ein, so erhält man:

$$k = \rho k P + 17,52 p_v \nu P^{-1/3} \quad (9)$$

Durch Differentiation nach  $P$  erhält man:

$$P_0 = \left( \frac{17,52 p_v \nu}{3 \rho k} \right)^{3/4} \quad (10)$$

und

$$N_{e0} = \left( \frac{3 \rho k \nu^3}{17,52 p_v} \right)^{1/4} \quad (11)$$

Für diesen wirtschaftlichsten Transformator ist die Induktion:

$$B_0 = 10^4 \sqrt[3]{\frac{3 \rho p_e \rho k}{8,76 \beta p_v}} \quad (12)$$

Ist  $B_0$  zu groß, so kann man entweder die Lebensdauer erhöhen oder eine billigere Eisensorte mit größerer Verlustziffer nehmen. Ist  $B_0$  zu niedrig (unter 13 000 bzw. 15 000 Gauß), so kann man auch hier die Kerneinschnürung  $\varepsilon$  vornehmen. Die Eisenverlustleistung  $N'_e$  für den eingeschnürten wirtschaftlichsten Transformator wird  $\tau$ -mal kleiner als  $N_{e0}$ , sein Eisenpreis  $P'_e$  wird  $\sigma$ -mal niedriger als  $P_{e0}$ . Für das Verhältnis Fensterbreite zu Kerndurchmesser  $\nu$  ist:

$$\sqrt{\sigma \tau} = \frac{2 + \nu \sqrt{\varepsilon}}{(2 + \nu) \sqrt{\varepsilon}} \quad (13)$$

Es gilt:

$$\nu' P_0'^{-1/3} = \tau \nu P_0^{-1/3}, \quad P_0' = \left( \frac{\nu'}{\nu} \right)^{3/4} P_0, \quad N_{e0}' = \left( \frac{\nu'}{\nu} \right)^{3/4} N_{e0}$$

Daraus folgt:

$$\left( \frac{\nu'}{\nu} \right)^{3/4} = \sigma = \tau \quad (14)$$

Der Preis muß also im selben Maße  $\sigma$  herabgesetzt werden wie die Verluste, um den wirtschaftlichsten Transformator zu erhalten. Die Jochverstärkung wird:

$$\xi_0 = -\frac{l_s}{l_j} \left( \varepsilon - \frac{1}{\varepsilon} \right) \pm \sqrt{\frac{l_s^2}{4 l_j^2} \left( \varepsilon - \frac{1}{\varepsilon} \right)^2 + 1} \quad (15)$$

worin  $l_s$  die gesamte Schenkellänge und  $l_j$  die gesamte Jochlänge ist.

Ein Beispiel beweist die Richtigkeit der Überlegungen.

Der Verfasser bezweifelt, daß die Lebensdauer eines Isolierstoffes in Abhängigkeit von der Temperatur durch eine Kurve ohne Knick dargestellt werden kann, da alle organischen Stoffe bei 100° C wesentliche Veränderungen erfahren, daher erscheinen ihm alle Folgerungen, die man aus einer glatten Temperaturzeitkurve abgeleitet hat, zweifelhaft. Die VDE-Vorschriften gewährleisten bei den gebräuchlichen Isolierstoffen eine genügend lange Lebensdauer.

DK 621.3.015.3 : 621.314.222

**Die Übertragung von Überspannungen von der Oberspannungs- auf die Unterspannungswicklung von Transformatoren.** [Nach M. Wellauer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 124; 9 1/2 S., 18 B.]

Der Verfasser untersucht nochmals die wichtigsten Fälle der Übertragung von Stoßspannungen auf die Unterspannungsseite von Drehstromtransformatoren, die bereits von anderen Verfassern im Schrifttum ausführlich behandelt worden sind<sup>1)</sup>. Im ersten Teil der Arbeit wird zunächst auf Grund der Versuchsergebnisse ein zusammenfassender Überblick über das Verhalten der gebräuchlichsten Schaltungen gegenüber ein- und dreipoligen Stoßspannungen gegeben. Dabei werden allerdings lediglich die magnetisch übertragenen Spannungsanteile berücksichtigt, während die kapazitiv übertragenen Spannungsanteile vernachlässigt bleiben. Hinsichtlich der Höhe der magnetisch übertragenen Stoßspannungen kommt der Verfasser zu den bekannten Folgerungen, wonach sich bei Dreieckschaltung der Hochspannungswicklung lediglich einpolige Stoßspannungen nach Maßgabe des Übersetzungsverhältnisses auf

<sup>1)</sup> Vgl. K. K. Paluff u. J. K. Hagenguth, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 51 (1932) S. 601. L. V. Bewley, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 51 (1932) S. 299. R. Elsner, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) S. 369. R. Elsner, Wissenschaftl. Veröff. Siemens-Werk. 16 (1937) S. 1. H. Neuhaus u. R. Strigel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 15 (1936) S. 51.

die gestoßenen Schenkel der im übrigen beliebig geschalteten Unterspannungswicklung übertragen, während bei Sternschaltung der Oberspannungswicklung die Höhe der übertragenen Spannung nicht nur von der Stoßart, sondern auch von der Schaltung der Unterspannungswicklung abhängt. Leider fehlt hier eine klare Unterscheidung in die vom primären Ausgleichsvorgang und die vom quasistationären Spannungsabfall an der Primärwicklung herrührenden Anteile der übertragenen Spannung.

In den Kathodenstrahloszillogrammen der übertragenen Spannungen fällt auf, daß die kapazitiv übertragenen Spannungsanteile sowie die Ausgleichsschwingung der Unterspannungswicklung stets nur unvollkommen ausgeprägt sind. Die starke Verschleifung bzw. Dämpfung dieser beiden Vorgänge scheint ihren Grund zum Teil darin zu haben, daß der Verfasser die übertragenen Spannungen über einen Widerstandsanteiler  $R_m$  von nur 1235  $\Omega$  mißt, der dauernd als Belastungswiderstand zwischen den Klemmen der Niederspannungswicklung und Erde liegt. Da die für die kapazitiv übertragenen Spannungsteile maßgebende Zeitkonstante  $R_m C$  dadurch in die Größenordnung der Stirndauer der benutzten 0,5 | 60  $\mu$ s-Stoßwelle kommt, ist eine unzulässige Beeinflussung des Meßergebnisses durch einen derartigen ohmschen Teilerwiderstand zu befürchten.

Auf Grund der Versuchsergebnisse kommt der Verfasser ebenso wie andere Forscher zu der Schlußfolgerung, daß, abgesehen von dem Fall des dreipoligen Stoßes auf eine in Dreieck geschaltete Primärwicklung, in allen übrigen Fällen auf die Unterspannungsseite Stoßspannungen übertragen werden, die infolge der überlagerten Eigenschwingung der Unterspannungswicklung höhere Werte erreichen können, als dem Übersetzungsverhältnis zwischen Ober- und Unterspannungswicklung entspricht. Zum Absenken dieser Spannungen, die den Wicklungen angeschlossener Maschinen gefährlich werden können, werden in Übereinstimmung mit der bisher im Schrifttum vertretenen Ansicht Überspannungsableiter empfohlen, da die für eine gleiche Schutzwirkung erforderlichen Kondensatoren unwirtschaftlich groß werden.

Im zweiten Teil der Arbeit wird versucht, mit Hilfe geeigneter Ersatzbilder, die an Stelle der verteilten Induktivitäten und Kapazitäten die entsprechenden konzentrierten elektrischen Größen enthalten, den Verlauf der übertragenen Stoßspannungen für die verschiedenen Beanspruchungsfälle aus den Abmessungen der Wicklung zu berechnen. Der Verfasser geht dabei von der Theorie von Palueff und Hagenguth<sup>1)</sup> aus, derzufolge man grundsätzlich 4 Spannungsanteile in dem Übertragungsvorgang zu unterscheiden hat:

1. die kapazitiv übertragene Teilspannung,
2. die Eigenschwingung der Unterspannungswicklung,
3. die magnetisch übertragene Eigenschwingung der Oberspannungswicklung und
4. den magnetisch übertragenen quasistationären Spannungsabfall.

Gegenüber der Ansicht der amerikanischen Verfasser wird zwar darauf hingewiesen, daß die Eigenschwingung der Unterspannungswicklung mit der kapazitiv übertragenen Teilspannung zusammenhängt; dabei wird aber irrtümlicherweise angenommen, daß sie lediglich ein Ausschwingen der Unterspannungswicklung mit der Amplitude der kapazitiv übertragenen Teilspannung darstellt, das sich unabhängig von dem magnetisch übertragenen Spannungsanteil vollzieht. Diese Annahme führt im Verlauf der weiteren theoretischen Untersuchungen leider zu Fehlern beim Ableiten der Formeln für den vollständigen Verlauf der übertragenen Spannungen in den verschiedenen Beanspruchungsfällen. Der wirkliche Vorgang bei der Übertragung von Stoßspannungen auf die Unterspannungsseite von Transformatoren ist demgegenüber folgender<sup>2)</sup>: „Durch kapazitive Übertragung wird der Unterspannungswicklung im Augenblick des Auftreffens der Stoßwelle auf die Hochspannungsklemmen eine Anfangsspannungsverteilung aufgezungen, welche ihrer jeweiligen Lage im elektrischen Feld der Hochspannungswicklung entspricht. Im weiteren Verlauf schwingt sich nun die Unterspannungswicklung von diesem Anfangszustand in Form einer eigenen Ausgleichsschwingung in den durch die magnetisch übertragenen Spannungsteile (3 bzw. 4) vorgeschriebenen Endzustand ein“.

Bei der rechnerischen Behandlung der Übertragungsvorgänge an dem untersuchten 200 kVA-Transformator für 6300/392 V wird ferner für die in sämtlichen Ersatzbildern auftretende gegenseitige Induktivität  $M$  zwischen Ober- und Unter-

spannungswicklung — in Anlehnung an die von Blume und Boyajan<sup>1)</sup> zur Berechnung der Ausgleichsvorgänge innerhalb der Hochspannungswicklung angegebene Formel für die wirksamen Induktivitäten der einzelnen Harmonischen — eine Gleichung abgeleitet, die gerade für die am Übertragungsvorgang allein beteiligte Grundschiwingung der Primärwicklung viel zu hohe Werte von  $M$  ergibt. Für die Übertragung des quasistationären Spannungsanteils kann aber diese Formel für  $M$  schon deshalb nicht richtig sein, weil dann der mit beiden Wicklungen verkettete gemeinsame magnetische Fluß sich vollständig über Eisen schließt, was den Voraussetzungen der Formel widerspricht. Infolge der zu groß eingesetzten gegenseitigen Induktivität  $M$  werden in dem Ersatzbild (Fig. 8) für die Übertragung der primärseitigen Grundschiwingung auch die Induktivitäten

$$L_1 = \left( M \frac{N_1}{N_2} + L_{s_1} \right) \text{ und } L_2 = \left( M \frac{N_2}{N_1} + L_{s_2} \right)$$

zu groß.

Das ist aber offenbar die Veranlassung dazu, daß nun als wirksame Erdkapazität  $C_0$  für die Grundschiwingung der wesentlich zu kleine Wert der Eingangskapazität  $K = \sqrt{C_{10} C_0}$  der Hochspannungswicklung eingesetzt wird, da sonst die für die Grundschiwingung berechnete Frequenz  $f_2$  in keiner Weise mehr mit der gemessenen langsamen Grundfrequenz der Wicklung von 20000 Hz übereinstimmen würde.

Im weiteren Verlauf der Arbeit werden sowohl für die Übertragung des quasistationären Spannungsabfalles bei ein- und dreipoligem Stoß und geerdetem Sternpunkt wie für die Übertragung der primärseitigen Grundschiwingung bei dreipoligem Stoß und freiem Sternpunkt die richtigen Ersatzbilder angegeben und die vollständigen Operatorengleichungen für den Verlauf der übertragenen Spannung angeschrieben. Bei der Lösung dieser Operatorengleichungen, die allgemein nur unter Vernachlässigung einiger elektrischer Größen des genauen Ersatzbildes möglich ist, unterläuft jedoch dem Verfasser das Versehen, daß er in dem Ersatzbild für die Übertragung des quasistationären Spannungsabfalles (Fig. 15) die entscheidende Größe für den Spannungsverlauf an den Niederspannungsklemmen, nämlich die Streuinduktivität

$$\frac{L_K^2}{L_1} \approx \left( L_{s_2} + \frac{L_{s_1}}{i^2} \right) = \left( \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1} \right)$$

vernachlässigt. Infolgedessen werden die Formeln (41) und (42), die den Einfluß der unterspannungsseitigen Belastungskapazität  $C_2$  klarstellen sollen, unrichtig. Für alle praktisch vorkommenden Fälle ist es vielmehr zulässig, im Ersatzbild den Strom in der gegenseitigen Induktivität  $M$  gegenüber dem über  $L_{s_1}$  und  $L_{s_2}$  fließenden Strom zu vernachlässigen. Für die vom Verfasser angegebenen Werte von  $L_{s_2} = 0,086$  mH und  $L_{s_1}/i^2 = 0,051$  mH ergibt dann die Rechnung, daß bei einem Wellenwiderstand der unterspannungsseitig abgehenden Freileitung von  $Z_2 = 500 \Omega$  schon Kapazitäten  $C_2$  von mehr als 138 pF eine Eigenschwingung der Unterspannungswicklung hervorbringen. Das bedeutet aber, daß in allen praktischen Fällen mit einer ausgeprägten Eigenschwingung der Unterspannungswicklung zu rechnen ist. Die Anstiegszeit der übertragenen Stoßspannung beträgt dabei

$$T_s \approx \frac{1}{2f} = \pi \sqrt{C_2 \left( L_{s_2} + \frac{L_{s_1}}{i^2} \right)}$$

Mit den obigen Werten für die Streuinduktivität des untersuchten Transformators ergibt sich für diese Stirnzeit schon bei  $C_2 = 0,01 \mu$ F unterspannungsseitiger Belastungskapazität ein Wert von 3,7  $\mu$ s, während der Verfasser für diesen Fall nur 0,04  $\mu$ s berechnet. Auch die Formeln für den endgültigen Spannungsverlauf bei ein- und dreipoligem Stoß auf einen Transformator mit geerdetem Sternpunkt sowie bei dreipoligem Stoß auf einen in  $\lambda/\lambda$  geschalteten Transformator mit isoliertem Sternpunkt sind nicht ganz korrekt, da sie auf der Annahme beruhen, daß die Eigenschwingung der Unterspannungsseite lediglich ein Ausschwingen des kapazitiv übertragenen Spannungsanteils um die Nullage herum darstellt. Noch schwerere Bedenken muß man gegen das vom Verfasser für den Fall des einpoligen Stoßes auf eine in  $\lambda/\lambda$  geschaltete Wicklung mit isoliertem Nullpunkt zugrunde gelegte Ersatzbild äußern, bei dem er die beiden nicht gestoßenen Schenkel durch einen zur Nullpunktskapazität  $C_0$  parallel geschalteten ohm-

1) Palueff u. Hagenguth, a. a. O.

2) Vgl. R. Elsner, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 16 (1937) S. 1.

1) Blume u. Boyajan, Trans. Amer. Inst. electr. Engrs. 38 (1919) S. 577.

schen Widerstand der Größe  $Z_0$  ersetzt und diesem eine dämpfende Wirkung auf die Grundschwingung der Oberspannungsseite zuschreibt. Da in Wirklichkeit die beiden nichtgestoßenen Wicklungsschenkel mit ihrer Kapazität und Induktivität in genau derselben Grundperiode wie der gestoßene Wicklungsschenkel schwingen, müssen die aus einer solchen Betrachtungsweise abgeleiteten Formeln (27) bis (34) sämtlich unrichtig werden. *Els.*

### Geräte und Stromrichter

DK 621.314.58

**Der selbstgeführte Wechselrichter in Gegentaktschaltung.** [Nach P. Brückner, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 1, S. 1; 19 S., 23 B.]

Die Arbeit ist eine Fortsetzung der Arbeit von Ostendorf „Der fremdgeführte Wechselrichter in Gegentaktschaltung“<sup>1)</sup> Es zeigt sich, daß für den selbstgeführten Wechselrichter dieselben Spannungsformen gelten wie für den fremdgeführten. Die Frequenz ist aber beim selbstgeführten Wechselrichter von verschiedenen Größen abhängig, während sie beim fremdgeführten festliegt. Die Arbeit bringt zunächst eine rechnerische Untersuchung für einen Steuerkreis, dessen Schaltelemente aus einer Reihenschaltung von Induktivität und ohmschem Widerstand bestehen. Die gefundenen Ergebnisse werden durch Messungen belegt. Es wird gezeigt, daß bei rein ohmscher Last ein Betrieb mit den Steuergrößen (Induktivität und ohmscher Widerstand) allein nicht möglich ist, sondern daß im Steuerkreis noch eine positive Vorspannung eingeschaltet werden muß. Die im Betrieb auftretende Frequenz hängt nun ab von dem Verhältnis der Steuergrößen, von der Größe der Vorspannung und bei rein ohmscher Last nur noch vom Belastungsgrad (Definition s. Ost.). Bei induktiver Belastung hat auch noch der Leistungsfaktor entscheidenden Einfluß auf die Frequenz. Die Abhängigkeit der Frequenz von den genannten Größen ist in Kurvenblättern dargestellt. Die anderen Betriebsgrößen, wie Leistungsaufnahme und Effektivwert der Wechselspannung sind aus der Arbeit Ostendorf zu entnehmen. Es zeigt sich, daß bei gegebenem  $\cos \varphi$  bei Entlastung die Frequenz kleiner wird und im Leerlauf Null wird. Im Kurzschluß nähert sie sich einem Grenzwert, der von der Größe der positiven Vorspannung im Steuerkreis abhängig ist.

Für den praktischen Betrieb ist es meistens von Wichtigkeit, möglichst konstante Frequenz zu erhalten. Es wurden deshalb zwei Verfahren zur Erzeugung angenähert konstanter Frequenz untersucht, die alle auf der Schaffung eines Schwingungskreises mit möglichst geringer Dämpfung beruhen. Bei dem ersten wird eine Induktivität parallel zum Belastungskreis geschaltet und auf die gewünschte Resonanzfrequenz mit dem Lötchondensator abgestimmt. Dieses Verfahren gibt aber nur dann geringe Frequenzabweichung, wenn die Belastung rein ohmsch oder die abgenommene Blindleistung konstant ist. Die Frequenzabweichung ist abhängig von der Größe der Belastung, die dämpfend auf den Schwingungskreis wirkt, und in geringem Maße auch von den Steuergrößen. Bei günstiger Wahl der Steuergrößen sind die Frequenzabweichungen nicht größer als  $\pm 5\%$ . Dieses Verfahren hat gleichzeitig den Vorteil, daß auch die Spannungsform gut der Sinusform angenähert wird. Bei dem zweiten Verfahren wird ein Reihenschwingungskreis im Steuerkreis eingeschaltet. Hierdurch kann man bei Schwingungskreisen mit kleinem Verlustwinkel zu sehr kleinen Frequenzabweichungen kommen, weil hier die Dämpfung durch die Belastung wegfällt. Vorteilhaft ist aber, beide Verfahren gleichzeitig anzuwenden, weil man dann neben sehr kleinen Frequenzabweichungen auch eine gute Spannungsform erhält.

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.39 : 536.532

**Temperaturmessung von Gasen im Laboratorium und im Betrieb.** [Nach M. G. Ribaud, Supplement à la livraison de la Technique Moderne vom 15. 4. 39 T. XXXI Nr. 8; 12 S., 19 B.]

Die Arbeit befaßt sich mit der thermoelektrischen Temperaturmessung von Gasen, deren Temperatur sich von der des umgebenden Rohres unterscheidet. Für den durch die Abweichung vom thermischen Gleichgewichtszustand bedingten Meßfehler wird eine Formel aufgestellt und für Thermolemente aus Nickel-Nickelchrom und Platin-Platinrhodium erläutert, in die außer der Temperatur der Emissionskoeffizient der Schutzarmatur, der Durchmesser des Thermolementes sowie die

Strömungsgeschwindigkeit des Gases eingeht. Der Wert für die Korrektur richtet sich nach der Konstruktion des Temperaturfühlers.

Weiter werden folgende Wege zur Verringerung dieses Meßfehlers vorgeschlagen: 1. Bestimmung des Fehlers durch mehrere Thermolemente mit abnehmendem Querschnitt und Extrapolation auf den Querschnitt Null. 2. Einbringung eines Schutzzyllinders zwischen Thermolement und Rohrwandung, durch das der Strahlungsverlust des Thermolements verringert wird. 3. Verwendung eines Aspirationspyrometers mit künstlicher Gasbewegung. 4. Elektrische Heizung des Thermolements mit in derart eingeregelter Stromstärke, daß sich die Lötstellentemperatur am Thermolement durch das strömende Gas nicht mehr ändert. Zum Schluß wird auf die bekannten optischen Temperaturmeßverfahren nach Kurbbaum und Féry für leuchtende und nichtleuchtende Flammen eingegangen. *A. Kz.*

### Verkehrstechnik

DK 621.335.42(494)

**Der Doppelschnelltriebwagen Re 4/8 Nr. 301 der Schweizerischen Bundesbahnen.** [Nach F. Steiner, Schweiz. Bauztg. 114 (1939) S. 27; 5½ S., 12 B.]

Ein neuer Doppeltriebwagen der Schweizerischen Bundesbahnen hat bei 128 Sitzplätzen und einer Gesamtlänge von 46,2 m ein Leergewicht von 92 t. Er besteht aus zwei fest gekuppelten Einzelwagen mit je zwei Drehgestellen, die beiden inneren Drehgestelle haben je zwei Motoren von 217 kW Stundenleistung. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 150 km/h. Die Wagenkästen sind als röhrenförmige selbsttragende Stahlkonstruktionen geschweißt, ebenso bestehen die Drehgestelle aus geschweißten Blechkonstruktionen. Zur Dämpfung der Geräuschübertragung wurde auf Kastengerippe und Blechhaut innen eine 10 bis 15 mm dicke Asbestfaserschicht aufgespritzt. Als Achslager fanden Pendelrollenlager Verwendung. Der Antrieb der Achsen durch die im Drehgestell fest gelagerten Motoren erfolgt über Hohlwellen-Federtriebe. Die meisten Teile der Steuerausstattung sind in Vorbauten an den Wagenenden untergebracht, hierdurch ist für gute Lüftung und Zugänglichkeit gesorgt. Die Öltransformatoren sind als stufenlose Gleittransformatoren ausgeführt, wie sie in der Schweiz bereits häufiger angewendet wurden. Es entfallen hierbei die Stufenschütze und das Schaltgeräusch. Bei Abschalten der Motore, z. B. zur Geschwindigkeitsverminderung, wird durch eine von der Fahrgeschwindigkeit abhängige Steuerdynamo der Spannungsteilmotor des Gleittransformators so geregelt, daß zu jeder Zeit die Triebmotoren stoßfrei wieder eingeschaltet werden können. Beim elektrischen Bremsen werden die Feldwicklungen der Triebmotoren in Reihe von einem besonderen Bremsgenerator gespeist und dessen Feld zur Bremsregelung durch einen Regelwiderstand geändert. Die Triebmotoren arbeiten dann als Generatoren auf Bremswiderstände auf dem Dach. Der Bremsgenerator wird von einem Einphasenmotor angetrieben, ist aber mit dem Lichtgenerator gekuppelt. Bei Ausbleiben der Fahrdrahtspannung schaltet sich letzterer auf Motorbetrieb um und erhält Energie aus der Lichtbatterie. Eine durch Druckluft betätigte Laufachsbremse wirkt bei hohen Geschwindigkeiten zusammen mit der Kurzschlußbremse, bei kleinen Geschwindigkeiten unter 50 km/h tritt ebenfalls eine Druckluft-Zusatzbremse in Tätigkeit. Die Wagen sind mit einer durch Thermostate geregelten Warmluftheizung ausgestattet. Im Sommer dient die Anlage zur Lüftung der Wagen, wobei etwa 80 m<sup>3</sup> Luft je Minute zur Verfügung stehen, was einer 16maligen Erneuerung je Stunde entspricht. Ein magnetisches Auge zeigt dem Führer mittels Antenne das Vorhandensein von Spannung in der Fahrleitung auch bei abgezogenen Stromabnehmern. Der Doppel-Triebwagen enthält außer den Fahrgasträumen einen Gepäckraum und einen Erfrischungsraum mit elektrischer Küche. Durch eine Lautsprecheranlage können die Fahrgäste unterhalten oder auf Schönheiten der durchfahrenen Gegend aufmerksam gemacht werden. Der Triebwagen ist vor allem für Gesellschaftsfahrten eingesetzt. *Dit.*

### Fernmeldetechnik

DK 621.396.3 : 621.394.625

**Druckempfang in der drahtlosen Telegraphie mit dem Impulsverfahren.** [Nach E. Hudec, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 1; 23 S., 16 B.]

Solange eine drahtlose Telegraphie besteht, solange herrscht das technische Bestreben, die auch heute noch zum größten Teil übliche Übertragung der Zeichen nach dem Morsealphabet, insbesondere den Empfang mittels Fernhörer oder

<sup>1)</sup> W. Ostendorf Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 349; ETZ 59 (1938) S. 642.



Farbröhrensreiber (Recorder) durch Druckempfang zu ersetzen. An mannigfachen Versuchen hat es nicht gefehlt. Sie scheiterten aber bisher an den starken Störungen, die durch die Ausbreitungserscheinungen der elektrischen Wellen hervorgerufen werden. E. Hudec weist in seiner Arbeit theoretisch und experimentell nach, daß sich mit dem neuen Impulsverfahren ein befriedigender Druckempfang bei allen Übertragungsbedingungen im Funkdienst erreichen läßt. Voraussetzung ist, daß die Feldstärke der empfangenen Zeichen mit einiger Sicherheit über dem Störpegel liegt. Die praktischen Versuche wurden zwischen Berlin und Buenos Aires durchgeführt. Beim Impulsverfahren wird von einem Telegraphierschritt nur der Anfang durch einen kurzen Impuls („Senderimpuls“) übertragen und im Empfänger unter Zuhilfenahme besonders erzeugter periodischer Impulse („Empfängerimpulse“) zur vollständigen Länge ergänzt. Die Dauer eines Senderimpulses beträgt etwa 1 ms. Er bestimmt im Empfänger den Anfang eines positiven Telegraphierschrittes. Die Kein-Strom-Schritte (negativen Telegraphierschritte) werden nicht übertragen. Der Abstand der periodischen Empfängerimpulse entspricht genau einem Telegraphierschritt des Senders. Das Impulsverfahren will die Schwund- und Nachhallerscheinungen bei der Funkübertragung ausschalten. Da die ersten am Empfänger eintreffenden Wellenzüge noch nicht mit anderen vom Sender kommenden Wellenzügen zu interferieren vermögen, werden die kurzen Impulse bedeutend weniger durch Schwunderscheinungen gestört als vollständige Telegraphierzeichen. Der Nachhall wird dadurch unwirksam gemacht, daß im Empfänger nur der Einsatz der Impulse zur Zusammensetzung der Telegraphierzeichen benutzt wird. Für die praktische Durchführung des Verfahrens ist der vollkommene Gleichlauf zwischen den Sender- und Empfängerimpulsen bzw. der entsprechenden Geräte erforderlich und somit eine der Hauptaufgaben. Die Synchronisierung erfolgt durch Stimmgabelgeneratoren, Übertragung besonderer Phasenimpulse vom Sender zum Empfänger und eine elektrische Phasenausgleichsanordnung. Die Telegraphierimpulse werden mittels erzwungener Kipperschwingungen erzeugt. Infolge der verschiedenen Laufzeiten der vom Funksender ausgehenden Wellen, hervorgerufen durch die verschiedenen langen Wege, wird die Zeitdauer des Senderimpulses am Empfänger vergrößert. Für einen guten Empfang werden daher diese verlängerten Senderimpulse häufig verkürzt. Dazu dienen durch Kipperschwingungsgeneratoren erzeugte Begrenzungsimpulse, die gemeinsam mit jenen Senderimpulsen auf den Gitterkreis einer Elektronenröhre wirken und im Anodenkreis Ströme hervorrufen, die ihrerseits zur Bildung der Telegraphierzeichen verwendet werden. Einen Einblick in die verwickelten Versuchsanordnungen der Sende- und Empfangsseite gewähren die Bilder 2 und 3. Auf der Sendeseite wurde die für den Betrieb

empfangenen Senderimpulse z. B. unter 5 ms, was als Regelfall anzusehen ist, so können  $1000 : 5 = 200$  Telegraphierschritte in der Sekunde oder — beim Fünferalphabet —  $\frac{200 \cdot 60}{5 \cdot 6} = 400$  Wörter je Minute übertragen werden, wenn für ein Wort einschl. Wortzwischenraum sechs Telegraphierzeicheneinheiten

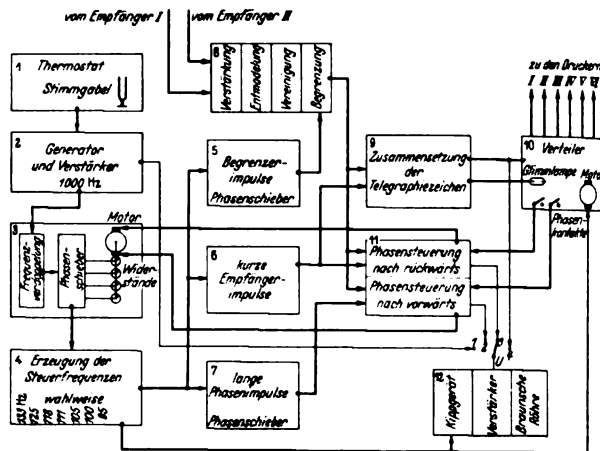


Bild 3. Versuchsanordnung auf der Empfangsseite.

angesetzt werden. Bei günstigen Übertragungsbedingungen kann die Telegraphierleistung bis auf 800 Wörter je Minute gesteigert werden. Diese große mögliche Telegraphierleistung läßt sich nur mit Multiplexapparaten ausnutzen, durch die eine Anzahl von Sendern und Empfängern nach dem Verteilungsverfahren an den Funkweg angeschlossen werden kann. Bezüglich der zulässigen Impulsverzerrung sei erwähnt, daß der Einsatz eines empfangenen Senderimpulses sich um je 25% nach vorn und hinten verschieben und die Länge des Impulses zwischen 10 und 100% einer Telegraphierschrittlänge schwanken kann. Der Verlauf der Versuche, insbesondere das Auftreten von Doppelzeichen, starken Echos, starkem Nachhall und atmosphärischen Störungen, wird an Hand von Abbildungen der Empfangsdruckstreifen erläutert. Die Mittelzahl der reinen Übertragungsfehler betrug über die ganze Versuchszeit etwa 0,2 ‰ Schk.

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.385.17

**Das Transitron, eine neue Anordnung mit negativem Widerstand zur Schwingungserzeugung.** [Nach C. Brunetti, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 85; 4 S., 2 B.; Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 88; 7 S., 6 B.]

Die bekannteste Anordnung, die auf Grund des Vorliegens einer fallenden Kennlinie zur Schwingungserzeugung benutzt wird, stellt das Dynatron dar. Die Wirkung dieser Röhre als negativer Widerstand hängt mit dem Auftreten von Sekundärelektronen zusammen, und die meist sehr bald einsetzende Alterung der stark beanspruchten Fangelektrode macht sich als Formänderung der fallenden Kennlinie unangenehm bemerkbar. Eine Anordnung, der dieser Nachteil nicht anhaftet, stellt das in jüngster Zeit entwickelte Transitron dar, das als das einfachste Mittel zur betriebssicheren Schwingungserzeugung in einem Bereich von der niedrigsten Hörfrequenz bis zur Ultrahochfrequenz ohne viel Aufwand und experimentelles Geschick

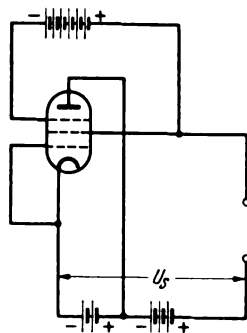


Bild 4. Potentialverteilung des Transitrons.

erforderliche Gleichlauf-Wechselspannung von 1000 Hz von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bezogen, auf der Empfangsseite mittels eines Stimmgabelgenerators erzeugt. Die Geräte zur Erzeugung der für die Gleichlaufregelung zwischen den empfangenen Senderimpulsen und den Empfängerimpulsen notwendigen Phasenimpulse sowie die Geräte für den Phasenausgleich werden eingehend beschrieben. Die Telegraphierleistung ist durch die vorerwähnten Laufzeitunterschiede der ausgesandten Wellen begrenzt. Die Dauer der Senderimpulse am Empfänger beträgt im Funkweitverkehr im ungünstigen Falle bis zum 8- bis 10fachen Betrag der Dauer des Senderimpulses, also bis zu 8 bis 10 ms. Bleibt die Dauer der

angewandt werden kann. Als Röhre wird eine Fünfpolröhre unter den in Bild 4 angegebenen Spannungsverhältnissen benutzt. Vom negativ vorgespannten Fanggitter werden die vom positiven Schirmgitter beschleunigten Elektronen abgebremst und zum Teil zum Schirmgitter zurückgestoßen; wird die positive Schirmgitterspannung kleiner, so wird gleichzeitig die negative Fanggitterspannung größer; es werden mehr Elektronen zum Schirmgitter zurückgestoßen als

vorher, und trotz Erniedrigung der Schirmgitterspannung kann es möglich sein, daß nun ein größerer Schirmgitterstrom fließt. Betreibt man daher die Röhre in der in Bild 5 dargestellten Schaltung und verlegt man den Arbeitspunkt auf die fallende Kennlinie, so ist die erste Voraussetzung für die Möglichkeit

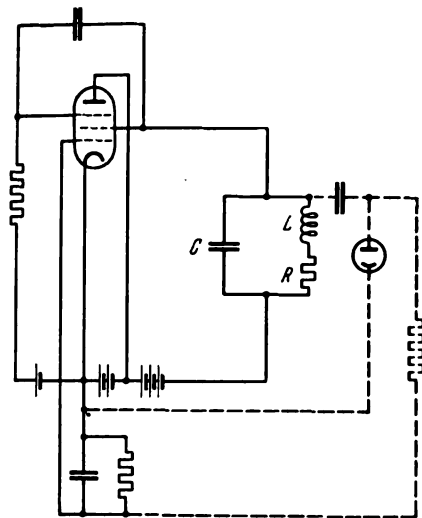


Bild 5. Schaltbild des Transitrons mit selbsttätigem Amplitudenregler.

einer Schwingungserzeugung gegeben. Die zweite Bedingung, die noch erfüllt sein muß, ergibt sich aus der Theorie der Systeme mit negativem Widerstand zu

$$-R_n = \frac{L}{RC}, \quad (1)$$

wenn  $-R_n$  der negative Widerstand ist und  $L, R, C$  die Schwingkreisdaten sind. Experimentell läßt sich feststellen, daß die Schwingung noch bei einem  $L/C$ -Verhältnis von  $10^6$  fast vollkommen sinusförmig verläuft, wenn der Widerstand  $R$  nicht größer als einige hundert Ohm ist; der Oberwellengehalt ist folglich vernachlässigbar klein. Für die Frequenz der erzeugten Schwingung liefert die Theorie die Gleichung:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}, \quad (2)$$

die praktisch auch noch anwendbar ist, wenn über den fallenden Teil der Kennlinie hinausgesteuert wird. Die niedrigste, mit einer Transitronschaltung erzeugbare Frequenz ist nach Gl. (1) bestimmt durch den kleinsten mit der benutzten Röhre erreichbaren negativen Widerstand; dieser läßt sich einfach bestimmen, indem man  $C$  so lange vergrößert, bis die Schwingung aussetzt. Die diesem Höchstwert von  $C$  entsprechende Frequenz ist nach Gl. (2) die kleinstmögliche Frequenz. Je kleiner  $C$  wird, desto größer wird die Frequenz der Transitronschwingung. Die obere Frequenzgrenze ist praktisch durch den erforderlichen Grad von Oberwellenreinheit bestimmt, d. h. durch das zulässige  $L/C$ -Verhältnis. Mit gewöhnlichen Röhren lassen sich sehr reine Schwingungen noch bis  $20 \cdot 10^6$  Hz erzeugen, mit Eichelröhren kann man bis  $60 \cdot 10^6$  Hz kommen. Bezüglich der Amplitude der Schwingung ist zu sagen, daß sie sich beim Durchdrehen des Bereiches nur wenig ändert. Eine weitestgehende Konstanz läßt sich durch Einführung einer selbsttätigen Regelvorrichtung, wie sie in Bild 5 gestrichelt angefügt ist, herbeiführen. Durch Erhöhen der Anodenspannung oder der Schirmgitterspannung läßt sich die Schwingungsamplitude erhöhen; allgemein ist damit eine Regelmöglichkeit geboten. Die Betriebsspannungen sind unkritisch; wählt man die Fanggitterspannung 0 und die Anodenspannung zwischen 2 und 50 V, so liegt bei handelsüblichen Röhren die zugehörige Schirmgitterspannung zwischen 4 und 200 V; bemerkenswert ist die Tatsache, daß selbst bei einer Anodenspannung von 2 V und einer Schirmgitterspannung von 4 V sehr reine Schwingungen erzeugbar sind. Legt man in Reihe mit dem Schwingkreis einen ohmschen Widerstand  $r$  in die Schaltung, so wird damit zunächst der Schwingbereich nach unten erweitert, weil sich zum negativen Widerstand  $R_n$  eine positive Größe addiert, wodurch

$-R_n$  und damit auch der untere Grenzwert von  $\frac{L}{RC}$  kleiner wird, so daß man mit  $C$  noch größer werden kann. Je größer

man  $r$  macht, desto mehr weicht die Schwingungsform von der Sinusform ab, bis schließlich Kippschwingungen auftreten. Legt man den Widerstand  $r$  zur Induktivität in Reihe, so wird die Schwingungsform um so flacher, je größer  $r$  ist und läßt sich in Rechteckform überführen. Außerdem ändert sich nun gemäß Gl. (2) bei Änderung von  $r$  die Frequenz der Schwingung, eine Tatsache, die praktisch überall dort zu Meßzwecken ausgenutzt werden kann, wo physikalische Vorgänge in eine Widerstandsänderung umgesetzt werden können. Weiterhin besteht die Möglichkeit, mit dem Transitron Frequenzvervielfachung und Frequenzteilung vorzunehmen, indem bei Zuschaltung einer Wechselspannung der Frequenz  $f$  in Reihe mit dem Schwingkreis und der Röhre bei entsprechender Abstimmung des Schwingkreises Schwingungen der Frequenz  $n \pm 1 f$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) auftreten. E. C. M.

DK 537.122

**Über die Beschleunigung geladener Teilchen im elektromagnetischen Wechselstromfeld.** [Nach G. Seibert, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 1, S. 31; 12 S., 4 B.]

Es wird gezeigt, daß es in der Magnetronröhre beim Fehlen von Raumladungen oder bei Langmuirscher Raumladung keine konzentrischen Kreisbahnen für Elektronen gibt, auf denen sie beschleunigt werden könnten. Ferner wird bewiesen, daß sich die Elektronen im magnetischen Wechselfeld mit überlagertem statischem radialem elektrischem Feld nicht wesentlich über die Geschwindigkeit hinaus beschleunigen lassen, die der angelegten Spannung entspricht.

**Physik**

DK 537.523.5 + .527.5

**Lichtbogensgradient in verschiedenen Gasen und bei verschiedenen Drücken.** [Nach C. G. Suits, Phys. Rev. 55 (1939) S. 561; 7 S., 10 B.]

Da der Kathodenfall und Anodenfall besonders bei Lichtbögen kleiner Länge die Messung des Gradienten stört, entwickelte C. G. Suits ein Verfahren, bei dem durch Vibration einer Elektrode eine direkte Gradientenmessung möglich ist. Bei einer Gesamtlichtbogenlänge von 1 cm wird hierbei eine Elektrode um 2 bis 5 mm periodisch hin- und herbewegt. Eine Kontrollmessung mit verschiedenen Frequenzen ergab eine Unabhängigkeit bis zu 30 Hz, da sich der Lichtbogen in einer viel kürzeren Zeit, nämlich in etwa 1 ms, auf einen neuen Zustand einstellt. Durch Veränderung der Gesamtlänge bei gleichbleibendem Ausschlag der beweglichen Elektroden wurde festgestellt, daß der Gradient bei Längen über 3 mm konstant ist,

während er bei kürzeren Längen stark ansteigt, was durch die Veränderung der Randbedingungen hervorgerufen wird. Mit dem entwickelten Apparat können Messungen bis zu Überdrücken von 50 at ausgeführt und gleichzeitig der Lichtbogendurchmesser fotografiert werden, so daß auch die Stromdichte im Lichtbogen bestimmt werden kann. Bild 6 zeigt eine oszillographische Aufnahme, auf der gleichzeitig der Strom (A), die Gesamtspannung (B), der Lichtbogensgradient (C) und der Lichtbogendurchmesser (D) aufgezeichnet wurden. Zur Aufnahme des Gradienten wurde aus der Gesamtspannung die überlagerte Schwingung mittels Filters ausgesiebt und verstärkt.

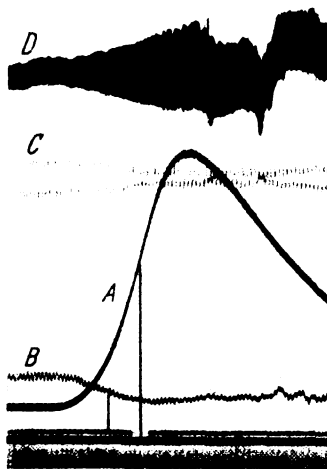


Bild 6. Aufnahme der Gradientenmessung eines Lichtbogens.

Auf diese Weise gelingt es, mit einem Versuch alle erforderlichen Meßgrößen in Abhängigkeit vom Strom für die einmal gegebenen Bedingungen aufzunehmen.

Für die Untersuchung wurden zunächst Kohlelektroden gewählt, da diese den geringsten Einfluß auf die Lichtbogen-spannung haben und auch die geringste Streuung der Ergebnisse brachten. Die Stromstärke wurde in der Größenordnung von 1 bis 10 A geändert. Untersucht wurden die Gase Stickstoff,

Helium, Argon und Wasserstoff. Der Lichtbogengradient bei Stickstoff ist in Bild 7 in Abhängigkeit vom Strom und vom Druck aufgetragen. Man erkennt im zweiseitig logarithmischen Maßstab die geradlinige Abhängigkeit des Gradienten, so daß er durch die Gleichung  $u = B i^{-n}$  dargestellt werden kann. Bei 1 at betragen die Konstanten  $B = 84$  und  $n = 0,6$ .  $n$  ändert sich nur wenig mit dem Druck. Trägt man den Gradienten für konstante Ströme abhängig vom Druck auf, so erhält man ebenfalls bei doppelseitig logarithmischem Maßstab Geraden, welche der Gleichung  $u = B_0 p^m$  folgen. Auch der Exponent  $m$  ist für verschiedene Ströme ungefähr konstant und beträgt 0,29 bis 0,32.

Bei Helium, welches bis 48 at untersucht wurde, ergab sich ein etwas höherer Gradient; bei hohen Drücken wird die Differenz gegenüber Stickstoff jedoch kleiner. Bei Argon fällt die sehr geringe Druckabhängigkeit auf, auch ist der Gradient an sich bedeutend kleiner als bei den beiden vorher genannten Gasen. Für Wasserstoff (der mit Rücksicht auf die Hochleistungs-Flüssigkeitsschalter besonderes Interesse verdient) ergeben sich einige ungewöhnliche Erscheinungen, die noch näher untersucht und in einem gesonderten Bericht bekanntgegeben werden sollen. Die beiden Exponenten  $n$  und  $m$  sind für die untersuchten Gase in den beiden nachstehenden Tafeln wegen ihrer grundsätzlichen Bedeutung zusammengestellt.

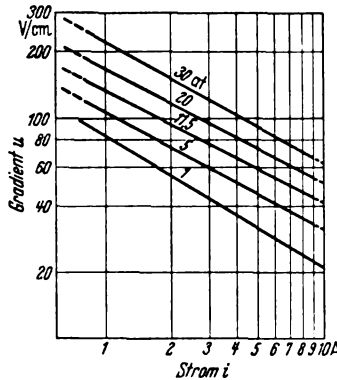


Bild 7. Der Lichtbogengradient bei Stickstoff als Funktion des Lichtbogenstromes bei verschiedenen Drücken.

Tafel 1. Exponent  $n$  für die Stromabhängigkeit des Lichtbogengradienten. Einfluß des Elektrodenmetalls.

$n =$	1	5	10	20	30	48
N . . . .	0,6	0,53	0,51	0,52	0,54	—
He . . . .	0,72	0,66	0,61	—	—	0,56
A . . . .	0,53	0,45	0,38	0,35	—	—

Tafel 2. Exponent  $m$  für die Druckabhängigkeit des Lichtbogengradienten.

N <sub>2</sub>		H <sub>2</sub>	He		A	
$i$	$m$		$i$	$m$	$i$	$m$
1	0,29	$m = 0,32$	1	0,15	1	0,06
2,5	0,30		3	0,20	2,5	0,12
5	0,31		5	0,20	5	0,21
10	0,32		15	0,24	10	0,27
Mittelw.	0,31			0,20		0,16

Wird an Stelle der Kohle für die Elektroden ein Metall verwendet, so geht im allgemeinen der Lichtbogengradient herunter. Wenig Einfluß haben Wolfram, Molybdän, Kupfer und Silber. Jedoch ist die Streuung viel größer als bei Kohlelektroden, und zwar spielt die Oberflächenbeschaffenheit eine ausschlaggebende Rolle. Bei stark oxydierter Oberfläche ist der Gradient am niedrigsten, bei frisch bearbeiteter Oberfläche höher und am höchsten bei polierter Oberfläche. W. Kn.

DK 537-527-4

**Zur Entwicklung von Kanalentladungen.** [Nach H. Raether, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) S. 49; 8 S., 6 B.]

Bekanntlich spielen sich die elektrischen Entladungen bei hohen Drücken in Kanälen ab (Blitz, Funken im homogenen wie inhomogenen Feld). Nach Nebelkammerbeobachtungen des Verfassers<sup>1)</sup> entwickelt sich die Funkenentladung im ebenen Feld von Anfang an in Kanalform wie folgt: Kanalartige Elektronenlawine, ihr Umschlag in den schnellen „anodengerichteten“ Kanal, Rückwachsen eines „kathodengerichteten“ Kanals aus der Gegend des Lawinenkopfes, nach Ausbildung dieser Kanäle Übergang des nun Kathode und Anode verbindenden „Vorentladungskanals“ in den Funken. In der

vorliegenden Arbeit wird versucht, wie weit sich diese Ergebnisse auf Grund einfacher Vorstellungen berechnen lassen. Es ergibt sich: Die Lawine wächst bis zu einer kritischen Verstärkung, hier wird das elektrische Feld des Lawinenkopfes (d. i. das anodenseitige Ende) vergleichbar mit dem ursprünglichen ebenen Feld und erhöht die Elektronengeschwindigkeit (Umschlag in den gegenüber der Lawine schnelleren anodengerichteten Kanal). Mit zunehmender Erhöhung des Feldes vor dem Lawinenkopf beteiligt sich auch die gasionisierende Strahlung an der Entwicklung. Diese Strahlung ist entscheidend für das Wachsen des kathodengerichteten Kanales, indem diese zusammen mit der Feldverzerrung, welche die Ladungsträger des anodengerichteten Kanales bereits hergestellt haben, einen Entladungsschlauch aufbaut, der den Lawinenkopf mit der Kathode verbindet. Zum Schluß wird gezeigt, daß in einem Ionenschlauch das radiale Feld zusammen mit der gasionisierenden Strahlung die enorm hohen Geschwindigkeiten der leuchtenden Entladung in Blitzen und Spitzenentladungen zu erklären vermag.

DK 621.385.832.013

**Der Astigmatismus magnetischer Linsen.** [Nach H. Becker u. A. Wallraff, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 1, S. 43; 6 S., 5 B.]

Es wird die Abhängigkeit des Astigmatismus von den ihn bestimmenden Größen, Dingpunktentfernung von der optischen Achse und Blendenradius untersucht. Dabei wird der theoretisch zu erwartende Zusammenhang zwischen Astigmatismus und Achsenabstand des Dingpunktes erst für größere Dingpunktstände ermittelt und nur innerhalb eines gewissen Bereiches bestätigt. Die lineare Abhängigkeit zwischen Astigmatismus und Blendenradius wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung überall mit der Theorie übereinstimmend gefunden. Die sonstigen Abhängigkeiten sind auch hier dieselben wie bei den übrigen durchgemessenen Bildfehlergrößen. Die Größe des Astigmatismus nimmt mit wachsender Brennweite zu und mit wachsender Linsendicke ab. Der Seidelsche Koeffizient  $S_4$ , der den Astigmatismus kennzeichnet (in Verbindung mit einem Teil des Koeffizienten  $S_8$  der magnetischen Aberration), wird aus den Versuchsergebnissen bestimmt. — Die benutzte Versuchsanordnung ist in ihren Grundzügen dieselbe, wie sie schon zur Messung der Bildfeldwölbung benutzt wurde.

DK 537-56 : 537-531-9

**Über die Restionisation von Gasen unter der Einwirkung von Röntgenstrahlen.** [Nach A. Cotton, C. R. Acad. Sci., Paris 208 (1939) Nr. 22; 3 S., 2 B.]

Durch Röntgenstrahlen ionisierte Luft ist noch mehrere Stunden nach Aufhören der Bestrahlung leitfähig. Die elektrometrische Bestimmung dieser Restionisation ist schwierig, da die Leitfähigkeit der Luft dann nur den 10<sup>6</sup>ten Teil der unter direkter Einwirkung eines Röntgenstrahlenbündels stehenden Luft ist. Die Messung beruht auf folgenden Überlegungen: Die Elektrometer, mit denen sich sehr schwache Ionisationen messen lassen, haben ihre höchste Empfindlichkeit erreicht. Man muß also die zu untersuchende Erscheinung verstärken. Diese Verstärkung bringt eine Störung mit sich, die zur Vornahme der nötigen Korrektur vorher untersucht wurde. Zur Messung diente eine Ionisationskammer kleiner Kapazität (rd. 25 cm<sup>3</sup> und großen Volumens, verbunden mit einem Quadrant-Elektrometer. Es ließen sich damit noch 20 Elementarladungen je Sekunde und cm<sup>3</sup> nachweisen. Bei diesem Vorgehen wurde ein Störungsglied, die Eigenionisation, eingeführt, denn diese kann eine Anzahl Ionen, von 2 bis 10 cm<sup>3</sup> s, erzeugen.

Die Versuche bestehen in einer Ionisation des in der Kammer enthaltenen Gases, indem es während einer bestimmten Zeit mit Röntgenstrahlen bestrahlt wird, und in der Messung der Restladung nach einer Zeit  $t$  nach Aufhören der Bestrahlung. Die Ergebnisse, die man für veränderliche Zeiten  $t$  erhält, erlauben eine Bestimmung des Koeffizienten der Rekombination  $\alpha$  der im Gas bleibenden Ionen. Die Beweglichkeit der Ionen, wenigstens der langsamen, läßt sich aus der Dauer des Stromes bestimmen, indem man an die Elektroden eine bekannte Spannung anlegt. Die geometrische Form der Kammer erlaubt die Bestimmung der elektrischen Feldverteilung im Innern. Beträgt  $t$  einige Sekunden oder 1 min, so ergeben sich für  $\alpha$  Werte von rd. 10<sup>-6</sup> (Zeit in Sekunden, Ladung in Anzahl der Ionen ausgedrückt). Bei 15 bis 20 min liegt  $\alpha$  zwischen 10<sup>-7</sup> und 10<sup>-8</sup>. Die Beweglichkeit der Ionen liegt zwischen 10<sup>-3</sup> cm/s bei  $t$  größenordnungsmäßig 1 min und 10<sup>-4</sup> s bei  $t = 12$  bis 20 min. Mdt.

1) Vgl. H. Raether, ETZ 60 (1939) S. 1296.

## AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

### Die Elektrizitätsversorgung Rumäniens 1938

Von H. Thiess, Hermannstadt-Sibiu

**Übersicht\*).** Die Aufwärtsentwicklung der Elektrizitätserzeugung Rumäniens auf Grund der Betriebsstatistik wird gezeigt. Große Entwicklungsmöglichkeiten sind entsprechend den verschiedenartig vorhandenen Naturschätzen noch offen.

Die Weltereignisse des Jahres 1938 haben die rumänische Wirtschaft nur unwesentlich beeinflußt. Bei den Industrien sind sogar erhöhte Investitionen festzustellen, denn während diese im Jahre 1937 etwa 57 Mill RM<sup>1)</sup> ausmachten, waren es 1938 rd. 84,5 Mill RM. In der Rohölförderung dagegen ist ein merklicher Rückgang zu verzeichnen, und zwar ist diese von 7,15 Mill t des Jahres 1937 auf 6,6 Mill t in 1938 gesunken (7,7 %). Dieser Rückgang dürfte jedoch vorübergehender Natur sein, da von den für 40 000 ha erteilten Bewilligungen nur etwa 6800 ha ausgenutzt werden, wobei man mit einem Erdölgebiet von insgesamt 200 000 ha rechnet. Auch im Verbrauch an natürlichen Gasen ist eine Abnahme festzustellen. Im Jahre 1936 wurden noch 3 Mrd m<sup>3</sup> Gas verbraucht, während diese Zahl im Jahre 1937 auf 2,38 Mrd m<sup>3</sup> und in 1938 auf 2,04 Mrd m<sup>3</sup> gesunken ist (Sondengas im alten Rumänien und Metangas in Siebenbürgen). Die Lieferung an Metangas war 1938 rd. 311 Mill m<sup>3</sup>, bei einem geschätzten Gesamtvorrat von 72 Mrd m<sup>3</sup>.

Neben dem großen Kohlevorkommen von etwa 2,7 Mrd t bilden die zahlreichen Wasserkräfte des Landes eine unerschöpfliche Naturkraft. Pavel gibt für besonders wirtschaftlich ausbaufähige Wasserkraftanlagen eine Gesamtleistung von etwa 2,86 Mill kW an bei rd. 14 Mrd kWh/Jahr.

Die öffentliche Elektrizitätsversorgung Rumäniens hat in der letzten Zeit, dank der verschiedenen diesbezüglich geschaffenen Gesetze, wesentliche Fortschritte zu verzeichnen und dürfte sich in den nächsten Jahren, bei voller Auswirkung der getroffenen Regierungsmaßnahmen, weiter günstig gestalten (z. B. das Gesetz über die Organisation der Gemeindebetriebe in Rumänien)<sup>2)</sup>.

Tafel 1. Art der öffentlichen Stromversorgung

Stromart	Zahl der Werke	Leistung kW	Prozent	
			aller Werke %	der Gesamtleistung %
Gleichstrom	96	17 800	4,3	7
Gleichstrom und Drehstrom	9	21 600	4	8
Drehstrom	119	223 100	53	85
insgesamt 1938	224	262 500	—	—
insgesamt 1937	210	261 000	—	—
insgesamt 1930	155	184 800	—	—

In der Tafel 1 ist die Art der Stromversorgung von 224 öffentlichen Elektrizitätswerken angegeben, von denen 115 Privatgesellschaften und konzessionierte Werke, 84 Gemeindeunternehmungen und zwei staatliche Betriebe sind, während neun Werke in öffentlicher Verwaltung stehen und vierzehn Werke einen gemischtwirtschaftlichen Betrieb führen.

\* Bericht über 1937: ETZ 59 (1938) S. 1391.

<sup>1)</sup> 1 RM = 40 Lei.

<sup>2)</sup> ETZ 59 (1938) S. 1420.

DK 621.311.1.003.1 (498)

Laut Tafel 1 entfallen bereits 93 % der installierten Leistung auf Werke mit vorwiegend Drehstrom, von denen 17 Elektrizitätswerke mit 42 Hz und 111 mit 50 Hz arbeiten. Der Einfachheit halber sind die vier Elektrizitätswerke, die noch Einphasen- bzw. Zweiphasenstrom erzeugen, zu den Drehstromwerken gezählt worden.

Tafel 2. Art der Betriebskraft, Leistung und Jahreserzeugung

Antriebsmaschinen der öffentlichen Elektrizitätswerke	Leistung		Jahreserzeugung		mittlere Jahresbenutzungsdauer h
	kW	%	Mill kWh	%	
Wasserturbinen	30 000	11,5	83	14,6	2760
Dampfmasch. u. Turbinen	169 000	64,4	387	70,0	2340
Dieselmotoren	61 000	23,2	85	15,0	1400
Gas- und Benzinmotoren	2 500	0,9	3	0,4	1200
öff. Elektr.-Werke insg.	262 500	—	568	—	2160
Freiendstrom aus Eigenanl.	—	—	24	—	—
Jahr 1938	—	—	592	—	—
Jahr 1937	—	—	554	—	—
Jahr 1930	—	—	304	—	—

Laut Tafel 2 sind für die öffentliche Stromversorgung insgesamt 592 Mill kWh erzeugt worden, wovon 38 Mill kWh auf den Eigenverbrauch und 78 Mill kWh auf die Verluste entfallen. Die nutzbare Stromabgabe beträgt demnach für 1938 rd. 476 Mill kWh gegenüber 434 Mill kWh des Jahres 1937, d. i. eine Steigerung von 9,7 %. Die mit Elektrizität versorgten 565 Orte haben 4,4 Mill Einwohner, so daß, auf diese Zahl bezogen, rd. 108 nutzbar abgegebene kWh je Einwohner entfallen. In bezug auf die Gesamteinwohnerzahl von 18 Mill (Volkszählung 1930) sind es 26 kWh je Einwohner.

Tafel 3. Leistung und Erzeugung nach der Unternehmungsform

Eigentumsverhältnis	Leistung kW	Erzeugung Mill kWh	mittlere Jahresbenutzungsdauer h
Eigenanlagen	248 000	580	2340
insgesamt 1938	510 500	1148	2240
insgesamt 1937	508 000	1077	2120
insgesamt 1930*)	307 800	550	1790

\*) ETZ 52 (1931) S. 1254.

Wie die Tafel 3 zeigt, ist die gesamte Elektrizitätserzeugung 1938 gegenüber 1930 um mehr als das Doppelte gestiegen, während die Steigerung von 1937 auf 1938 rd. 6,6 % ausmacht. Die Gesamtlänge der Hochspannungsübertragungsleitungen kann mit 2365 km angegeben werden.

In Tafel 4 ist die Stromabgabe einiger größerer Elektrizitätsunternehmungen Rumäniens angeführt, wobei auch die beiden größten Industrieunternehmen Rumäniens, nämlich die Stickstofffabrik „Nitrogen“ und die Resiřawerke Erwähnung finden.

Tafel 4. Stromabgabe größerer Elektrizitätsunternehmen Rumäniens

Unternehmung	Leistung	Stromabgabe		
	1938 kW	1920	1930	1938 Mill kWh
Bukarest . . . . .	74 228 + 10 000	18	84,1	177,1
„Concordia“ Câmpina . . . . .	65 500	—	—	146,0
Temeschburg — Timișoara . . . . .	9 075	8	16,0	24,0
Siebenbürgische El. A. G. „SETA“ . . . . .	1 168 + 4 235	—	1,6	18,1
Hermannstadt — Sibiu . . . . .	5 380 + 2 500	5,4	12,1	17,5
Galatz — Galați . . . . .	4 460	—	5,4	16,4
Czernowitz — Cernăuți . . . . .	6 630	4,2	8,6	14,4
Kronstadt — Brașov . . . . .	5 800	—	9,4	13,1
Klausenburg — Cluj . . . . .	3 300 + 8 400	6,9	13,6	12,4
Jași . . . . .	4 930	—	6,7	12,3
Reșița (Eisenwerk) . . . . .	23 000	25,1	66,6	81,0
„Nitrogen“ — Dicioșanmartin . . . . .	17 000	—	40,4	56,0

## DK 621.311.22.003.1

**Die wirtschaftliche Druckgrenze beim Gegendruckkraftwerk.** [Nach F. Kaissling, Arch. Wärmewirtsch. 20 (1939) S. 259; 1½ S., 1 B.]

Im Anschluß an frühere Untersuchungen über die wirtschaftliche Druckgrenze bei Kondensationskraftwerken werden in der vorliegenden Arbeit die Gegendruckkraftwerke behandelt, wobei der Einfluß der Steigerung des Kesseldruckes bei einem Gegendruckkraftwerk auf die Anlagekosten und die Auswirkung der Druckerhöhung auf die Arbeitsausbeute und die Frischdampfmen gen bei Gegendruckbetrieb berücksichtigt und die Verhältnisse zwischen 20 und 100 at in Betracht gezogen werden. Im Gegensatz zum Kondensationskraftwerk ergibt sich beim Gegendruckkraftwerk keine feste wirtschaftliche Druckgrenze, da stets beim höheren Druck auch höhere Anlagekosten auftreten. Die wirtschaftliche Grenze nach oben ist äußerstenfalls die gleiche wie bei Kondensationskraftwerken und beträgt 100 bis 120 at; sie liegt um so niedriger, je geringere Werte Benutzungsstunden und Kohlepreis besitzen und je weniger sich Dampf- und Strombedarfsverlauf zeitlich decken. Bei Gegendruckanlagen empfiehlt sich daher in jedem Falle eine Sonderuntersuchung zur Feststellung der wirtschaftlichen Druckgrenze. an.

## DK 621.327.4.003.1

**Die Wirtschaftlichkeit der Metalldampflampen.** Entwicklung einer graphischen Darstellung und ihre praktische Anwendung. [Nach H. Lingenfeller u. E. Schanz, Licht 9 (1939) S. 175; 3½ S., 10 B.]

Für die Anwendung der Metalldampflampen sind ihre lichttechnischen Eigenschaften und die Wirtschaftlichkeit entscheidend. Während die lichttechnische Eignung der Metalldampflampen für bestimmte Anwendungsgebiete meist durch Versuche festgestellt werden muß, kann ihre Wirtschaftlichkeit rechnerisch nachgeprüft werden. Zum Vergleich wurden im Lichtstrom etwa gleiche handelsübliche Glühlampen in handelsüblichen Leuchten herangezogen; Lichtquellen anderer Energieversorgung, z. B. Gaslicht, wurden nicht berücksichtigt, da wirtschaftliche Überlegenheit der Metalldampflampen in diesem Falle angenommen werden kann.

Die festen Kosten wurden zu 15 % des Beschaffungswertes angenommen; die beweglichen Kosten setzen sich aus Stromkosten und Lampenersatzkosten zusammen. Verschiedene Kostengruppen wie z. B. Bedienung und ähnliches wurden vernachlässigt, da sie entweder für beide Beleuchtungsarten in gleicher Höhe anfallen oder Abweichungen, die vorhanden sind, zugunsten der Metalldampflampen ausfallen. Berechnet wurden die Kosten für 10<sup>6</sup> Hlmh in Abhängigkeit vom Strompreis. Sie stellen eine Gerade dar, deren Steigerung der Lichtausbeute umgekehrt proportional ist. Der Schnittpunkt der Kostengeraden zweier Lichtquellen liefert den Strompreis, bei welchem Kostengleichheit gegeben ist.

Für jede bestimmte jährliche Benutzungsdauer läßt sich die Ersparnis durch Verwendung von Metalldampflampen in Prozent angeben. Geht man von gleichen Kosten für Glühl-

## Zusammenfassung

Durch die Schaffung entsprechender Gesetze ist die Elektrizitätsversorgung Rumäniens in rechtlicher Hinsicht auf eine gesunde Basis gestellt, auf Grund derer auch die verhältnismäßig noch niederen Tarife immer mehr den tatsächlichen Verhältnissen angepaßt werden können. Für die öffentliche Stromversorgung sind im Jahr 1938 rd. 592 Mill kWh erzeugt worden, während die Gesamterzeugung (inkl. Eigenanlagen) 1148 Mill kWh ausmacht, d. h. sie hat sich in dem Zeitraum von 1930 bis 1938 mehr als verdoppelt. Die nutzbare Stromabgabe der öffentlichen Elektrizitätswerke betrug 1938 rd. 476 Mill kWh, d. i. eine Steigerung von 9,7 % gegenüber 1937, wobei 26 kWh auf den Einwohner entfallen.

lampen- und Metalldampflampenbeleuchtung aus, so läßt sich die — für diese Kostengleichheit — erforderliche jährliche Benutzungsdauer in Abhängigkeit vom Strompreis angeben.

Es werden die Formeln angegeben, die zur Durchrechnung der Wirtschaftlichkeit erforderlich sind. Lgf.

## DK 621.311.22 (71)

**Dampfkraftwerk Ottawa (Michigan).** [Nach Pwr. Plant (Engng.) 43 (1939) S. 634; 13 S., 16 B.]

Das im Stadtgebiet von Michigan errichtete Dampfkraftwerk hat im äußeren gefällige, architektonisch ausgeglichene Formen mit mittlerem Hochteil, besitzt eine Leistung von 3500 kW und ist nach neuzeitlichen Gesichtspunkten mit sorgfältiger Planung und Ausführung aller Einzelteile und Zubehöreinrichtungen ausgeführt. Der Entwurf wurde hinsichtlich der Kesselanlage an das Bremowerk angelehnt. Die Neuanlage hat außer Stromerzeugung teilweise auch Fernheizung zur Aufgabe; sie besitzt zwei staubkohlengefeuerte Kessel mit 102 t/h Dampfleistung für 68 at und 482 °C und als Haupteinheit einen wasserstoffgekühlten Turbogenerator für 25000 kW für 3600 U/min, dazu zwei kleinere Turbogeneratoren, von denen der erstere mit 61 at und 4000 kW, der zweite mit 13 at und 2500 kW betrieben wird. Die beiden letztgenannten Einheiten arbeiten auf die Heizungsanlage. Kessel und Rohrleitungen sind geschweißt. Die Überwachung der Dampferzeugung und des elektrischen Teiles der Anlage ist in der zentral gelegenen Warte zusammengefaßt. Selbsttätige Mengenüberwachung erleichtert die Betriebsführung. Weitere Besonderheiten der Anlage bestehen in der ausgeführten mehrstufigen Speisewasservorwärmung, der mehrfachen Entlüftung der Kesselanlage, dem verbesserten Aschenausstrag, der Anordnung besonderer Lüfter bei den Lagern der Kohlenstaubmühlen und der selbsttätigen Temperaturüberwachung der Primärluft. Grundriß und Längsschnitt durch das Gebäude lassen erkennen, daß der mittlere höhere Teil durch den wärmetechnisch günstig eingebauten Lufterhitzer sowie die vor den Saugzug gelegten Elektrofilter verursacht wurde. Für den Zusammenbau sind in den Maschinenräumen Krane mit 85, 15 und 10 t Tragfähigkeit vorgesehen. Im elektrischen Teil der Anlage sind Sammelschienensysteme für 13,2 kV, 4,16 kV und 460 V-Hilfsschienen vorhanden. Wärmeschaltbilder lassen die Pumpenanlagen und den Wärmefluß der Großeinheit und der beiden kleineren Maschinensätze erkennen. Die Kessel sind Teilkammerkessel mit Lufterhitzer der Ljungström-Bauart und Speisewasservorwärmung sowie Überhitzern. Der Durchbildung des Belüftungssystems ist besondere Sorgfalt gewidmet. Die Kohlenmahlanlage hat 100 PS-Motoren für 440 V, 1765 U/min, mit Riementrieben. Der Hauptgenerator besitzt 31250 kVA, 13,8 kV, 60 Hz und 125 kW Erregerleistung. Während die wasserstoffgekühlte Hauptmaschine 3600 U/min macht, werden die angebauten Haupt- und Hilfsregermaschinen über Getriebe mit 1500 U/min angetrieben. An die verschiedenen Unterwerke der Stadt wird die Energie mit 13,2 kV von dem durch den Hauptgenerator gespeisten Doppelsammelschienensystem übertragen. Die Sammelschienen für 4160 V nehmen die Energie der kleineren Einheiten auf. Die Schaltanlage ist in der üblichen Weise metallgekapselt. Tsch.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1180 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G.m.b.H.: Berlin 223 84.

## Ausschuß für Sicherungswesen

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat einige Änderungen und Ergänzungen zu

VDE 0635 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A“

vorgenommen, die in ETZ 61 (1940) H. 3, S. 60 veröffentlicht sind. Diese Änderungen und Ergänzungen sind vom Vorsitzenden des VDE im Dezember 1939 genehmigt worden und treten gleichzeitig mit den Vorschriften selbst in Kraft. Der Geltungsbeginn ist auf den 1. Januar 1941 festgesetzt worden (siehe § 1 der geänderten Fassung).

Nachstehende zu VDE 0635 gehörende Normblätter sind vom Ausschuß für Sicherungswesen neu bearbeitet worden:

DIN VDE	405	Edison-Gewinde E 16
..	406	Bl. 1 Gewindelehrdorne für Gewinde E 16, Bl. 2 Gewindelehrring für Gewinde E 16
..	9310	D-Sicherungssockel E 37 25 A 500 V mit rückseitigem Anschluß
..	9311	D-Sicherungssockel E 33 60 A 500 V mit rückseitigem Anschluß
..	9312	D-Sicherungssockel R 1¼" 100 A 500 V mit rückseitigem Anschluß
..	9313	D-Sicherungssockel R 2" 200 A 500 V mit rückseitigem Anschluß
..	9315	D-Sicherungssockel E 16 25 A 500 V mit rückseitigem Anschluß
..	9320	D-Sicherungssockel E 27 25 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß
..	9321	D-Sicherungssockel E 33 60 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß
..	9322	D-Sicherungssockel R 1¼" 100 A 500 V, mit vorderseitigem Anschluß
..	9323	D-Sicherungssockel R 2" 200 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß
..	9325	D-Sicherungssockel E 16 25 A 500 V mit vorderseitigem Anschluß
..	9360	Bl. 1 D-Schraubkappen E 16, E 27 und E 33 500 V, Bl. 2 D-Schmelzeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V, Bl. 3 D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V
..	9361	Bl. 1 Lehrringe für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V
..	9361	Bl. 2 Grenzlehndorne für D-Paßeinsätze E 16, E 27 und E 33 500 V, Bl. 3 Rachenlehren und Grenzlehren für D-Schmelzeinsätze, D-Paßeinsätze und D-Schraubkappen E 16, E 27 und E 33 500 V, Bl. 4 Tiefenlehren für D-Sicherungssockel E 16, E 27 und E 33 500 V
..	9365	Bl. 1 D-Schraubkappen R 1¼" und R 2" 500 V, Bl. 2 D-Schmelzeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V, Bl. 3 D-Paßeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V
..	9366	Bl. 1 Lehrringe für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V, Bl. 2 Rachenlehren und Grenzlehndorne für D-Schmelzeinsätze und D-Paßeinsätze R 1¼" und R 2" 500 V, Bl. 3 Tiefenlehren für D-Sicherungssockel R 1¼" und R 2" 500 V.

Die Normblattentwürfe können von der Geschäftsstelle des VDE gegen Erstattung der Selbstkosten bezogen werden.

Einsprüche gegen die Normblattentwürfe sind bis zum 1. März 1940 der Geschäftsstelle des VDE einzureichen.

## Ausschuß für Schalt- und Steuergeräte

Der Ausschuß für Schalt- und Steuergeräte hat eine Änderung des § 50 von

VDE 0660 „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 300 V Gleichspannung“

aufgestellt, die in ETZ 61 (1940) H. 3, S. 60 veröffentlicht ist. Diese Änderung stellt eine Angleichung der Bestimmungen des § 50 von VDE 0660 an den § 15 von VDE 0635/XII. 39 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A“ dar. Auf eine Veröffentlichung im Entwurf wird daher verzichtet.

Die Änderung ist vom Vorsitzenden des VDE im September 1939 genehmigt worden und tritt zum gleichen Zeitpunkt wie VDE 0635/XII. 39, d. h. am 1. Januar 1941, in Kraft.

## Ausschuß für Klemmenbezeichnungen

Der Ausschuß für Klemmenbezeichnungen hatte in ETZ 60 (1939) S. 511 einen Entwurf zu Ergänzungen und Änderungen von

VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen“ veröffentlicht. Mit Ausnahme des § 5 sind die im Entwurf vorgeschlagenen Änderungen und Ergänzungen laut Bekanntmachung des Ausschusses in ETZ 60 (1939) S. 1243 inzwischen in Kraft gesetzt worden.

Nachdem der einzige gegen § 5 erhobene Einspruch nunmehr zurückgezogen ist, hat der Vorsitzende des VDE auch den § 5 mit einigen vom Ausschuß vorgenommenen redaktionellen Änderungen im Januar 1940 genehmigt. Der endgültige Wortlaut ist in ETZ 61 (1940) H. 3, S. 60 veröffentlicht und tritt am 1. Februar 1940 in Kraft. Er wirkt sich auf alle VDE-Bestimmungen aus, soweit in ihnen Angaben über die Bezeichnung von Erdungs- und Schutzleitungsanschlüssen enthalten sind.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung:  
Viefhaus

## VDE-Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen als baupolizeiliche Richtlinie

In ETZ 60 (1939) S. 1195 und 1355 hatten wir auf die Erlasse des Reichsarbeitsministers vom 20. 9. und 28. 10. 1939 hingewiesen, durch die die VDE-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen (VDE 0210/X. 38) den in Frage kommenden Behörden zur Beachtung im Rahmen der bestehenden allgemeinen baupolizeilichen Bestimmungen aufgelegt werden. Nunmehr hat auch der Preußische Finanzminister durch Runderlaß vom 16. 11. 1939<sup>1)</sup> die genannten Vorschriften in baupolizeilicher Hinsicht anerkannt. Der Erlaß hat folgenden Wortlaut:

Der Preußische Finanzminister

Bau <sup>2130</sup>/<sub>3</sub> /28. 10. Berlin C 2, den 16. November 1939

Von dem Verband Deutscher Elektrotechniker sind für den Bau von Starkstrom-Freileitungen neue Vorschriften (VDE 0210/X. 38) aufgestellt worden, die ich in baupolizeilicher Hinsicht anerkannt habe, und die künftig für die statische Berechnung der Maste für elektrische Starkstrom-Freileitungen als Richtlinien zu gelten haben. Den Erlaß des ehem. Ministers für Volkswohlfahrt vom 22. Januar 1931 II 6206/9. 12. —<sup>2)</sup> hebe ich hiermit auf.

<sup>1)</sup> Zbl. Bauverw. 50 (1939) H. 47/48.

<sup>2)</sup> ETZ 52 (1931) S. 304; Zbl. Bauverw. 51 (1931) S. 85.

Die Vorschriften können durch den ETZ-Verlag, GmbH., in Berlin-Charlottenburg 4, zum Preise von 1 RM je Stück bezogen werden. Bei Mengenbezug wird ein entsprechender Preisnachlaß gewährt.

Für die Regierungspräsidenten, den Verbandspräsidenten, den Stadtpräsidenten und die Staatshochbauämter, soweit diese mit baupolizeilichen Aufgaben betraut sind, liegt je ein Heft der Vorschriften einschl. der Umstellvorschriften 0210 U/XI. 37 bei.

Im Auftrage  
Reck

An die Reg. Präs., den Verbandspräs. in Essen, den Stadtpräs. d. Reichshauptst. Berlin, die Landräte, die Oberbürgerm. d. Stadtkreise, die sonst. Baugenehmigungsbehörden und die Preuß. Staatshochbauämter.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



### Ablauf der Prüfzeichengenehmigungen für Leitungsschutzsicherungen 500 V bis 200 A

Der in der ETZ 60 (1939) H. 30, S. 911 bekanntgegebene Zeitpunkt für den Ablauf der Prüfzeichengenehmigungen für Leitungsschutzsicherungen, d. h. für Schmelzeinsätze, Sicherungssockel, Paßeinsätze und Schraubkappen wird aufgehoben. Die in Frage kommenden Genehmigungen behalten, sofern nicht in Einzelfällen aus besonderen Gründen eine frühere Streichung erfolgen muß, bis zum 31. 12. 1940 Gültigkeit.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker  
i. A.: Klingenberg i. A.: Saß

### Bezirk Berlin

vormalis Elektrotechnischer Verein  
(Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

### Vortragsverlegung

Der für den 23. Januar 1940, 18<sup>00</sup>, in der Technischen Hochschule, Hörsaal EB 301, im Fachgebiet „Elektrizitätswerke und Unterwerke“ angesetzte Vortrag des Herrn Dr.-Ing. H. Freiburger VDE, Frankfurt/Main,

„Lichtbogenwanderung in Schaltanlagen“  
muß wegen Erkrankung des Vortragenden auf Dienstag, den 9. April 1940, verschoben werden.

### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Regierungsbaurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.  
23. Januar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.  
Vortragsreihe „Triebfahrzeuge“: „Elektrische Lokomotiven und Triebwagen für Gleich- und Wechselstrom“. Vortragender: Regierungsbaurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. Killinger VDE.

26. Januar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.  
„Umrichteranordnung für Umformung von Wechselstrom gegebener Frequenz in solchen höherer Frequenz“. 2. Teil. Vortragender: Dr. R. Jovy VDE.

VDE Bezirk Berlin  
vormalis Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer:  
Burghoff

### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Danzig.** 22. 1. (Mo), 20<sup>00</sup>, T. H.: „Vom Braunschens Rohr zur Fernsehrohr“ (m. Lichtb. u. Vorführ.). Prof. Dr.-Ing. H. Schwenkhagen VDE.

**VDE Bezirk Köln.** 19. 1. (Fr), 20<sup>00</sup>, Lese-Gesellschaft „Überspannungsvorgänge in Hochspannungsanlagen“. Dr. A. Wallraff VDE.

**VDE Bezirk Nordbayern, Nürnberg.** 19. 1. (Fr), 20<sup>00</sup>, Vortragssaal der Werke und Bahnen, Blumenstr. 16 „Neuere Entwicklung der Scheinwerfertechnik“ (m. Film u. Lichtb.). Obering. Dr. Rohloff VDE.

**VDE Bezirk Ostachsen, Dresden.** 25. 1. (Do), 19<sup>45</sup>, El. Inst. T. H. Dresden: „Der Langstabilisator, insbesondere sein Verhalten im elektrischen Hochleistungslichtbogen“. Dr.-Ing. H. Ziegler VDE.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Karlsruhe.** 23. 1. (Di), 20<sup>00</sup>, T. H.: „Zur Frage der Beleuchtung und Verdunkelung im Luftschutz“. Dr. C. F. Otto Müller.

**Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik.** 24. 1. (Mi), 17<sup>45</sup>, Hauptgeb. T. H.: „Schmelzen und Verarbeiten von Quarzglas und ähnlichen hochschmelzenden Gläsern“.

## EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten]

### Bücher

Technik voran! Jahrbuch für alle Freunde der Technik 1940. Herausgeber: Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe. Mit zahlr. Bildern u. 224 S. im Format A 6. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1939. Preis kart. 0,95 RM.

[Anregend und lehrreich ist wieder dieser Kalender, vor allem für die Jugend und Freunde der Technik. Er will anspornen und für ein Gebiet begeistern, das in dieser großen Zeit von so ausschlaggebender Wichtigkeit ist.]

Unfall-Verhütungs-Kalender 1940. Kalender für Betriebssicherheit. Mit zahlr. Bild. u. 64 S. im Format A 6. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Berlin. Preis 0,12 RM.

[Dem Leser wird an Hand von zahlreichen Bildern der Gedanke der Verhütung von vermeidbaren Unfällen in unterhaltender Form nahegebracht.]

Jahrbuch für das Elektrohandwerk 1940. Herausg. von der Schriftleitung der Verbandszeitschrift „Das deutsche Elektrohandwerk“. Mit 330 S. im Format A 6. Verlag Heinrich W. Fischer & Co., Frankfurt a. M. 1939. Preis geb. 3,50 RM.

[Auf Veranlassung und in engster Mitarbeit mit dem Reichsinnungsverband des Elektrohandwerks ist erstmalig dieser Kalender herausgebracht worden, der in handlicher Form und sorgfältiger Sichtung in einem allgemeinen und einem technischen Teil alles das enthält, was für den einzelnen Elektrohandwerker in seinem Berufsleben von Wichtigkeit ist.]

Rundfunk ohne Störungen. Die Entstehung, Ausbreitung und Beseitigung von Empfangsbeeinflussungen. Mit alphabet. Störerübersicht. Von H. G. Engel u. K. Winter. 2. neu bearb. Aufl. Mit 131 Abb. u. 182 S. im Format 155 x 230 mm. Union Deutsche Verlagsgesellschaft Berlin, Roth & Co. 1939. Preis kart. 4,90 RM.

[Die neue Auflage ist auf Grund zahlreicher Anregungen aus den Kreisen der Industrie und der Entstörungspraktiker verbessert und erweitert und gibt einen umfassenden Überblick über die Störungsquellen und ihre Bekämpfung.] Mbl.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. P. Bacher, Zwenkau b. Leipzig, Ahnertstr. 37.  
Dipl.-Ing. E. von Halácsy, Budapest XI, Zámori-u. 12.  
M. Kreuzritter, Berlin-Tempelhof, Arenholzsteig 1.  
Dipl.-Ing. H. Thiess, Sibiu-Hermannstadt, Str. Gohlins Nr. 1.  
Dr.-Ing. W. Weber VDE, Berlin-Siemensstadt, Quellweg 48.

Abschluß des Heftes: 12. Januar 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE

Stellvertretung:  
G. H. Winkler VDE  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 25. Januar 1940

Heft 4

## Die Vakuum-Glimmentladung als Prüfelektrode

Von K. Schaudinn VDE, Hohenbrunn

DK 537.525.8 : 621.315.62.001.4

**Übersicht.** Für die Hochspannungsprüfung von Isolatoren, deren Innenraum aus konstruktiven Gründen schwer zugänglich ist, insbesondere für Porzellanstützer mit doppeltem Boden, wird vorgeschlagen, die Vakuum-Glimmentladung als „Prüfelektrode“ zu verwenden.

Bei Stützern mit Hohlräumen und einem Boden ist es üblich, zur Durchschlagprüfung von Kopf- und Wandstärke den Innenraum mit Wasser zu füllen und dieses als Elektrode zu verwenden. Als Gegenelektrode dienen außen herumgelegte und parallel geschaltete Metallbänder oder Ketten<sup>1)</sup>. Für eine neue Bauart von Hochspannungsstützern<sup>2) 3) 4)</sup> mit doppeltem Boden ist Wasser als Innenelektrode ungeeignet, da das Einfüllen vermieden werden muß, damit nicht irgendwelche Reste zurückbleiben und Feuchtigkeit verursachen. Es wird daher eine Glimmentladung als Prüfelektrode verwendet. Da diesem Verfahren auch grundsätzliche Bedeutung zukommt, wurden über diese neuartige Anwendung der Glimmentladung einige Untersuchungen durchgeführt, über die im folgenden berichtet wird.

### Allgemeines über Gasentladungen<sup>5)</sup>

#### Gleichstromentladungen

Zur Untersuchung von Gleichstromentladungen eignet sich beispielsweise eine Glasröhre von 40 mm l. W., an deren beiden Enden die Stromzuleitungen in Form von zwei flachen Elektroden mit Gummiringen luftdicht aufgeklemmt werden. Die Röhre wird an eine Vakuumpumpe angeschlossen und der Druck bis auf etwa 10 Torr<sup>6)</sup> erniedrigt. Über einen Widerstand  $R$  und einen Strommesser wird eine veränderliche Gleichspannung angeschlossen. Wird die aufgedrückte Spannung langsam und gleichmäßig erhöht, dann geschieht scheinbar nichts, solange diese Spannung kleine Werte behält. Der tatsächlich durchfließende Strom in der Größe von  $10^{-15}$  bis  $10^{-10}$  A ist mit gewöhnlichen Meßgeräten nicht nachweisbar. Bei einer bestimmten Spannung jedoch, der Zünd- oder Durchschlagspannung, wächst der Strom plötzlich stark an. Wurde der Widerstand entsprechend gewählt, dann stellt sich der durch die Röhre fließende Strom auf einen bestimmten Wert  $I$  ein. Die Spannung verteilt sich dabei über die Röhre und den Widerstand  $R$ . Die jetzt an der

Röhre liegende Spannung  $V$  nennt man die Brennspannung. In der Röhre sieht man eine Leuchterscheinung, in der deutlich mehr oder weniger helle Teile zu unterscheiden sind. Von der Kathode aus gerechnet unterscheidet man den schmalen Crookes-Hittorfschen Dunkelraum, anschließend das negative Glimmlicht, den etwas größeren Faradayschen Dunkelraum, auf den schließlich die lange leuchtende positive Säule folgt.

#### Wechselstromentladungen

Die vorhergehenden Betrachtungen gelten für Gleichstromentladungen, wobei die Vorgänge weniger kompliziert sind als bei Wechselstrom. Für die positive Säule bei Wechselstrom z. B. ist noch keine Theorie entsprechend der für Gleichstrom vorhandenen ausgearbeitet. Bei den Wechselstromentladungen treten außerdem noch die durch die periodischen Spannungsänderungen verursachten Erscheinungen auf. Spannung und Strom sinken regelmäßig auf Null und ändern ihre Richtung, wobei die Entladung nach jedem Nulldurchgang aufs neue gezündet werden muß. Bei Wechselstrom bildet sich ebenfalls eine gleichmäßig leuchtende Glimmentladung aus, die bei ausreichender Elektrodenanordnung praktisch den ganzen Hohlraum des Entladungsgefäßes bzw. des evakuierten Isolators ausfüllt. Aus bekannten Untersuchungen<sup>5)</sup> geht hervor, daß die Zündspannung für Edelgase bei Drücken zwischen 1 und 20 Torr im Bereich von 350 bis 600 V bei Wechselspannung schwankt. Für verdünnte Luft liegt sie höher. Am Ende jeder Halbperiode geht der Strom durch Null, bevor er seine Richtung ändert. In diesem Augenblick findet daher nahezu keine Anregung durch Elektronen statt, und da das Nachleuchten nur von sehr kurzer Dauer ist, gibt die Gassäule also beim Durchgang des Stromes durch Null kein Licht. Diesen Zustand bezeichnet man als „Dunkelperiode“. Diese ist aber für unsere Prüfungen infolge der geringen Dauer ohne Belang. Da selbst bei den größten Isolatorenhohlräumen nur etwa 4 bis 5 kV für die Zündung benötigt und die Prüfungen meistens mit Wechselspannungen zwischen 50 und 150 kV ausgeführt werden, erstreckt sich die Dunkelperiode nur über einen Bruchteil der Halbwelle, und der Hohlraum glimmt praktisch während der ganzen Halbwelle.

Wie die Bilder 1 bis 4, die weiter unten im einzelnen erklärt sind, zeigen, bildet sich in der Nähe der geerdeten Eisenplatte, die als Abschluß der Glasglocke dient, ein ähnlicher Dunkelraum aus wie bei Gleichstromentladungen neben der Kathode. Es können dieselben Gesetze, die bei Gleichstromentladungen genau untersucht sind, auch für die Wechselstromentladung übernommen werden.

<sup>1)</sup> Vgl. VDE 0446, § 1, Abb. 2.

<sup>2)</sup> ETZ 59 (1938) S. 235.

<sup>3)</sup> ETZ 60 (1939) S. 278.

<sup>4)</sup> Stenag-Nachr. (1938) H. 16 17, S. 33.

<sup>5)</sup> Nach Uytendhoeven, Elektrische Gasentladungslampen, Julius Springer, Berlin 1938.

<sup>6)</sup> 1 Torr = 1 mm QS.



Im allgemeinen ist die Zündspannung von folgenden Faktoren abhängig:

von der Gasart und dem Gasdruck,  
von dem Durchmesser, der Länge und der Form des  
Entladungsraumes und  
von den Elektroden.

#### Vergleichsversuche unter einer Glasglocke

Um die Ausdehnung der Glimmentladung in größeren Hohlräumen zu untersuchen, wurde eine Glasglocke ähnlich wie die Porzellanstützer aufgebaut. Die Elektrodenanordnung ist aus Bild 1 bis 4 ersichtlich. Die Glocke mit einem lichten Raum von  $500 \times 250$  mm Dmr. steht auf einer geerdeten Metallplatte, durch die das Verbindungsrohr zur Vakuumpumpe geht. Außen werden 3

oder 4 Drahringe in etwa 100 mm Abstand herumgelegt und mit der am Kopf der Glocke aufgeklebten kreisförmigen Stanniolfolie parallelgeschaltet. Es besteht also grundsätzlich die gleiche

Elektrodenanordnung wie bei den Hochspannungstützern, deren Kopf und Wandung auf Durchschlag geprüft wird. Wird nun die Luft bis zu einem Druck von etwa 4 bis 6 Torr abgepumpt und Wechselspannung angelegt, so bildet sich die in Bild 1 ersichtliche Glimmentladung aus. Besonders dicht und lichtstark ist die Entladung unter der Metallfolie am Kopf und in der Ebene der Drahringe, so daß praktisch längs der ganzen Innenfläche der Glocke die Glimmschicht wie eine leitende Elektrode anliegt.

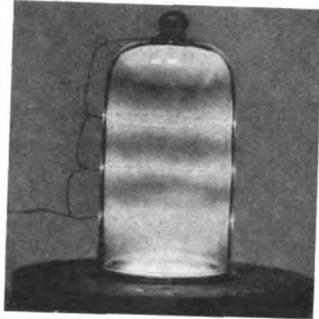


Bild 1. Glimmentladung in der Glasglocke bei drei äußeren Ringen; Vakuum 5 Torr, Spannung 30 kV, 50 Hz.

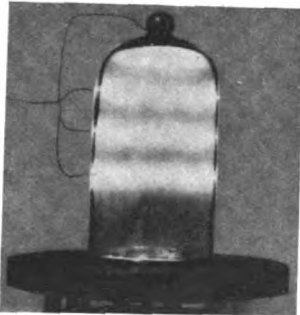


Bild 2. Glimmentladung in der Glocke bei drei äußeren Ringen; Abstand des untersten Ringes von der Erdplatte 220 mm, 5 Torr, 30 kV, 50 Hz.

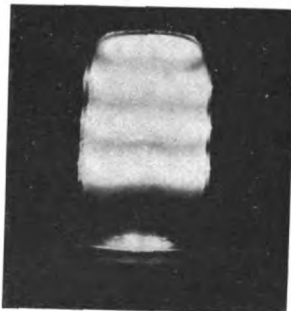


Bild 3. Glimmentladung wie in Bild 2, jedoch Aufnahme ohne Vorbelichtung der photographischen Platte.

Den Einfluß der Ringanordnung lassen Bild 2 bis 4 erkennen. Bei Bild 2 wurden für die Versuche nur drei Ringelektroden verwendet und der Abstand des unteren Ringes zur Erdplatte mit 220 mm verhältnismäßig groß gewählt. In den Ringebenen bildet sich wieder die starke Glimmschicht aus; der Dunkelraum vor der Erdelektrode ist deutlich ausgeprägt. Bei gleicher Anordnung wurde die Glimmentladung auch ohne Vorbelichtung der photographischen Platte aufgenommen (Bild 3). Es zeichnen sich dann die leuchtenden Schichten, das Glimmlicht unmittelbar vor der Erdelektrode (ähnlich dem negativen Glimmlicht bei Gleichstrom) und der Dunkelraum besonders deutlich ab. Obwohl die

äußeren Elektroden nur aus einem dünnen Drahring bestehen, erfüllt die Glimmentladung praktisch den ganzen Abstand zwischen den Ringen.

Nunmehr wurde der Abstand des unteren Ringes von der Erdplatte auf 120 mm verkleinert (Bild 4). Der Dunkelraum vor der Erdplatte verschwindet fast, und der übrige Raum glimmt gleichmäßig. Wie Bild 1 bis 4 erkennen lassen, kann also eine mit Wechselspannung gespeiste Glimmentladung in verdünnter Luft als eine den ganzen Raum erfassende Prüfelektrode verwendet werden.

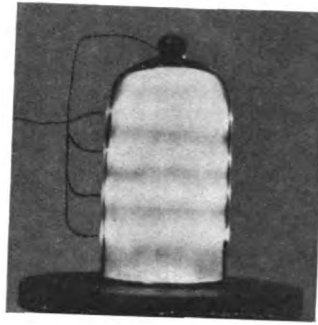


Bild 4. Glimmentladung in der Glocke bei vier äußeren Ringen. Abstand des untersten Ringes von der Erdplatte 120 mm.

#### Höhe der Zünd- und Brennschwingung

In der vorstehend beschriebenen Prüfanordnung verteilt sich die Spannung auf die Wandung der Glasglocke bzw. des Isolators und die Glimmsäule. Da für die Prüfung die an der Wandung liegende Spannung wesentlich ist, wird untersucht, welcher Anteil der Gesamtspannung auf die Glimmsäule entfällt. Damit ist dann auch die

eigentliche Prüfspannung der Wandung bekannt.

Mit der Glimmsäule ist also eine Kapazität in Reihe geschaltet. Mit der entsprechenden Ersatzschaltung gemäß Bild 5 wird für die üblichen Abmessungen der Isolatorhohlräume sowie für einige weit darüber hinausgehende Abstände die Zünd- und

Brennschwingung der Glimmsäule in Abhängigkeit vom Elektroden-

abstand ermittelt. Die Untersuchungen werden in verdünnter Luft bei einem Druck von 4 bis 6 Torr durchgeführt, der auch bei den Isolatorprüfungen eingestellt wird.

Als Entladungsraum dienten der Hohlraum eines Hochspannungstützers mit 275 mm l. W. und der Hohlraum eines Steatitrohres von 40 mm l. W. Die Elektrodenabstände werden durch verstellbare Metallplatten im ganzen Längenbereich verändert. Die Vorschaltkapazität beträgt rd. 200 cm. Parallel zur Glimmentladung liegt ein elektrostatisches Voltmeter  $V$ , das unmittelbar die Brennschwingung anzeigt. Die Zünd- und Brennschwingungen sind in Abhängigkeit vom Elektrodenabstand für den Hohlraum von 40 mm Dmr. in Bild 6, für 275 mm Dmr. in Bild 7 dargestellt.

Die Zündspannung ist identisch mit der Funkenspannung in Gasen von geringem Druck, die nach dem Paschenschen Gesetz<sup>7)</sup> nur eine Funktion des Produktes von Gasdruck  $p$  und Elektrodenabstand  $A$  sein soll, d. h. nur von der gesamten Gasmenge zwischen den Elektroden. Dieses Gesetz trifft für unsere großen Schlagweiten und weiten Entladungsräume nur angenähert zu; denn nach Uytterhoeven<sup>8)</sup>, der die Zündspannung in Röhren mit Neongas untersuchte, liegt ein starker Einfluß des Durchmessers des Entladungsgefäßes vor, und zwar in dem gleichen Sinne, wie es auch aus Bild 6 und 7

7) W. O. Schumann, Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen, S. 51. Julius Springer, Berlin 1923.

8) Wie Fußnote 5.

hervorgeht, d.h. bei größerem Durchmesser des Entladungsräum ergibt sich eine niedrigere Zündspannung. In unserem Bereich liegen die Zündspannungen niedriger, als es sich aus dem obengenannten Gesetz berechnet.

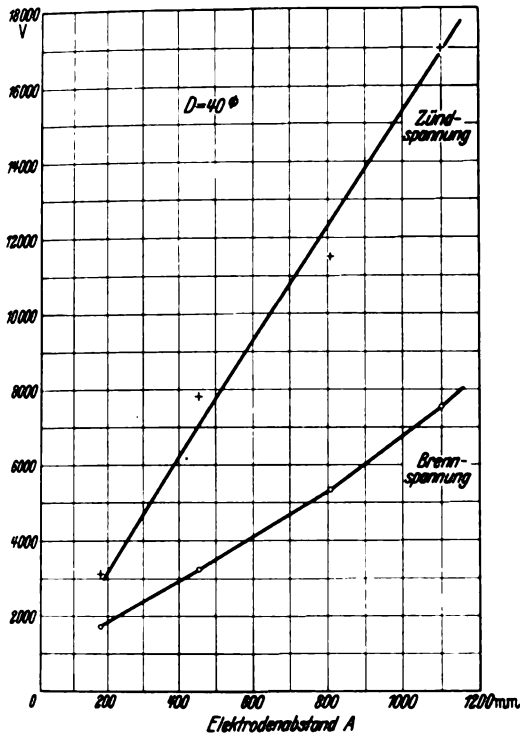


Bild 6. Zünd- und Brennspannungen in Abhängigkeit vom Elektrodenabstand für den Hohlraum mit 40 mm Dmr.

Praktisch werden bei der Prüfung von abzuschmelzenden Porzellanstützern mit doppeltem Boden nur Elektrodenabstände bis zu 500 mm in Betracht kommen, da aus fabrikatorischen Gründen lichte Durchmesser von 1 m kaum überschritten werden und auch ein axial verlaufen-

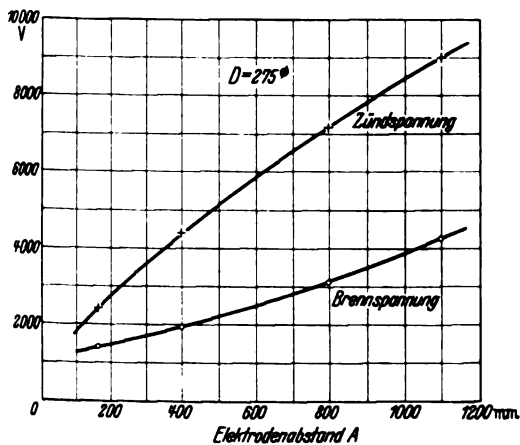


Bild 7. Zünd- und Brennspannungen in Abhängigkeit vom Elektrodenabstand für den Hohlraum mit 275 mm Dmr.

der Draht in den Hohlraum des zu prüfenden Isolators eingeführt wird. Von der Gesamtprüfspannung, die sich auf die Isolatorwandung und die Glimmsäule verteilt, entfällt nach diesen Untersuchungen also höchstens ein Betrag von 2 bis 3 kV auf die Brennspannung der als Prüfelektrode wirksamen Glimmentladung. Da, wie bereits eingangs erwähnt, bei der Prüfung der Hochspannungsstützer im allgemeinen mit Spannungen von 50 bis 150 kV gearbeitet wird, ist nur eine sehr geringe Berichtigung erforderlich.

Prüfung von Hochspannungsstützern mittels Vakuum-Glimmentladung

Die insbesondere für Freiluftanlagen bestimmten Hochspannungsstützer werden vielfach mit zwei Böden ausgeführt. Der obere ist in bekannter Weise vollkommen geschlossen, der untere Boden enthält eine kleine Öffnung, die erst nach dem Brande mit Glas verschmolzen wird, wobei nur ein kleiner Stutzen örtlich erwärmt wird. Dabei bleibt der große Porzellankörper selber kühl. Im Inneren herrscht also Atmosphärendruck. Zur Prüfung der Durchschlagfestigkeit der Wandung wird der Innenraum bis auf einen Druck von 4 bis 5 Torr evakuiert. Dabei können mehrere Stützer gleichzeitig geprüft werden. Durch Messung des Vakuums wird die Prüfung über-

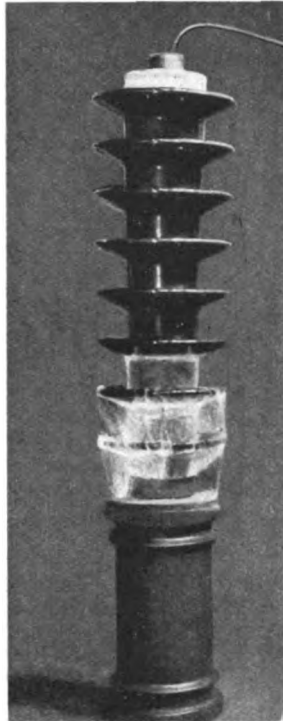


Bild 8. Prüfung des Kopfes eines Hochspannungsstützers mit Vakuum-Glimmentladung als Elektrode.

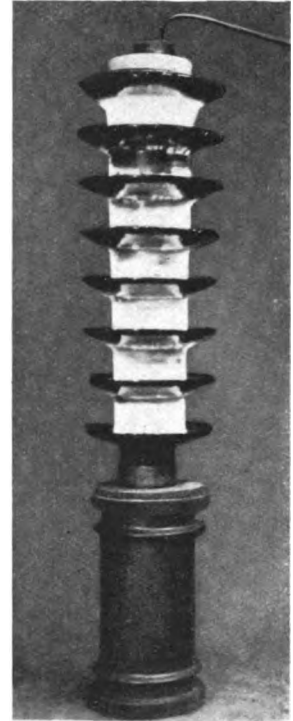


Bild 9. Prüfung der Garnierstellen eines Hochspannungsstützers mit Vakuum-Glimmentladung als Elektrode.

wacht; die Anordnung der äußeren Elektroden erfolgt in bekannter Weise: Um die Garnierstellen werden Metallbänder oder Ketten herumgelegt, und durch den Schmelzstutzen eine geerdete Drahtelektrode in das Innere eingeführt. Für die Wandung ist dann die Glimmentladung praktisch die „Erdelektrode“, deren Potential nach den vorher beschriebenen Untersuchungen höchstens 2 bis 3 kV beträgt.

Eine Kontrolle über die Wirksamkeit der inneren Glimmentladung ist jederzeit durch die Ausbildung der starken Gleit- und Glimmentladungen längs der äußeren Isolatorwandung möglich. Parallel geprüfte Stützer, der eine mit Wasserfüllung und der andere mit evakuiertem Hohlraum und Glimmentladung, zeigen genau die gleich starken elektrischen Felder und charakteristischen Gleitfunken. Im Gegensatz dazu zeigt ein gleicher Stützer mit Atmosphärendruck im Inneren bei gleicher Spannung an der Außenfläche keinerlei Entladungen.

Bild 8 und 9 veranschaulichen die Prüfanordnung und die dabei auftretenden Gleitfunken an einem Isolator, der zu einer zweiteiligen Stützersäule für 220 kV gehört. In Bild 8 wird der Boden am Kopf des Isolators mit 150 kV geprüft. Der auf dem Kopf stehende und isoliert aufgestellte Isolator ist evakuiert. Auf den Kopf ist eine Armatur aufgesetzt und durch den Schmelz-

stutzen hindurch ein geerdeter Draht eingeführt. Die starken Gleitfunken und die gleichmäßige Glimmhülle zwischen den Schirmen bestätigen, daß die innere Glimmentladung als Prüfelektrode wirksam ist. Es liegt die volle Spannung an der Wandung. Das entsprechende Bild zeigt sich bei der Prüfung der Garnierstellen (Bild 9). Um diese sind Ketten herumgelegt. Die von den Schirmen gebildete Mulde ist mit Wasser gefüllt; alle Ketten sind parallel geschaltet. Wieder treten beim Anlegen der Spannung die starken Glimmentladungen und Gleitfunken auf und bestätigen, daß sich die innere Vakuum-Glimmsäule wie ein Leiter verhält.

#### Weitere Anwendung des Prüfverfahrens

Die Anwendung der Vakuum-Glimmentladung als Prüfelektrode ist zunächst für keramische Hochspannungs-

stützer entwickelt worden. Ebenso können aber auch andere, beliebig geformte Porzellankörper, bei denen der Innenraum schwer zugänglich und Wasser als Elektrode aus besonderen Gründen ungeeignet ist, in der gleichen Weise geprüft werden. Weiter erscheint das Verfahren auch bei anderen Isolierstoffen anwendbar, die nicht mit Wasser geprüft werden können und bei denen das Anbringen metallischer Flächen auf Schwierigkeiten stößt.

#### Zusammenfassung

An Hand von praktischen Untersuchungen wurde gezeigt, daß die Vakuum-Glimmentladung als „Elektrode“ für Hochspannungsprüfungen gut geeignet ist. Der bei den Prüfungen zu berücksichtigende geringe innere Spannungsabfall der Glimmentladung wird für einige übliche Abmessungen angegeben.

### Elektrische Temperaturregelung mit Fallbügelgeräten, die nach der Ausschlagmethode arbeiten

DK 537-7 : 621.316.74 : 621.317.7

Bei vielen großtechnisch durchgeführten physikalischen und chemischen Vorgängen sind nur bei genauer und betriebs-sicherer Temperaturregelung günstigste Ergebnisse zu erhalten. Diese Erkenntnis hat zur Entwicklung von Temperatur-Regelgeräten geführt, an die in Hinblick auf Empfindlichkeit, Genauigkeit, Lebensdauer sowie Betriebssicherheit die größten Anforderungen gestellt werden. Als Fühler für neuere Temperaturregler kommen Widerstandsthermometer, Thermoelemente und photoelektrische Zellen in Betracht, weil Ausdehnungsthermometer sowie Bimetallstreifen nur für einen eng begrenzten Temperaturbereich anwendbar sind. Diese

Temperaturfühler erzeugen elektrische Spannungen oder verursachen Stromänderungen, die entweder in Kreuzspul- oder in Drehspulgeräten zur Anzeige gebracht werden. Das hierbei zur Verfügung stehende Drehmoment der Größenordnung  $10 \text{ mg} \cdot \text{cm}$  ist zu gering, um irgendwelche Reglerkontakte direkt betriebs-sicher zu betätigen. Dies war der Grund für die Entwicklung der Fallbügel-Regelgeräte, bei denen die Stellung des Meßwerkzeigers dadurch mechanisch abgetastet wird, daß ein durch ein Uhrwerk oder einen Synchronmotor mittels Kurvenscheibe periodisch auf und ab bewegter Fallbügel den Meßwerkzeiger je nach seiner Stellung entweder gegen eine feste Auflage oder eine Kontaktplatte drückt. Durch die Verwendung von Quecksilberschaltröhren an Stelle der offenen, in Luft arbeitenden Kontakte wurde das betriebs-sichere Arbeiten des Regelkontaktes gewährleistet. Da bei der Regelung die Energiezufuhr bei Überschreiten der Solltemperatur verringert, beim Unterschreiten der Solltemperatur erhöht werden soll, muß die Quecksilberschaltröhre in beiden Richtungen beweglich sein. Zweckmäßig wird sie daher auf einen Hebel gelegt, der bei Überschreiten der Solltemperatur durch den Fallbügel und den dazwischen liegenden Meßwerkzeiger in die „Aus“-Stellung gebracht, verklinkt, gesperrt oder mit Federkraft bzw. elektromagnetisch festgehalten wird; die andere Schaltstellung wird dann durch Lösen dieser Festhaltung erreicht. Die Verwendung mechanisch bzw. elektromagnetisch wirksamer Verklünnungen ist wegen Abnutzung und geringer Betriebssicherheit nachteilig.

Die Aufgabe, die Verklünnungen bei Aufrechterhaltung der Regelgenauigkeit zu vermeiden, wurde durch den in Bild 1 in Mittelstellung gezeigten Regler<sup>1)</sup>, dessen Arbeitsweise im folgenden erläutert wird, einfach und betriebs-sicher gelöst.

Die beiden übereinander angeordneten Bügel *d* und *e* werden durch die umlaufenden Kurvenscheiben *g* und *h* periodisch zangenartig gegeneinander bewegt. Das Quecksilberschaltröhre *a* ist an einer parallelogrammartig ausgebildeten Wippe *b* befestigt, die nur eine Berührungsplatte *c* besitzt, die sich stets parallel zu den Vorderkanten der Bügel *e* und *f* stellt. Gezeichnet

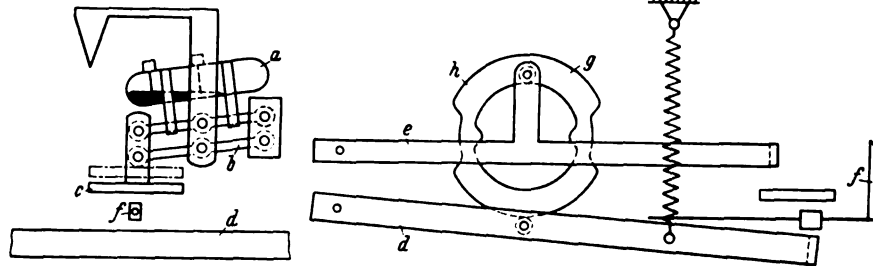


Bild 1. Prinzip des ohne Verklünnungen arbeitenden Fallbügelreglers.

ist eine Zwischenstellung des Gerätes bei gespreizten Bügeln. Der Meßwerkzeiger *f* befindet sich infolge Überschreitung der einzuregelnden Temperatur unter der Berührungsplatte + *c*. Der Druckbügel *d* betätigt bei seiner Aufwärtsbewegung mit Hilfe des Meßwerkzeigers *f* die Berührungsplatte *c* und schaltet das Quecksilberschaltröhre in die „Aus“-Stellung um. Hierdurch wird die Energiezufuhr unterbrochen. Nach einer von der Wärmekapazität und der Wärmeisolierung des Ofens abhängigen Zeit sinkt die zu regelnde Temperatur, so daß sich der Meßwerkzeiger *f* wieder links von der Platte *c* einstellt. Beim nächsten Fallbügelhub wird die Energiezufuhr durch Druck des Fallbügels auf die Platte *c* wieder eingeschaltet.

Dieses Reglerprinzip läßt sich auch für die Regelung in mehreren Schaltstufen bei Benutzung von Stern- und Dreieckschaltung für regelbare Ofenheizungen anwenden<sup>2)</sup>. Die beschriebenen Regler haben den weiteren Vorteil, daß nur bei einigen der notwendigen Schaltbewegungen der Meßwerkzeiger als kraftschlüssiges Glied wirkt. Von den beschriebenen ohne Verklünnung arbeitenden Temperaturreglern sind bisher mehrere tausend Stück in ständigem Betrieb und arbeiten zufriedenstellend.

Um die zu regelnde Anlage vor Beschädigungen zu schützen, muß der Regler mit einer Sicherheitsvorrichtung versehen sein, die die Energiezufuhr zur geregelten Anlage abschaltet, wenn im Meßgerät eine Störung auftritt, durch die der Zeiger in seine Anfangsstellung zurückgeht. Es ist also notwendig, der Anfangsstellung des Zeigers die gleiche Wirkung auf den Regelvorgang zuzuordnen, die beim Überschreiten der Sollwerteneinstellung durch den Meßwerkzeiger ausgelöst wird. Die in Bild 2 in Verbindung mit einem Fallbügelregler dargestellte Sicherheitseinrichtung arbeitet folgendermaßen: Durch Druck auf den rückfedernden Knopf *1* wird die Energiezufuhr der zu regelnden Anlage über die Strecke *B'C'* des Quecksilberschaltröhres *2* und das Relais *10* eingeschaltet. Das Quecksilberschaltröhre *3* befindet sich infolge der Wirkung des Druck-

<sup>1)</sup> DRP. 028 374.

<sup>2)</sup> DRP. 659 888.

bügel 4 über den Zeigerklotz 7 und die Platte 6 auf den Fallbügel 5 und den oberen Teil der Platte 8 in der „Aus“-Stellung. Nachdem sich der Meßwerkzeiger 7 infolge Ansteigens der Temperatur soweit aus der Anfangsstellung fortbewegt hat, daß er nicht mehr unter der Platte 6 steht, bringen Druck- und

Fallbügel durch Einwirken auf den unteren Teil der Platte 8 und den Zapfen 9 das Quecksilberschaltrohr 3 in die „Ein“-Stellung und das Quecksilberschaltrohr 2 in die „Aus“-Stellung. Jetzt fließt ein Strom vom Punkt D der Stromquelle durch die Strecke A'B' des Quecksilberschaltrohres 2 und die Strecke BC des Quecksilberschaltrohres 3 zurück zum Punkt E der Stromquelle. Kehrt der Meßwerkzeiger infolge von Störungen in seine Anfangsstellung zurück, so bringen Druck- und Fallbügel durch Einwirken auf die Platte 6 und den Meßwerkzeiger 7 das Quecksilberschaltrohr 3 wieder in die „Aus“-Stellung. Bei dieser Anordnung wird also der Sicherheitskontakt durch einmaliges Betätigen eines Druckschalters so lange überbrückt, bis der Meßwerkzeiger mit zunehmender Ofentemperatur sich weit genug vom Anfang der Skala entfernt hat. Dann wird die Überbrückung jedoch selbsttätig wieder aufgehoben. Der beschriebene Fallbügelregler wird auch als Programmregler hergestellt.

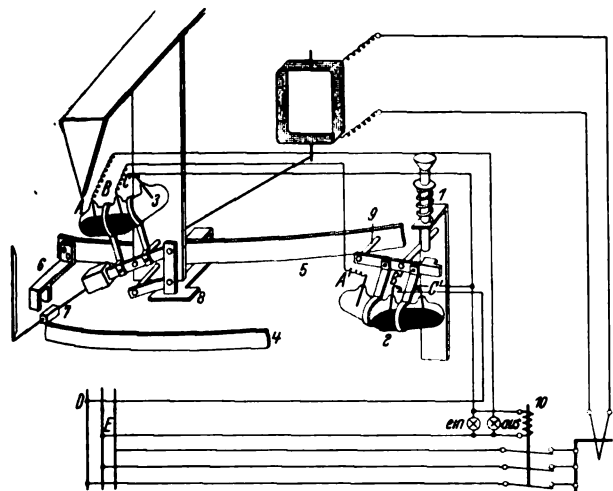


Bild 2. Sicherheitseinrichtung für Fallbügelregler.

In den Fällen, in denen die Temperatur lediglich mit einer Toleranz von einigen Prozenten geregelt werden soll, kann die häufige Beanspruchung der Steuerungseinrichtung für die Energiezufuhr dadurch verringert werden, daß ein in seiner Größe der Wärmekapazität des Ofens angepaßter, in die Verbindungsleitung vom Thermoelement zum Meßwerk angeordneter und bei der Eichung berücksichtigter Widerstand während der „Aus“-Stellung mit Hilfe eines durch die geschlossene Kontaktstrecke im Quecksilberschaltrohr an Spannung gelegten Relais kurzgeschlossen wird.

A. Kuntze VDE und K. Branditz.

## Messung der Oberwelligkeit von Wechselspannungen

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt)

Von C. Moerder VDE, Berlin

DK 621.317.35

**Übersicht.** Die Messung der Oberwelligkeit technischer Spannungen hat in der Wechselstromtechnik im letzten Jahrzehnt immer steigende Bedeutung erlangt. Heute sind die Anforderungen an die zu erzielende Meßgenauigkeit bereits sehr groß geworden, namentlich in der Meß- und Prüftechnik. Der folgende Aufsatz bespricht den derzeitigen Stand, bringt eine Zusammenstellung der heute bekannten Meßverfahren und berichtet sodann ausführlich über Schaltung, Aufbau und neuere Untersuchungen der in der PTR verwendeten Kurvenformbrücke nach Linkh, so daß weiten Kreisen ein Überblick über das gesamte Gebiet der Oberwelligkeitsmessung gegeben wird. Auch über das Verhalten von Gleichrichtermeßgeräten, die gleichzeitig von Oberwellen und einer Grundwelle durchflossen sind, werden in diesem Zusammenhang neue Ergebnisse mitgeteilt.

### A. Allgemeine Gesichtspunkte und Meßverfahren für die Oberwelligkeitsmessung

#### 1. Ziel der Messung

Die Messung der Oberwelligkeit von Spannungen und Strömen ist vor allem notwendig geworden durch die Einführung der Gleich- und Umrichter in die Wechselstromtechnik und den Ausbau der Fernmeldetechnik. Die technischen Spannungen sollen möglichst oberwellenfrei sein, da von Maschinen bei der Leistungsübertragung meist nur die Grundwelle ausnutzbar ist und die Oberwellen in Leitungen, Geräten und Maschinen zusätzliche Verluste erzeugen, außerdem in benachbarten Fernmeldeleitungen Störungen zur Folge haben können<sup>1)</sup>. Es sind daher wiederholt in großen, stromrichter gespeisten oder belasteten Versorgungsnetzen umfangreiche Untersuchungen des Oberwellengehaltes, Fernsprechformfaktors u. dgl. durchgeführt worden, die bereits erhebliche Anforderungen an die Meßgenauigkeit stellten<sup>2)</sup>. Die höchsten Genauigkeiten verlangt jedoch die Meß- und Prüftech-

nik. Elektrische Meßgeräte, wie Zähler und Wandler, zeigen je nach dem Oberwellengehalt der Meßgröße ein verschiedenes Verhalten. Zur Durchführung ihrer einheitlichen Eichung und Prüfung mußten daher Energiequellen mit außerordentlich gut sinusförmigen Spannungen gefordert und untersucht werden. Der Bau von Wechselstromgeneratoren mit fast idealer Kurvenform der Spannung für Zählereichungen ist in Deutschland bereits in hohem Maße vervollkommen worden. Infolge der Errichtung zahlreicher weiterer Prüfmäster hatte die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in großem Umfang derartige Maschinen auf Kurvenform zu prüfen. Tafel 1 gibt als Beispiel die Meßergebnisse an einem 1,5 kVA-Synchrongenerator mit einem Nennleistungsfaktor  $\cos \varphi = 0,7$ . Diese läßt auch die von der Reichsanstalt zugrunde gelegten Belastungsfälle und zugelassenen Höchstwerte für die Kurvenformabweichung<sup>3)</sup> erkennen. Letztere wurden mit den Herstellerfirmen nach dem damaligen Stand der Technik im Jahre 1935 vereinbart und können heute teilweise als überholt gelten. Die Werte für die Kurvenformabweichung der verketteten Spannung liegen ausnahmslos unter 1 %, so daß Meßgenauigkeiten bei der Prüfung bis zu 0,1 % erforderlich sind.

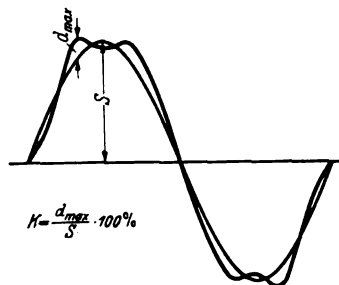


Bild 1. Definition der „gröbsten Kurvenformabweichung“ K nach R.E.M. VDE 0530/XII. 37 § 14.

Als Maß für die Oberwelligkeit gilt der in den „Regeln für elektrische Maschinen“<sup>3)</sup> vom VDE definierte

<sup>1)</sup> Vgl. R. E. M. VDE 0530/XII. 37, § 21.  
<sup>2)</sup> Z. B. E. Schulze, Zwölfphasen-Gleichrichter im Betrieb, ETZ 58 (1937) S. 921 u. 979.

<sup>3)</sup> R.E.M. VDE 0530/XII 37, § 14.

Kennwert: „Die größte Abweichung des Augenblickswertes der tatsächlichen Spannungswelle vom Augenblickswert gleicher Phase der Grundwelle, bezogen auf den Grundwellenscheitelwert“ (Bild 1). Wir wollen kurz von „größter Kurvenformabweichung“ sprechen. Die Zweckmäßigkeit dieser Definition wurde von Hammerer<sup>4)</sup> seinerzeit eingehend dargelegt; seine Ausführungen entsprechen allerdings nicht mehr ganz dem heutigen Stand der Technik. Wir beschränken uns im folgenden auf die Meßverfahren zur Bestimmung der „größten Kurvenformabweichung“ nach R.E.M.<sup>3)</sup>.

Tafel 1. Untersuchung der Kurvenform der Spannung eines Synchrongenerators 1,5 kVA,  $\cos \varphi = 0,7$  (zugehörig zu einem Drehstromumformer 380/380 V für eine Prüfmastaußenstelle)

Art	Belastung			größte Kurvenformabweichung der verketteten Spannung	
	Strom A	Scheinleistung kVA	Leistungsfaktor $\cos \varphi$	gemessen %	vereinbart %
Leerlauf	—	—	—	0,7	2
dreiphasig	2,28	1,5	1,0	0,7	2
dreiphasig	2,28	1,5	0,7	0,7	3
einphasig*)	2,28	$1,5/\sqrt{3}$	1,0	0,6	4
einphasig*)	2,28	$1,5/\sqrt{3}$	0,7	0,8	5**)

\*) Zwischen 2 Phasen.  
\*\*) Für „praktisch sinusförmige Spannung“ nach VDE 0530/X11 37 § 14 u. 21 maximal zugelassener Wert.

2. Meßverfahren

Eine kurze Zusammenstellung der 1927 bekannten Meßverfahren enthält die Veröffentlichung von Hammerer<sup>4)</sup>. Davon sind lediglich diejenigen von Bedeutung geworden, die auf der Darstellung der sogenannten „Oberwellenkurve“ oder „Restkurve“ beruhen, die man durch Kompensierung oder Unterdrückung der Grundwelle (1. Harmonischen) erhält. Die Einschaltung eines einfachen Sperrkreises für die Grundwelle vor das Meßgerät, das eigentlich nächstliegende Verfahren bei Oberwelligkeitsmessungen an Spannungen, bringt Hammerer noch nicht. Diese Schaltung scheitert an dem zu großen Grundwellenrest, wie später z. B. von Poleck<sup>5)</sup> nachgewiesen wurde. Ebenfalls nicht mehr anwendbar wegen der gesteigerten Genauigkeitsforderungen ist das Boucherotsche Verfahren, da es einen Hilfsgenerator mit idealer Sinuskurve zum Gegenschalten gegen die zu messende Spannung praktisch nicht gibt. Dagegen ist trotz nachgeannter Nachteile die Brücke nach Belfils<sup>6)</sup> bereits brauchbar, die eine vollkommene Beseitigung der Grundwelle ermöglicht. Ihre Schaltung ist in Bild 2 dargestellt; sie hat die gleiche Wirkungsweise wie die später ausführlich beschriebene Kurvenformbrücke nach Linckh<sup>7)</sup>. Beide müssen bei Frequenzschwankungen auf Minimumanzeige des Brückeninstruments nachgestimmt werden, da sonst erhebliche Grundwellenreste im Nullzweig verbleiben. Infolge der Verwendung von Reihenresonanzkreisen hat die Brücke von Belfils den Nachteil, daß relativ kleine ohmsche Brückenwiderstände

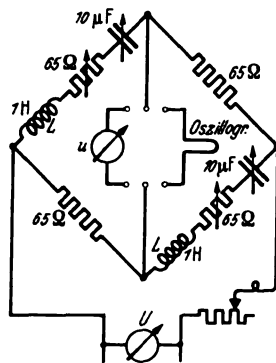
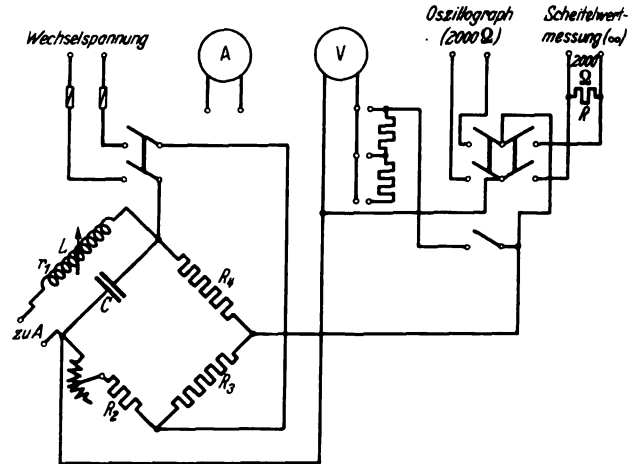


Bild 2. Brücke nach Belfils mit Reihenresonanzkreisen zur Bestimmung der Oberwelligkeit von Spannungen. (Eingeschriebene Zahlenwerte für Abstimmung auf 50 Hz.)

verwendet werden müssen, damit bereits die niederen Harmonischen im Nullzweig genügend zur Geltung kommen. Angenommen, die Brücke sei für eine Grundwelle von 50 Hz abgestimmt, so soll mindestens schon die 3. Harmonische praktisch voll im Nullzweig auftreten. Die Widerstandszunahme der die Drossel  $L$  enthaltenden Brückenarme beträgt für 150 Hz bei  $L = 1$  H (viel größer kann  $L$  aus praktischen Gründen kaum gemacht werden) etwa 900  $\Omega$ . Läßt man für die 3. Harmonische 2% (für



$R, r_1, R_2, \dots$  ohmsche Widerstände  $C$  Kondensator  $L$  Luftdrossel

Bild 3. Schaltung der Kurvenformbrücke nach Linckh mit Parallelresonanzkreisl.

Bei Abstimmung auf 50 Hz:  $L \approx 1$  H,  $C \approx 10 \mu\text{F}$ ,  $r_1 \approx 30 \Omega$ ,  $R_2 \approx 2000 \Omega$ ,  $R_3 \approx 2000 \Omega$ ,  $R_4 \approx 3000 \Omega$ .

die 2. Harmonische etwa 4%) Amplitudenfehler und ferner einen (sehr großen!) Winkelfehler von  $12^\circ$  (bzw.  $24^\circ$ ) für die 3. (bzw. 2.) Harmonische zu, so ist der ohmsche Widerstand der anderen Brückenarme auf etwa 100  $\Omega$  begrenzt, bei halbem Winkelfehler etwa auf die Hälfte (aus dem Vektordiagramm für die Brücke bestimmt). Das bedingt jedoch einen hohen Verbrauch der Brücke, der bei kleineren Maschinen Rückwirkungen auf die Form der Spannungskurve zur Folge hat. Ein erheblicher Vorwiderstand oder ein ohmscher Spannungsteiler vor der Brücke zur Herabsetzung des Verbrauches ist unzulässig, da die Restkurve die Harmonischen auch dann nicht im richtigen Verhältnis enthält. Auch dies werde an einem Zahlenbeispiel erläutert: Zugrunde gelegt seien die in Bild 2 angegebenen Widerstände; der Verbrauch soll bei 220 V und 50 Hz auf 50 W begrenzt werden, was einen Vorwiderstand von etwa 1000  $\Omega$  vor der Belfilschen Brücke bedingt. Durch ein Vektordiagramm läßt sich nachweisen, daß dann infolge des Vorwiderstandes von der 3. Harmonischen etwa nur  $1/2$ , von der 5. Harmonischen etwa  $3/5$ , von der 7. Harmonischen etwa  $3/4$  und von den höheren Harmonischen größere Anteile der Gesamtspannung auf die Brücke selbst entfallen. Entsprechend verschiedene Beträge der genannten Harmonischen erscheinen dann auch im Nullzweig, also in der Restkurve. Amplitudenfehler von dieser Größe sind aber völlig unzulässig. Eine Herabsetzung der Brückenspannung (auch bei der Brücke nach Linckh, s. weiter unten) ist nur mittels guter Wandler möglich, die die Kurvenform nicht umbilden.

Den genannten Nachteil zu großen Verbrauches bei der Brücke von Belfils vermeidet die in der PTR von Linckh<sup>7)</sup> entwickelte Kurvenformbrücke durch einen Parallelresonanzkreis (Bild 3). Eine Herabsetzung der Spannung zwecks Senkung des Verbrauches ist also im allgemeinen nicht mehr notwendig. Diese Brücke gestattet, mit Amplitudenfehlern der 3. Harmonischen von 0,65% und einem Winkelfehler dieser Oberwelle von nur

4) O. Hammerer, ETZ 48 (1927) S. 1321 u. 49 (1928) S. 501.  
5) Poleck, VDE Fachber. 10 (1933) S. 95.  
6) Belfils, Rev. gén. Electr. 17 (1925) S. 45; VDE-Fachber. 6 (1934) S. 102.  
7) H. E. Linckh, Phys. Z. 38 (1937) S. 105. — ETZ 58 (1937) S. 381.

3° Oberwelligkeiten bis auf etwa ±0,1% Kurvenformabweichung nach R.E.M. zu messen (angelegte Spannung ≥ 60 V vorausgesetzt). Die Fehler der höheren Harmonischen sind geringer. Diese Brücke ermöglicht derzeit die genauesten Messungen; sie wird daher im zweiten Hauptabschnitt dieser Abhandlung ausführlich behandelt.

Eine weitere sehr gute Meßvorrichtung gibt Poleck<sup>5)</sup> an, der die Restspannungskurve (dgl. die Reststromkurve) darstellt mittels einer Doppelbandsperre bei kleinem Verbrauch (Grundwellenbürde 7000 Ω, Oberwellenbürde 450 Ω) und ohne die Notwendigkeit des Nachstimmens bei Frequenzschwankungen. Die Anordnung ist mit noch merklichen Winkelfehlern (10° für die 3. Harmonische, 3,5° für die 5. Harmonische) behaftet, so daß sie für die Messung der „maximalen Kurvenformabweichung“ nach VDE nicht voll verwendungsfähig ist. Wohl aber gibt sie ausgezeichnete Ergebnisse bei der Messung des Effektivwertes der Restkurve, also des Klirrfaktors, wo es auf Winkelfehler nicht ankommt. Besondere Umschaltungen ermöglichen ferner eine Bestimmung der einzelnen Oberwellen. Hierbei ist wieder eine Feinregelung auf Resonanz bei Frequenzschwankungen notwendig.

**B. Beschreibung der Kurvenformbrücke mit Parallelresonanzkreis nach Linckh**

**1. Wirkungsweise**

Die Kompensierung der Grundwelle der zu untersuchenden Spannung geschieht bei der Kurvenformbrücke nach Linckh (Bild 3) durch Brückenabgleich für die Grundwelle. Die Restspannungskurve kann dann in verkleinertem Maßstabe am Nullzweig abgegriffen werden. Der Abgleich auf die Grundwelle erfolgt für die Brücke nach Linckh gemäß der Formel

$$\frac{L}{Cr_1} : R_2 = R_4 : R_3 \quad (1)$$

durch abwechselndes Verändern der regelbaren Induktivität  $L$  und eines der Widerstände  $R_2, R_3, R_4$  (Bezeichnungen nach Bild 3).  $L/Cr_1$  ist der Widerstand des abgestimmten Parallelresonanzkreises in Zweig 1, wenn die Induktivität  $L$  den ohmschen Widerstand  $r_1$  aufweist und  $C$  verlustfrei<sup>8)</sup> angenommen wird. Die am Nullzweig verbleibende Rest- oder Oberwellenspannung bewirkt, daß das Brückeninstrument (Widerstand  $R$ ) nicht auf Null, sondern nur auf ein Minimum abgeglichen werden kann. Für die Oberwellen faßt man am übersichtlichsten die Brücke als Spannungsteiler auf, der bei Vernachlässigung des Widerstandes der sehr großen Kapazität  $C$  das Untersetzungsverhältnis hat:

$$\frac{\text{Oberwellenspannung am Nullzweig}}{\text{gesamte Oberwellenspannung an den Klemmen}} = f = \frac{R R_4}{R + R_4} : \left( \frac{R R_4}{R + R_4} + R_3 \right) \quad (2)$$

Der größte Augenblickswert  $u_{\max}$  dieser untersetzten Oberwellenspannung wird mittels eines Scheitelwertmessers gemessen, was genauer ist als die oszillographische Auswertung<sup>9)</sup>. Die gesuchte maximale Kurvenformabweichung der an die Klemmen gelegten Spannungskurve von der Sinusform ist dann:

$$K = f \frac{u_{\max}}{U} \cdot 100 \% \quad (3)$$

Unter  $U$  ist hierin nach der Definition der R.E.M. der Effektivwert der Grundwelle zu verstehen. Praktisch ge-

nügt es jedoch, den Effektivwert der Gesamtwellen einzusetzen, der leicht mit einem Spannungsmesser zu bestimmen ist, während der Effektivwert der Grundwelle nicht ohne weiteres gemessen werden könnte. Der dadurch begangene Fehler ist gering.

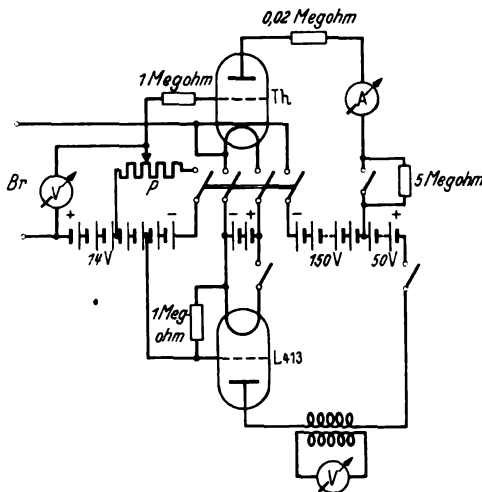
**2. Aufbau der Kurvenformbrücke**

Die praktische Ausführung der Brücke zeigt Bild 4. Das Gehäuse enthält die Luftdrosselspule  $L$  (bewegliche Teilschleife am Deckel befindlich), den Kondensator  $C$  und die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$ . Am Deckel befindet sich weiter ein Strommesser für den Strom der Drossel, der Nullspannungsmesser mit umsteckbaren Vorwiderständen, der veränderliche Widerstand  $R_2$ , Sicherungen (links) und ein Umschalter (rechts). Die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  sind abweichend von früheren Brückenausführungen nicht mehr veränderlich. Hingegen ist  $R_2$



Bild 4. Ausführung der Kurvenformbrücke nach Linckh.

sator  $C$  und die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$ . Am Deckel befindet sich weiter ein Strommesser für den Strom der Drossel, der Nullspannungsmesser mit umsteckbaren Vorwiderständen, der veränderliche Widerstand  $R_2$ , Sicherungen (links) und ein Umschalter (rechts). Die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  sind abweichend von früheren Brückenausführungen nicht mehr veränderlich. Hingegen ist  $R_2$



Th Thyatron  
P Potentiometer

Bild 5. Schaltung des Scheitelwertmessers mit Anzeigeverstärker zur Kurvenformbrücke Bild 3.

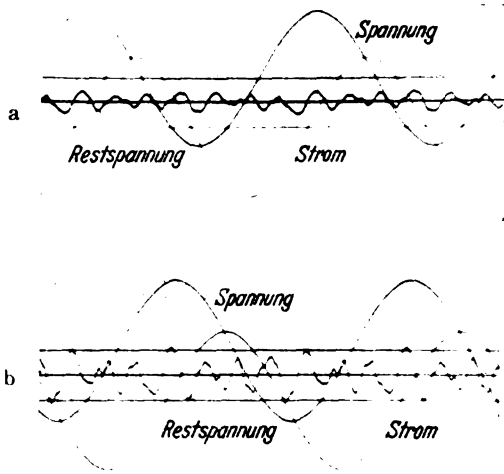
als Regelwiderstand ausgeführt. Dies hat folgenden Grund: Da  $R_2$  wohl am Brückenabgleich für die Grundwelle [Gl. (1)], nicht aber an der Spannungsteilung der Oberwellenspannung [Gl. (2)] beteiligt ist, konnte hierdurch der früher für jede Widerstandseinstellung neu zu berechnende Brückenfaktor  $f$  für alle Messungen konstant gemacht werden, was eine wesentliche Vereinfachung bei der Handhabung der Brücke bedeutet.

Die Einschaltung eines Verstärkers vor das Anzeigeelement in den Nullzweig der Brücke ist u. U. vorteilhaft, kann aber, namentlich bei einem Vibrationsgalvanometer als Nullinstrument (s. Abschn. 5) in den meisten Fällen entbehrlich werden. Der Verstärkereinsatz ist ohne

<sup>8)</sup> Bei Papierkondensatoren muß deren Verlustwiderstand  $R_v$  als Parallelwiderstand zu  $L/Cr_1$  in Gleichung (1) berücksichtigt werden. Gemessen für  $C = 10 \mu F$  (50 Hz) wurde z. B.  $R_v = 30000 \Omega$ . Papierkondensatoren sind mit Vorsicht zu verwenden, da bei einem besonders verlustbehafteten Kondensator ( $C = 10,9 \mu F$ ,  $\tan \delta = 0,014$ ) Verzerrungen der Grundwelle und Fällungen der Oberwelligkeitsmessung beobachtet wurden.

<sup>9)</sup> S. Linckh, a. a. O. S. 105.

großen Mehraufwand möglich, da sich der Verstärker gemäß Bild 5 mit dem von Linckh angegebenen Scheitelwertmesser<sup>7)</sup> vereinigen läßt. Neu hinzu kommen nur eine Verstärkerröhre (geeignet: RE 134 oder L 413;  $U_a = 200$  V;  $U_p = -10$  V) und ein Übertrager zum Fernhalten des Ruhestromes. Die Vergleichsoszillogramme Bild 6 a (ohne Verstärker) und 6 b (mit einem solchen) zeigen, daß merkliche Verzerrungen oder Phasenverschiebungen der Oberwellenspannung hinter dem Verstärker nicht auftreten, die den Abgleich auf Ausschlagminimum des Brückeninstrumentes beeinflussen könnten. Die Scheitelwertmessung selbst erfolgt vor dem Verstärker, ist also unabhängig von diesem. Der Verstärker bringt folgende Vorteile: Erhöhung der Anzeigeempfindlichkeit (etwa dreifache Verstärkung), die namentlich bei kleineren Spannungen als 110 V erwünscht ist, und die Möglichkeit



Spannung  $U = 380$  V, Strom  $I = 2,28$  A, Restspannung  $u_{max} = 0,95$  V, Brückenfaktor  $f = 2,735$  [s. Gleichung (3)]

Bild 6. Restspannung (Oberwellenspannung), Strom und Spannung eines Synchrongenerators 1,5 kVA,  $\cos \varphi = 0,7$ . a Restspannung unverstärkt, b Restspannung verstärkt (Schaltung nach Bild 5).

einer weiteren Senkung des Brückenverbrauchs durch Vergrößerung der Brückenwiderstände, da für die Messung der maximalen Abweichung ein Leistung verbrauchendes Gerät im Nullzweig nicht mehr nötig ist.

### 3. Nullgerät der Brücke. Untersuchung der Grundwellenanzeige eines Gleichrichterinstrumentes bei überlagerten Oberwellen

Das wegen seines geringen Verbrauches als Brückeninstrument im allgemeinen vorgesehene Gleichrichtermeßgerät läßt meist das Verschwinden der Grundwelle in der Restkurve genügend erkennen, d. h. ein Ausschlagminimum ist deutlich einstellbar. Bei manchen Messungen zeigte sich jedoch, daß beim Auftreten einer Grundwelle, also bei Brückenverstimmung, der von den Oberwellen verbleibende Restausschlag des Gleichrichterinstrumentes fast nicht anstieg, so daß nur ein sehr ungenauer Abgleich auf das Ausschlagminimum möglich war. Im folgenden wird bewiesen, daß diese Erscheinung mit der Form der Oberwellenkurve zusammenhängt, und daß die Grundwellenempfindlichkeit<sup>10)</sup> eines Gleichrichterinstrumentes mit zunehmender Steilheit der Nulldurchgänge der überlagerten Oberwellenspannung stark absinkt. Im Extremfalle bei senkrechten Nulldurchgängen der Oberwellenkurve wird die Grundwellenempfindlichkeit Null.

<sup>10)</sup> Unter „Grundwellenempfindlichkeit“ — dieses Wort wird im folgenden der Kürze halber eingeführt — ist hierbei die „Ausschlagzunahme des Gleichrichterinstrumentes im Verhältnis zum Mittelwert der zugefügten Grundwelle“ zu verstehen.

Zum Beweis werde angenommen, daß durch ein Einweggleichrichter-Drehspulinstrument (beim Zweiweggerät verdoppelt sich lediglich der Ausschlag) eine aus Grundwelle und  $n$ -ter Harmonischer bestehende Kurve

$$U = A_1 \sin(\omega t + \varphi) + A_n \sin n \omega t$$

gemessen werden soll. In Bild 7 sind eine 3. Harmonische, die Grundwelle und punktiert die Summenkurve ein-

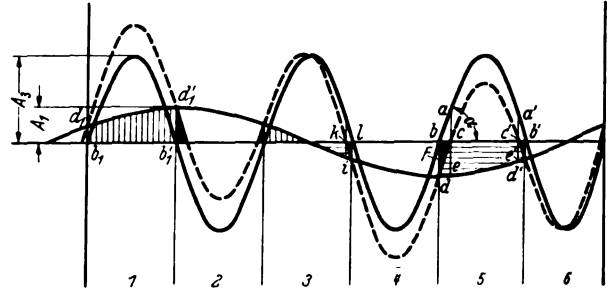


Bild 7. Berechnung der Mehranzeige eines Gleichrichterinstrumentes, wenn zu einer 3. Harmonischen eine Grundwelle hinzutritt.

gezeichnet. Zur Feststellung der Anzeige eines Gleichrichterinstrumentes ist der Mittelwert der über der Nulllinie liegenden Flächen unter der Spannungskurve zu betrachten: Ohne Grundwelle würde das Gleichrichterinstrument in einer Grundwellenperiode die Halbwellen 1, 3 und 5 der ausgezogenen Oberwellenkurve anzeigen, mit Grundwelle die entsprechenden Halbwellen der punktierten Kurve. Der Flächeninhalt der letzteren berechnet sich schrittweise aus den ausgezogenen Kurven wie folgt: Zunahme der Anzeige in Halbwelle 1 (HW 1) um die senkrecht schraffierte Fläche, wie leicht erkenntlich; Abnahme der Anzeige in HW 5 um die Fläche  $dec'd'd$  (waagrecht schraffiert), da ja negative Werte vom Gleichrichterinstrument nicht negativ angezeigt werden. Für kleine Grundwellenamplituden ist das Dreieck  $abc$  (bzw.  $a'b'c'$ ) ungefähr gleich Dreieck  $cde$  (bzw.  $c'd'e'$ ). Da ferner Fläche  $b_1 b_1' d_1 d_1'$  gleich Fläche  $bb'd'db$  ist, so bleiben also in HW 1 und HW 5 zusammen die schwarz gezeichneten Dreiecke  $bcd$  und  $b'c'd'$  zugunsten einer Mehranzeige des Gleichrichterinstrumentes übrig. Ähnlich läßt sich beweisen, daß in HW 3 mit Grundwelle eine Mehranzeige entsprechend dem schwarzen Dreieck  $ikl$  erfolgt. In HW 2 und 6 kommen ebenfalls entsprechende Flächen  $F$  hinzu, so daß bei jedem Nulldurchgang ein die Grundwelle anzeigendes Dreieck hinzutritt. Die mittlere Ausschlagvergrößerung des Gleichrichterinstrumentes entspricht der Summe dieser Flächen  $F$  je Grundwellenperiode. Angenähert ist

$$F = \frac{h^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (4)$$

da es sich um kleine Grundwellenamplituden handelt; hierbei ist  $h$  der jeweilige Augenblickswert der Grundwelle beim Nulldurchgang der Oberwelle:

$$h = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (5)$$

bei  $\omega t = [0, 1, 2, 3 \dots (2n - 1)] \cdot \frac{\pi}{n}$ ;

$\operatorname{tg} \alpha$  ist die Steilheit des Nulldurchganges der Oberwellenkurve. Die Anzeige des Gleichrichterinstrumentes ist proportional  $\sum F$ , also umgekehrt proportional zu  $\operatorname{tg} \alpha$ , was auch für alle anderen Phasenlagen der Grundwelle erhalten bleibt. Das Meßgerät zeigt also das Auftreten einer Grundwelle um so schlechter an, je steiler und seltener die Nulldurchgänge der Oberwellenkurve sind. Besonders war dies zu beobachten bei der Messung an Phasenspannungen von Drehstromgeneratoren, die eine große 3. Harmonische enthalten. Bei  $\operatorname{tg} \alpha = \infty$  wird die

Grundwelle überhaupt nicht mehr angezeigt. Bild 8 stellt diesen Extremfall mit rechteckiger Oberwellenkurve dar. Es ist leicht ersichtlich, daß die durch die Grundwelle hinzukommenden Flächen (schraffiert) in den ersten HW sich in den späteren HW voll wieder abziehen, solange die Amplitude der Grundwelle nicht diejenige der Rechteck-

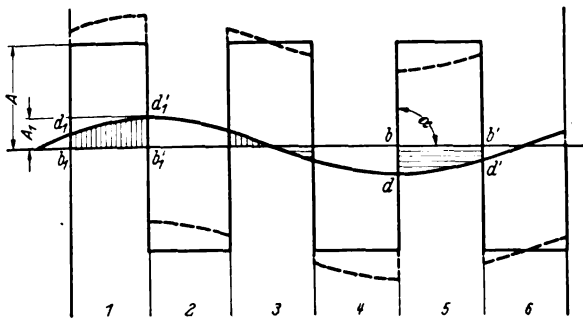


Bild 8. Versagen eines Gleichrichterinstrumentes als Grundwellenanzeiger bei rechteckiger Oberwellenkurve.

kurve überschreitet. Auch bei komplizierteren Oberwellenkurven wurde die große Unempfindlichkeit des Gleichrichterinstrumentes für den Abgleich der Brücke bei großen Werten von  $\text{tg } \alpha$  beobachtet.

4. Zahlenbeispiele für die Oberwellenanzeige

Folgende Beispiele, in denen zur Vereinfachung die numerische Zeit  $\tau = \omega t$  eingeführt wurde (da im Ergebnis die Frequenz wieder herausfällt), zeigen die Verhältnisse bei einem Gleichrichter-(Mittelwert-)Instrument und zum Vergleich auch bei einem dynamometrischen Instrument mit Effektivwertanzeige:

a) Bei einer Restspannung von  $u = 4 \sin 3 \tau$ ;  $\text{tg } \alpha = 12$  ergibt sich beim Auftreten einer Grundwelle  $u = \sin \tau$  nach Formel (4) und (5)

$$F = \frac{\left(\frac{1}{2} \sqrt{3}\right)^2}{2} \cdot \frac{4}{12} = \frac{1}{8}$$

je Grundwellenperiode. Hieraus der Mittelwert

$$m = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2\pi} = \frac{1}{16\pi} \approx 0,02; \text{ (Einweggerät) und}$$

$$m'' = 2m \approx 0,04; \text{ (Zweiweggerät).}$$

Bei obigen Größen in Volt zeigt ein Zweiweggleichrichtergerät (Meßbereich  $6 \text{ V} = 30 \text{ Skt.}$ ) die Grundwelle von  $1 \text{ V}$  nur durch Ausschlagvergrößerung von  $14,1$  auf etwa  $14,3 \text{ Skt. an.}$

$\beta$ ) Bei einer Restspannung mit gleichem Effektivwert, aber  $2,4$ mal steilerem Nulldurchgang:

$$u = 3,47 \sin 3 \tau + 2 \sin 9 \tau;$$

$$\text{tg } \alpha = 10,4 + 18 = 28,4$$

ergibt die gleiche Grundwelle  $u = \sin \tau$  nur einen  $2,4$ mal kleineren Mittelwert  $m = 0,008$  und einen Mehrausschlag des Gleichrichtermeßgerätes von nur etwa  $0,08 \text{ Skt.}$

$\gamma$ ) Dasselbe Ergebnis zeigte sich bei einer Restspannung  $u = 10 \sin 3 \tau$ . Auch hier sinkt die Empfindlichkeit der Grundwellenanzeige auf den  $2\frac{1}{2}$ fachen Teil gegenüber  $\alpha$ .

Ein den Effektivwert  $\sqrt{A_1^2 + A_n^2}$  anzeigendes Instrument, dessen größerer Eigenverbrauch nur bei Anwendung des Verstärkers ohne Rückwirkung auf die Empfindlichkeit bzw. den Brückenverbrauch bliebe, würde bei gleichem Meßbereich ( $6 \text{ V} = 30 \text{ Skt.}$ ) einen etwas größeren Mehrausschlag aufweisen, wie ja schon Linckh in Abb. 3, S. 109 der genannten Veröffentlichung angibt.

Die Ausschlagänderung ist aber vor allem nicht mehr von der Steilheit der Nulldurchgänge der Oberwellenkurve abhängig.

Im letztgenannten Beispiel ergibt sich für jeweils die gleiche Grundwelle  $u = \sin \tau$  unter  $\alpha$ ) ein Mehrausschlag von

$$(\sqrt{1^2 + 4^2} - 4) \cdot \frac{5}{\sqrt{2}} = 0,42 \text{ Skt.}$$

(gegen  $0,2 \text{ Skt.}$  beim Gleichrichterinstrument), unter  $\beta$ ) derselbe Mehrausschlag von

$$(\sqrt{1^2 + 3,47^2 + 2^2} - \sqrt{3,47^2 + 2^2}) \cdot \frac{5}{\sqrt{2}} = 0,42 \text{ Skt.}$$

(gegen  $0,08 \text{ Skt.}$  beim Gleichrichterinstrument)

und unter  $\gamma$ ), wo der Effektivwert der Oberwellen höher ist, ein Mehrausschlag von nur

$$(\sqrt{1 + 10^2} - 10) \cdot \frac{5}{\sqrt{2}} = 0,2 \text{ Skt.}$$

(gegen  $0,08 \text{ Skt.}$  beim Gleichrichterinstrument).

Durch die überlagerten Oberwellen wird also die Empfindlichkeit für eine Grundwelle bei beiden Instrumentenarten sehr herabgesetzt. Die Grundwelle allein würde  $3,5 \text{ Skt.}$  Ausschlag hervorrufen.

5. Vibrationsgalvanometer als Brückeninstrument

Um diesen Nachteil zu vermeiden und stets die gleiche Abgleichempfindlichkeit unabhängig von der jeweiligen Oberwelligkeit an der Brücke zu erhalten, ist ein Brückeninstrument erwünscht, das wohl auf die Grundwelle, nicht aber auf die Oberwellen anspricht. Ein solches Meßgerät ist auch in der anwendbaren Empfindlichkeit nicht durch einen Restausschlag begrenzt und geht beim Brückenabgleich völlig auf Null zurück. Als geeignet erwies sich das tragbare Vibrationsgalvanometer der in der Reichsanstalt von R u m p entwickelten Bauart mit permanentem Abstimmungsmagneten und mit einer Empfindlichkeit von etwa  $5 \cdot 10^{-5} \text{ A/Skt.}$  bei rd.  $0,30 \text{ m}$  Abstand,  $R_i = 50 \Omega$ ,  $L_i = 1/20 \text{ H}$ . Die relativ geringe, erforderliche Empfindlichkeit macht bei Anwendung einer guten Abschirmung (Nickel-Eisenpanzer) das Vibrationsgalvanometer auch für betriebliche Verhältnisse geeignet; seine Induktivität wurde dadurch unschädlich gemacht, daß es parallel zu einem Abzweig von nur  $5 \Omega$  eines ohmschen Widerstandes  $R$  von  $2000 \Omega$  in den Nullzweig der Brücke gelegt wurde. Es ergibt sich dann weder ein zusätzlicher Winkelfehler noch ein Phasengang in der Brücke, und der Brückenfaktor bleibt konstant. Auch daß das Vibrationsgalvanometer durch die Nadelbewegung eine Gegenspannung von  $50 \text{ Hz}$  erzeugt, was wie eine Verkleinerung seiner Induktivität und eine Vergrößerung seines ohmschen Widerstandes auf etwa  $100 \Omega$  für die Grundwelle wirkt, ist selbst bei größeren Änderungsbeträgen belanglos, da das Meßgerät für die Grundwelle ja im Nullzweig der Brücke liegt. Durch die Anwendung des Vibrationsgalvanometers ist der Brückenabgleich gegenüber dem bei einem Gleichrichterinstrument erreichbaren verbessert. Die beschriebene Brückenordnung gestattet nunmehr, bei jeder Form der Oberwellenkurve die Kurvenformabweichung einer Spannungskurve auf  $\pm 0,1 \%$  genau zu messen (angelegte Spannung  $\leq 60 \text{ V}$  vorausgesetzt). Durch Anwendung eines empfindlicheren Vibrationsgalvanometers läßt sich die Abgleichempfindlichkeit noch steigern bzw. der Brückenverbrauch senken, wenn dies notwendig erscheint.

Zusammenfassung

Der erste Abschnitt brachte als Zahlenbeispiel die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt nach der Definition des VDE gemessenen Kurvenformabweichungen der verketteten Spannung eines für Zählereichungen be-



stimmten Synchrongenerators, welche durchweg unter 1 % lagen. Hieraus ging hervor, daß Meßgenauigkeiten von etwa 0,1 % für die Oberwelligkeitsmessung erforderlich sind.

Anschließend wurde eine allgemeine Übersicht über die bekannten Meßverfahren für die Bestimmung der Oberwelligkeit (Kurvenformabweichung von der reinen Sinusform) gebracht. Die brauchbaren Verfahren beruhen darauf, die Grundwelle der zu untersuchenden Spannung zu kompensieren oder zu sperren, so daß die nur die Oberwellen enthaltende Restkurve der Messung zugänglich wird. Vor- und Nachteile von vier Verfahren werden besprochen.

Die weiteren Abschnitte brachten eingehende Einzelheiten über die Oberwelligkeitsmessung mittels der Kurvenformbrücke nach Linckh, die bei ruhiger Frequenz die kleinsten Amplituden- und vor allem Winkelfehler ergibt. Schaltung, Aufbau in der neueren etwas vereinfachten Form, Anzeigeverstärkung, Verbrauch und besonders

ausführlich die Frage des Nullinstruments wurden behandelt. Die rechnerisch und experimentell durchgeführte Untersuchung über das Verhalten von Instrumenten der Gleichrichterbauart als Nullgerät führte zu folgendem, allgemein in der Meßtechnik zu beachtenden Ergebnis: Ein gleichzeitig von Oberwellen durchflossenes Gleichrichtermeßgerät zeigt eine Grundwelle um so schlechter an, je steiler die Nulldurchgänge der Oberwellenkurve sind. Bei senkrechtem Nulldurchgang der letzteren erfolgt eine Grundwellenanzeige überhaupt nicht mehr. Diese Eigenschaft haben Effektivwertinstrumente nicht; sie sind für die Grundwelle bei Oberwellenüberlagerung ebenfalls verhältnismäßig unempfindlich. Durch Zahlenbeispiele werden diese Zusammenhänge weiter verdeutlicht. Sodann wurde gezeigt, daß ein Vibrationsgalvanometer, das unabhängig von den Oberwellen die Grundwelle stets gleich gut anzeigt, mit Vorteil als Nullinstrument der Kurvenformbrücke verwendet werden kann. Eine für betriebliche Verhältnisse geeignete Ausführung wurde angeben.

### Vorschriften für umhüllte Leitungen

#### VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.3 (083.133)

#### VDE 0252

##### Entwurf

Einspruchsfrist: 10. Februar 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

##### Inhaltsübersicht

###### I. Allgemeines

- § 1. Geltungsbeginn
- § 2. Geltungsbereich. Verwendung der Leitungen.

###### II. Bau und Prüfung der Leitungen

###### A. Leiter und Umhüllung

- § 3. Beschaffenheit der Leiter
- § 4. Zweck und Beschaffenheit der Umhüllung

###### B. Wetterfeste Leitungen

- § 5. Rote wetterfeste Leitungen
- § 6. Schwarze wetterfeste Leitungen
- § 7. Prüfung der wetterfesten Leitungen

###### C. Nulleiter-Leitungen

- § 8. Nulleiter-Leitungen (nicht zur Verlegung im Erdboden)
- § 9. Nulleiter-Leitungen für Erdverlegung

###### I. Allgemeines

###### § 1

###### Geltungsbeginn

- a) Diese Vorschriften treten am . . . . . in Kraft<sup>1)</sup>

###### § 2

###### Geltungsbereich. Verwendung der Leitungen

- a) Diese Vorschriften gelten für wetterfeste Leitungen und Nulleiter-Leitungen.

- b) Wetterfeste Leitungen dienen zur Verwendung für Freileitungen oder für Installationen im Freien in Fernmelde- und Starkstromanlagen.

- c) Nulleiter-Leitungen dienen einerseits als Nulleiter für oberirdische Verlegung (z. B. in Rohr) und andererseits als Nulleiter zur Verlegung im Erdboden sowie in solchen Fällen, in denen ein besonderer Schutz gegen chemische Einwirkungen erforderlich ist.

<sup>1)</sup> Genehmigt durch . . . . .

#### II. Bau und Prüfung der Leitungen

##### A. Leiter und Umhüllung

###### § 3

###### Beschaffenheit der Leiter

- a) Baustoff und Aufbau der Leiter von wetterfesten Leitungen müssen

bei Verwendung für Freileitungen in Fernmeldeanlagen DIN VDE 8300 „Drähte für Fernmelde-Freileitungen“,

bei Verwendung für Freileitungen in Starkstromanlagen DIN VDE 8201 „Starkstrom-Freileitungen, Drähte und Seile“,

bei Verwendung für sonstige Installationen den Vorschriften für NGAW-Leitungen (siehe § 6 von VDE 0250/1934 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“)

entsprechen.

- b) Für die Beschaffenheit der Kupferleiter für Nulleiter-Leitungen gilt VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik“.

Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter für Nulleiter-Leitungen gilt VDE 0202 „Vorschriften für Aluminium für Elektrotechnik“. Die Zugfestigkeit des Aluminiums der fertigen Leitung muß 13 bis 17 kg/mm<sup>2</sup> betragen. Die Durchmesser der einzelnen Drähte des Aluminiumleiters dürfen nicht kleiner als 1,35 mm sein.

- c) Kupferleiter für umhüllte Leitungen brauchen nicht verzinkt zu sein.

###### § 4

###### Zweck und Beschaffenheit der Umhüllung

- a) In Fernmeldeanlagen dient die Umhüllung der Leitungen einerseits als Korrosionsschutz des Leiters und andererseits als Isolierung für Spannungen bis 100 V.

- b) Bei Starkstromfreileitungen und Leitungen im Freien dient die Umhüllung nur als Korrosionsschutz des Leiters.

- c) Die Umhüllung der wetterfesten Leitungen (siehe § 5 und 6) muß gut am Leiter haften; beim Einziehen der Nulleiter-Leitungen NLC und NLA (siehe § 8) in Rohr darf sich die Umhüllung nicht zurückstreifen.

- d) Die Umhüllung muß vollkommen durchtränkt sein.

**B. Wetterfeste Leitungen**

§ 5

Rote wetterfeste Leitungen

a) Bezeichnung:

- PLWC rot (mit Kupferleiter),
- PLWB rot (mit Bronzeleiter),
- PLWA rot (mit Aluminiumleiter).

b) Der Leiter ist mit roter wetterfester Masse überzogen, mit zwei Lagen getränktem Papiers, mit einer Lage Baumwolle oder dgl. besponnen und nochmals mit roter wetterfester Masse getränkt. Hierüber befindet sich eine Beflechtung aus Baumwolle oder dgl., die in roter wetterfester Masse getränkt ist.

c) Rote wetterfeste Massen sind solche Massen, die trocknende Öle und Metalloxyde enthalten.

§ 6

Schwarze wetterfeste Leitungen

a) Bezeichnung:

- PLWC schwarz (mit Kupferleiter),
- PLWB schwarz (mit Bronzeleiter),
- PLWA schwarz (mit Aluminiumleiter).

b) Der Leiter ist mit schwarzer wetterfester Masse überzogen, mit zwei Lagen getränktem Papiers, mit einer Lage Baumwolle oder dgl. besponnen und nochmals mit schwarzer wetterfester Masse getränkt. Hierüber befindet sich eine Beflechtung aus Baumwolle oder dgl., die in schwarzer wetterfester Masse getränkt ist.

c) Schwarze wetterfeste Massen bestehen aus bituminösen Stoffen.

§ 7

Prüfung der wetterfesten Leitungen

a) Prüfung der Wasseraufnahme

Zwei Probstücke von je 1 m Länge werden um einen Dorn vom 10-fachen Leitungsdurchmesser wendelförmig gewickelt und die Enden (Schnittflächen) mit Paraffin abgedichtet. Nach 24-stündigem Liegen der Probstücke in Wasser von nicht mehr als 25° darf die Gewichtszunahme nicht mehr als 0,6 g/dm<sup>2</sup> Leitungsoberfläche betragen. Vor dem Wägen wird das an der Oberfläche der Leitung anhaftende Wasser durch Filterpapier entfernt.

b) Wärmeprüfung

1. Schmelzprüfung

Zwei Probstücke von je mindestens 30 cm Länge werden an beiden Enden auf je 5 cm Länge von der Umhüllung befreit und auf der ganzen Länge mit weißem, satiniertem Sulfitpapier mit Überlappung umwickelt. Die so vorbereiteten Prüfstücke werden in waagerechter Lage 2 h lang im Wärmeschrank aufgehängt, und zwar rote Leitungen bei 35°, schwarze Leitungen bei 50°. Nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank und einer Abkühlungsdauer von 3 h darf das Papier nicht an der Imprägnierung festkleben und die Imprägnierung nicht in das Papier eingedrungen sein.

2. Abtropfprüfung

Zwei Probstücke von mindestens 30 cm Länge werden je zu einem Ring vom 10-fachen Leitungsdurchmesser gebogen, mit nach oben stehenden Enden auf eine Glasstange gehängt und im Wärmeschrank 24 h lang auf 80° erwärmt. Hierbei darf die Masse nicht abtropfen oder Masseanhäufungen oder Blasen bilden.

c) Wickelprüfung

1. Prüfung bei 20° (Raumtemperatur)

Zwei Probstücke werden um einen Dorn vom 5-fachen Durchmesser der zu prüfenden Leitung in 4 Windungen gewickelt. Dabei darf die imprägnierte Beflechtung nicht brechen.

2. Prüfung bei -10°

Zwei Probstücke werden in 4 Windungen um einen Dorn gewickelt und 2 h lang im Kälteschrank bei -10° gelagert. Bei Leiterquerschnitten bis 16 mm<sup>2</sup> einschließlich ist ein Wickeldorn vom 5-fachen Leitungsdurchmesser, bei Leiterquerschnitten über 16 mm<sup>2</sup> ein solcher vom 8-fachen Leitungsdurchmesser zu wählen. Nach Wiedererwärmung auf Raumtemperatur während 3 h werden die Prüfstücke gerade gerichtet, wobei die Imprägnierung nicht abblättern oder Risse erhalten darf.

d) Elektrische Prüfung

Zwei Probstücke der zu prüfenden Leitung von je 5 m Länge werden über einen Dorn vom etwa 50-fachen Leitungsdurchmesser zu Ringen gebogen und in ein Wasserbad von nicht mehr als 25° gelegt. Nach einer Wässerungsdauer von 5 min müssen die Prüfstücke 10 min lang eine Wechselspannung von 1 kV zwischen Leiter und Wasser aushalten.

**C. Nulleiter-Leitungen**

§ 8

Nulleiter-Leitungen nicht zur Verlegung im Erd-boden

a) Bezeichnung:

- NLC (mit Kupferleiter),
- NLA (mit Aluminiumleiter).

b) Nulleiter-Leitungen sind

mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1 bis 16 mm<sup>2</sup>,  
mit eindrähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 2,5 bis 16 mm<sup>2</sup>,  
mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 25 bis 120 mm<sup>2</sup>,  
mit mehrdrähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 25 bis 120 mm<sup>2</sup> zulässig. Über dem Leiter befindet sich eine Beflechtung aus Baumwolle oder dgl., die in geeigneter Weise grau getränkt ist.

§ 9

Nulleiter-Leitungen für Erdverlegung

[Verwendung zur Verlegung im Erdboden und in Fällen einer Schutzanforderung gegen chemische Einwirkungen siehe § 2 c.)]

a) Bezeichnung:

- NE = Nulleiter-Leitung mit Kupferleitern,
- NBE = Nulleiter-Leitung mit Kupferleitern und Bleimantel,
- NAE = Nulleiter-Leitung mit Aluminiumleitern,
- NABE = Nulleiter-Leitung mit Aluminiumleitern und Bleimantel.

b) Nulleiter-Leitungen für Erdverlegung sind in Querschnitten von 10 bis 500 mm<sup>2</sup> zulässig.

Bei den NE- und NAE-Leitungen ist der Leiter mit zähflüssigem Compound überzogen; darüber ist er mit mindestens 4 Lagen getränktem Papiers und einer Lage vorgetränkten Faserstoffes bewickelt.

Bei NBE- und NABE-Leitungen ist der Leiter zunächst mit einem Bleimantel und dann mit einer Umhüllung wie vorstehend umgeben. Der Bleimantel kann auch durch einen geeigneten Kunststoffmantel ersetzt werden. Dieser muß den Prüfbedingungen des VDE genügen<sup>2)</sup>.

c) Für die Abmessungen gelten die in Tafel I angeführten Werte.

Tafel I.

Abmessungen der NE-, NAE-, NBE- und NABE-Leitungen

Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Mindestzahl der Drähte bei		Dicke des Bleimantels bei NBE- u. NABE-Leitungen mm	Größtdurchmesser	
	Kupferleitern	Aluminiumleitern		NE und NAE mm	NBE und NABE mm
10	1	1	1	10	12
16	1	1	1	11	13
25	7	1	1	12	14
35	7	1	1	13	15
50	19	7	1	15	17
70	19	19	1	17	19
95	19	19	1	18	20
120	37	19	1	20	22
150	37	19	1	22	24
185	37	19	1	24	26
240	37	37	1,2	26	29
300	61	37	1,2	29	31
400	61	61	1,3	32	35
500	61	61	1,3	35	38

<sup>2)</sup> Zur Zeit gilt VDE 0285/II. 38 „Prüfung von Leitungen und Kabeln für feste Verlegung, deren Leiterisolationen oder Mantel aus thermoplastischen Kunststoffen bestehen“.

## Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.3 (083.133)

### VDE 0250 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 10. Februar 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 15. Oktober 1935 gültigen Fassung

#### § 16

Mittlere Gummischlauchleitungen

Verwendung: Zum Anschluß von Küchen- und Werkstattgeräten.

Bezeichnung: NMH (UV).

Nennspannung: 750 V.

Gummischlauchleitungen NMH (UV) sind mit mehrdrätigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 0,75 bis 6 mm<sup>2</sup> als Ein- bis Vierfachleitungen zulässig. Der Durchmesser der Einzeldrähte darf bei 0,75 mm<sup>2</sup> höchstens 0,15 mm, bei 1 mm<sup>2</sup> höchstens 0,20 mm, bei 1,5 und 2,5 mm<sup>2</sup> höchstens 0,25 mm und bei 4 und 6 mm<sup>2</sup> höchstens 0,3 mm sein. Über dem unverzinten zusammengedrehten Kupferleiter befindet sich eine überlappende Bewicklung aus gefärbtem Film. Darüber ist eine Gummihülle in der Wanddicke der NGA (UV)-Leitungen (§ 6) aufgebracht; für die Nennquerschnitte von 0,75 mm<sup>2</sup> und 1 mm<sup>2</sup> muß die Wanddicke 0,8 mm sein. Über der Gummihülle befindet sich ein gummiertes, gewebtes Band.

Bei einadrigen Leitungen ist die Ader mit einem Gummimantel umpreßt. Bei zwei- und mehradrigen Leitungen sind die Adern verseilt und mit einem alle Hohlräume ausfüllenden Gummimantel umpreßt. Für die Wanddicke der Gummimantel gilt Tafel VII in § 17.

Für die äußeren Durchmesser der Gummischlauchleitungen gilt Tafel VIII in § 17.

#### § 17

Starke Gummischlauchleitungen

Durch die Änderung von § 16 werden folgende Änderungen an Tafel VII und VIII notwendig:

In Tafel VII wird die Wanddicke des Gummimantels von NMH (UV)-Leitungen mit 6 mm<sup>2</sup> Nennquerschnitt bei einadriger Ausführung (Spalte 2) mit 1,2 mm und bei mehradriger Ausführung (Spalte 3) mit 1,7 mm festgesetzt.

In Tafel VIII „Außendurchmesser der Gummischlauchleitungen“ werden die Spalten 1 und 2 wie folgt geändert:

1		2		1		2	
Kupfer-Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	NMH (UV) etwa mm	Kupfer-Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	NMH (UV) etwa mm	Kupfer-Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	NMH (UV) etwa mm	Kupfer-Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	NMH (UV) etwa mm
1×0,75	5	1×2,5	6,5	1×1	5,5	1×4	7,5
2×0,75	8,5	2×2,5	12	2×1	9	2×4	13,5
3×0,75	9	3×2,5	12,5	3×1	9,5	3×4	14,5
4×0,75	9,5	4×2,5	14	4×1	10,5	4×4	15,5
5×0,75	11	5×2,5	15,5	5×1	11,5	5×4	17
1×1,5	6	1×6	8,5	1×1,5	10	2×6	16
2×1,5	10	2×6	16	3×1,5	10,5	3×6	17
3×1,5	10,5	4×6	18,5	4×1,5	11,5	4×6	18,5
4×1,5	11,5	5×6	20,5	5×1,5	13	5×6	20,5

## Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen

VDE-Ausschuß für Maschinen

DK 621.313 (083.133)

### VDE 0530 U/I. 40

Diese Umstell-Vorschriften haben den gleichen Wortlaut wie VDE 0530/XII. 37 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“ mit Ausnahme der nachstehenden Änderungen der §§ 1, 39 und 87.

#### § 1.

Geltungsbeginn.

Diese Umstell-Vorschriften treten am 1. Februar 1940 in Kraft<sup>1)</sup>.

#### § 87.

Zulässige Abweichungen.

In Tafel XIII „Toleranzen“ ändern sich folgende Spalten:

	I	II
	Gewährleistungen für	Zulässige Abweichungen
6	Wirkungsgrad $\eta$	$\pm \frac{1-\eta}{5}$ , aufgerundet auf 2/1000; mindestens aber 0,01
7	Leistungsfaktor $\cos \varphi$ von Asynchron-Maschinen	$\pm \frac{1-\cos \varphi}{5}$ , aufgerundet auf 1/100; mindestens aber 0,03, höchstens 0,6

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Januar 1940.

#### § 39.

Grenzwerte.

In Tafel IVa „Grenzerwärmungen“ ändern sich die waagerechten Spalten 1 bis 4 wie folgt:

	I	II	III	IV
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse*)	A	B**)	C
1	Alle Wicklungen mit Ausnahme von 2	60°	95°	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isollerteile
2	Einlagige Feldwicklungen allgemein, ebenso in Volltrommelläufern zweilagige Feldwicklungen	70°	95°	
3	Kommutatoren Schleifringe	60° 60°	75°***) 60°	75°***) 60°
4	Lager	I		II
	Gleitlager			45°
	Wälzlager			60°

\*) Ungetränkte Isolierstoffe sollen im allgemeinen nicht verwendet werden. Wenn in Ausnahmefällen davon Gebrauch gemacht wird, so sind die Grenzerwärmungen hierfür um 15° gegenüber den für Isolationsklasse A zulässigen Werten zu erniedrigen.

\*\*) Die in den waagerechten Spalten 1, 2 und 3 angegebenen Werte der Grenzerwärmung gelten nicht für Maschinen mit Lackdrahtwicklungen. Für diese gelten die in VDE 0530/XII. 37, Tafel IVa, angegebenen Werte.

\*\*\*) Für Maschinen, die nach Art ihres Betriebes dauernd im Tag- und Nachtbetrieb ohne Überholungsgelegenheit durchlaufen, gilt jedoch 60° Grenzerwärmung.

# AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT

## Übersicht über Distanzschutzeinrichtungen

Von Gerhard Walther VDE, Essen

DK 621.316.925.45

**Übersicht\*).** Wirkungsweise, Relaisglieder und Schaltungen von Distanzrelais werden in grundsätzlicher Form behandelt. Ferner wird auf Verbindung mit anderen Schutzarten verwiesen und kurz auch auf wirtschaftliche Fragen eingegangen.

### Grundsätzliche Wirkungsweise

Beim Distanzschutz herrscht der Grundgedanke, die Auslösezeit abhängig von der Fehlerentfernung, also der Distanz, zu machen. Hieraus leitet sich die allgemein

durch Messen unterschiedlicher, in der Elektrotechnik bekannter Widerstandsarten. Die meisten Relais messen die Impedanz der Fehlerstrecke und werden demnach teilweise auch Impedanzrelais genannt. Unter diesen sind verschiedene, deren Impedanzmessung winkelabhängig ist, die also bei gleicher Impedanz, jedoch bei verschiedenen Kurzschlußwinkeln mehr oder weniger unterschiedliche Zeiten ergeben. Weniger gebräuchlich ist die Messung der Reaktanz (sog. Reaktanzrelais), also des reinen induktiven Widerstandes der Fehlerstrecken.

Aus den grundsätzlichen Gleichungen

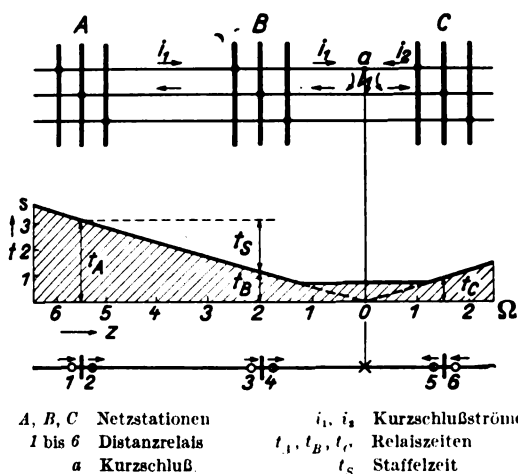
$$\text{für Impedanzmessung: } t = c \frac{U_k}{I_k} = c Z \text{ und}$$

$$\text{für Reaktanzmessung: } t = c \frac{U_k \sin \varphi_k}{I_k} = c X,$$

worin  $t$  die Relaiszeit,  $U_k$  die Kurzschlußspannung,  $I_k$  den Kurzschlußstrom,  $\varphi_k$  den Kurzschlußwinkel,  $Z$  die Impedanz,  $X$  die Reaktanz und  $c$  die Relaiskonstante bedeuten, läßt sich ersehen, daß allen Distanzrelais zur Messung als elektrische Größen lediglich die Kurzschlußspannung und der Kurzschlußstrom zugeführt werden.

An Bild 2 wollen wir uns jetzt klar machen, welchen großen Vorteil die Distanzrelais gegenüber dem bis dahin gebräuchlichsten Netzschutz, den unabhängigen Überstrom-Zeitrelais, hinsichtlich Staffelung bzw. Auslösezeiten brachten. Die gezeigte Leitungskette — der Einfachheit halber mit einseitiger Speisung gedacht — ist in den Stationen A bis E mit Schutzrelais in der speisenden Richtung ausgerüstet. Die waagerechten Zeitkennlinien  $a-a$ ,  $b-b$  usw. gelten für den Fall, daß es sich bei dem Schutz um unabhängige Überstrom-Zeitrelais handelt. Beim Einbau von Distanzrelais gelten die schräg ansteigenden Zeitkennlinien  $a'-a'$ ,  $b'-b'$  usw., die bei

Erreichen der entsprechenden Kennlinien der Überstromrelais in diese einlaufen können. Die schraffierten Flächen deuten nun den Zeitgewinn an, der durch die Distanzrelais erreicht wird. Dieser ist um so beträchtlicher, je enger die Leitungsunterteilung ist, und kann mehrere Sekunden erreichen. Praktisch ist es so, daß durch den Distanzschutz in ausgedehnten



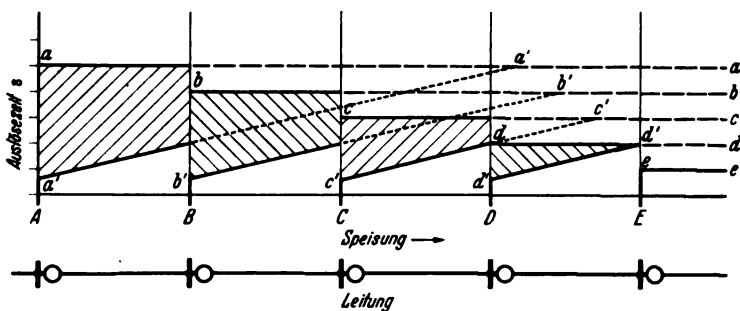
A, B, C Netzstationen  $i_1, i_2$  Kurzschlußströme  
1 bis 6 Distanzrelais  $t_1, t_B, t_C$  Relaiszeiten  
a Kurzschluß  $t_S$  Staffelzeit

Bild 1. Grundsätzliche Wirkungsweise des Distanzschutzes.

gültige Bezeichnung dieser Schutzart ab. Dargestellt als elektrische Größe wird die Distanz durch den zwischen Fehlerort und Relais liegenden Widerstand, den das Relais mit zeitabhängiger Kennlinie festzustellen hat. Man bezeichnet derartige Relais daher auch als „widerstandsabhängige Relais“.

Die Wirkungsweise zeigt Bild 1 an einem Ausschnitt eines vermaschten Netzes mit den Stationen A, B und C, den dazwischenliegenden Leitungen und den eingebauten Distanzrelais 1 bis 6. Infolge der Kennlinien sind die Relaiszeiten  $t_A$ ,  $t_B$  und  $t_C$  bei einem in a angenommenen Leitungskurzschluß verschieden lang, und zwar abhängig von der Entfernung bzw. den Widerständen. Die kranke Leitung wird in B und C abgeschaltet, dagegen löst in A kein Relais aus, da dort die Auslösezeit um die Staffelzeit  $t_S$  höher liegt. Auf die hierbei auftretenden Fragen der Leistungsrichtung wird später noch eingegangen werden.

Je nach besonderen Umständen ermitteln die verschiedenen, bekannten Distanzrelais die Fehlerentfernung



A bis E Netzstationen  $a-a, b-b$  usw. Kennlinien von unabhängigen Überstromzeitrelais  
 $a'-a', b'-b'$  usw. Kennlinien von Distanzrelais

Bild 2. Vergleich der Staffelung von unabhängigen Überstromzeitrelais und Distanzrelais.

ten vermaschten Netzen nicht nur durchweg kürzere Auslösezeiten erzielt werden, sondern daß auch durch ihn ein einwandfreier Selektivschutz überhaupt erst ermöglicht wird. Die Auslösekennlinien der Distanzrelais müssen nun nicht den in Bild 2 gezeigten, stetig ansteigenden Verlauf besitzen; sie können auch stufenförmig oder gemischt sein, wie im Rahmen dieser Aufsatzreihe schon gezeigt wurde<sup>1)</sup>.

Zur näheren Betrachtung einer meistens notwendigen Unterscheidung der Leistungsrichtung durch die Distanz-

<sup>\*)</sup> Nach einem im Rahmen der Vortragsreihe „Relais in der Starkstromtechnik“ am 24. 2. 1938 vor den Jungingenieuren des VDE Bezirk Berlin (Arbeitsgemeinschaft „Allgemeine Elektrotechnik“) gehaltenen Vortrag.

<sup>1)</sup> H. Callies, ETZ 59 (1938) S. 1309, Abb. 3.

relais greifen wir nochmals auf Bild 1 zurück. Wir sahen dabei, daß in jeder Station zwei Leitungsenden mit Distanzrelais ausgerüstet sind, da doppelseitig gespeist wird, daß aber beide Relais einer Station die gleiche Fehlerentfernung messen, also die gleiche Auslösezeit bestimmen. In Station B z. B. würde demnach nicht nur das Relais 4 der kranken Leitung, sondern auch das Relais 3 der gesunden Leitung auslösen können. Dieses wird jedoch durch ein weiteres Kennzeichen verhindert,

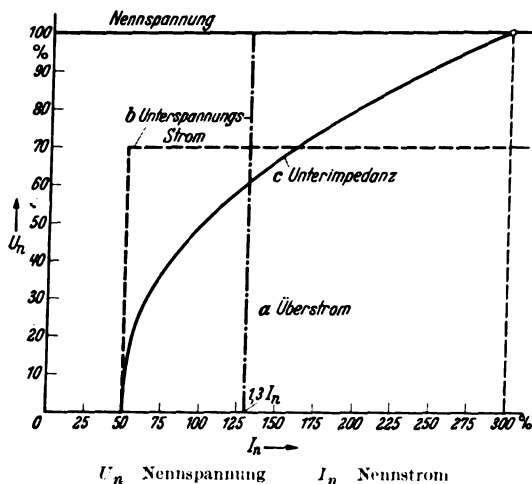


Bild 3. Anregekennlinien.

derart, daß jedes Relais nur bei einer bestimmten Leistungsrichtung auslösen kann, und zwar nur dann, wenn die Kurzschlußleistung von der Sammelschiene in Richtung der geschützten Leitung fließt. Wie die Pfeilrichtungen in Bild 1 besagen, ist dieses aber bei dem gezeigten Kurzschluß in *a* für die Relais 1, 3 und 6 nicht der Fall, so daß diese Relais sperren. Wir werden später sehen, welche anderen Möglichkeiten noch bestehen, die Richtungsunterscheidung beim Distanzschutz auszunutzen.

Außer den Relaisgliedern für die Messung, den Zeitablauf und die Richtungsunterscheidung werden bei fast allen Distanzrelais noch besondere Glieder für die Anregung verwandt, die zunächst beim Auftreten eines Kurzschlusses ansprechen und die übrigen Glieder dadurch erst zum Arbeiten freigeben. Es wäre denkbar, die Meßglieder direkt als Anregung mit zu verwenden, jedoch kann hiervon mehr aus praktischen als theoretischen Gründen nur in wenigen Sonderfällen Gebrauch gemacht werden. Als Kennzeichen für das Vorhandensein eines Kurzschlusses sind der Stromanstieg und der Spannungszusammenbruch im Verhältnis zu den Nennwerten gegeben. Der Stromanstieg als Kriterium ist das gebräuchlichste und — wenn überhaupt zulässig — das einfachste und sicherste Mittel für die Anregung. Dieses ist immer dann angebracht, wenn der Kurzschlußstrom stets über dem höchsten Betriebsstrom des geschützten Anlageteiles liegt. Den Spannungszusammenbruch allein verwendet man nicht als Anregekennzeichen, da hiermit verschiedene, an dieser Stelle nicht weiter zu erörternde Mängel verknüpft sind. Dagegen wird oft eine kombinierte Strom- und Spannungsanregung angewandt, und zwar dort, wo der Kurzschlußstrom unter dem größten Betriebsstrom liegen kann, also z. B. in Anlagen, in denen zu Zeiten geringer Belastung verhältnismäßig schwache Maschinenleistungen eingesetzt sind. Man unterscheidet bei der kombinierten Anregung zwei Arten: die Unterspannungs-Stromanregung und die Unterimpedanzanregung. Bei der ersteren muß sowohl ein bestimmter, unter der Nennspannung liegender Spannungswert wie auch ein bestimmter Stromwert, der ebenfalls unterhalb des Nennstromes, jedoch über dem kleinsten Kurzschlußstrom liegt, zur Anregung vorhanden sein. Im Gegensatz hierzu arbeitet die Unterimpedanzanregung abhängig von dem Quotienten Strom/Spannung.

Die Kennlinien der drei erwähnten Anregearten werden in Bild 3 gezeigt.

Die Kennlinie *a* der Überstromanregung verläuft naturgemäß senkrecht. Es erfolgt Anregung unabhängig von der Spannung bei allen Werten, die oberhalb des eingestellten Ansprechstromes von z. B.  $1,3 \cdot I_n$  liegen.

Bei der Kennlinie *b* der Unterspannungs-Stromanregung ist die Abhängigkeit von den festen Einstellungen auf bestimmte Spannung und bestimmten Strom durch den rechtwinkligen Verlauf gekennzeichnet. Hier findet Anregung statt bei Unterschreiten der Nennspannung um 30 %, d. h. bei  $0,7 \cdot U_n$  und gleichzeitigem Überschreiten des auf  $0,5 \cdot I_n$  eingestellten Stromes. Der Ansprechbereich liegt also rechts bzw. unterhalb der Linie *b*. Charakteristisch hierbei ist, daß die Anregung niemals — auch nicht bei höchstem Kurzschlußstrom — ohne Unterschreiten der Nennspannung arbeiten kann. Dieses wird mitunter als Nachteil angesehen.

Die Kennlinie *c* der Unterimpedanzanregung hat demgegenüber einen praktisch idealen Verlauf. Sie erfährt auch kleine Kurzschlußströme, schneidet jedoch — in diesem Falle beim dreifachen Normalstrom — die Waagerechte der Nennspannung. Mit anderen Worten: Die Unterimpedanzanregung kann auch bei Überströmen arbeiten, ohne daß die Spannung zusammenbrechen muß.

### Relaisglieder

Wir haben jetzt gesehen, daß ein Distanzrelais folgende grundsätzliche Einzelaufgaben erfüllen muß: Anregung, Distanzmessung, Zeitablauf und Richtungsunterscheidung. Diese verschiedenen Aufgaben, die mehr oder weniger auch von verschiedenen Relaisgliedern erfüllt werden, müssen in sinnvoller Weise zu einem vollständigen Distanzrelais zusammengefaßt werden. Hierunter ist nicht so sehr der Zusammenbau wie das Zusammenarbeiten der Einzelglieder zu verstehen. An Hand eines Arbeitsschemas nach Bild 4 wollen wir uns das

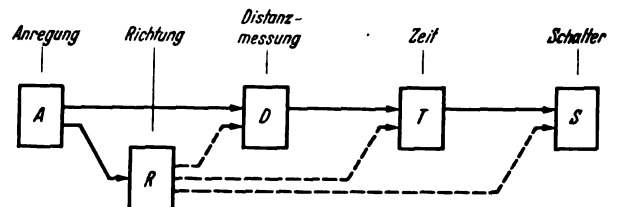


Bild 4. Arbeitsschema von Distanzrelais.

Zusammenarbeiten kurz klar machen. Als erstes Glied arbeitet stets die Anregung. Dadurch wird die Distanzmessung freigegeben und vorgenommen, auf Grund deren dann das Zeitglied die Ablaufzeit bestimmt. Nach erfolgtem Zeitablauf kommt das Auslösekommando auf den Leistungsschalter. Etwas abseits dieses Vorganges hatte das Richtungsglied gearbeitet. Dieses war auch durch die Anregung eingeschaltet worden, kann jedoch je nach Bauart des Relais an verschiedenen Stellen eingreifen mit dem Zwecke, den Ablauf des geschilderten Vorganges zu sperren, falls die Kurzschlußleistung in derjenigen Richtung fließt, bei der eine Abschaltung nicht stattfinden soll. Das Richtungsglied kann beispielsweise — wie in dem Schema gezeigt wird — folgende drei Eingriffe bei Sperrung vornehmen:

1. die Distanzmessung wird bereits unterbunden, und damit auch der weitere Ablauf,
2. die Messung findet in jedem Falle statt, jedoch nicht mehr der Zeitablauf,
3. es wird lediglich, nachdem alle Glieder gearbeitet haben, das Abschaltkommando unterbunden.

Nun kann das Zusammenarbeiten auf zwei verschiedene Arten erreicht werden, nämlich durch mechanische Kupplung mittels Gestängen, Getrieben und dergleichen oder durch elektrische Kupplung mittels Kontakten. Während bei den älteren Bauarten die

mechanische Kupplung überwiegt, wird bei neueren Relais größtenteils die elektrische Kupplung angewandt, und zwar aus folgenden Gründen:

Die mechanische Kupplung kann wohl raumsparend und robust sein, sie ist aber oft unübersichtlich und verlangt hohen Arbeitsverbrauch auf Kosten der Empfindlichkeit. Die Arbeitsbereiche der elektrisch gekuppelten Relais können also größer sein, was sich hauptsächlich in kurzen Abschaltzeiten, hoher Meßempfindlichkeit und großer Richtungsempfindlichkeit widerspiegelt. Bei der Kupplung mittels Kontakten ergibt sich durch die mechanische Unabhängigkeit der Glieder voneinander auch eine bessere Einstellmöglichkeit auf die verschiedenen Netzverhältnisse. Ferner lassen sich größtenteils für andere Relaisarten bereits vorhandene Bauteile verwenden und kombinieren. Das vollständige Distanzrelais kann also aus sogenannten Bausteinen zusammengesetzt werden; es ist dadurch sehr übersichtlich und für Kontrollen leicht zugänglich.

Als Überstrom-Anregglieder, Richtungsglieder und Zeitwerke werden im allgemeinen aus der Praxis bekannte Relais verwandt, die unter Umständen dem Verwendungszwecke besonders angepaßt sein müssen. Ausnahmen gibt es natürlich auch hier. So ist z. B. bei einem der ältesten Distanzrelais keine unmittelbare Trennung zwischen Distanzmessung, Zeitablauf und Richtungsunterscheidung vorhanden, indem zur Erfüllung aller drei Aufgaben die Ablaufzeit einer Scheibe durch ein Ferraris-Triebwerk impedanzabhängig gesteuert wird, wobei die Drehrichtung der Scheibe gleichzeitig richtungsabhängig ist. Für die Unterimpedananzregung sind sowohl Ferraris-Relais wie auch Waagebalkenrelais üblich. Letztere zeichnen sich durch schnelles Arbeiten aus. Die naturgemäß interessantesten Glieder, nämlich die für die Distanzmessung, werden wegen ihrer großen Bedeutung und Vielfältigkeit in einem späteren Aufsatz gesondert behandelt werden.

**Relaisschaltungen**

Die Relais-„Schaltungen“ haben in der Distanzrelais-technik eine ganz besondere Bedeutung und sind durch die verschiedenen, hauptsächlich in Drehstromnetzen vorkommenden Fehlerarten bedingt. Es gibt hierfür eine ganze Reihe von praktischen Lösungen, die im Schrifttum oft und ausführlich behandelt wurden. Im folgenden werden wir uns nur mit einigen grundsätzlichen Fragen befassen und hierbei auch die Doppelerdschlüsse außer acht lassen.

In einem Drehstromnetz sind als Kurzschlußarten zu unterscheiden:

1. Kurzschluß zwischen zwei Phasen ( $R-S$ ,  $S-T$  oder  $T-R$ ),
2. Kurzschluß zwischen drei Phasen ( $R-S-T$ ),
3. Doppelerdschluß oder Kurzschluß mit Erdberührung zwischen zwei Phasen und
4. in starr geerdeten Netzen: Kurzschluß einer Phase gegen Erde ( $R-O$ ,  $S-O$  oder  $T-O$ ).

Die Relaisschaltung soll nun erreichen, daß das Distanzrelais bei gleicher Entfernung, jedoch bei allen Arten von Fehlern stets möglichst die gleiche Abschaltzeit ergibt. Zu diesem Zwecke müssen den Meßgliedern die der Kurzschlußart entsprechenden Ströme und Spannungen nach Wert und u. U. auch Phasenlage richtig zugeordnet werden. Als theoretisch einfachste Lösung wäre es denkbar, jeder Kurzschlußart ein besonderes Distanzrelais zuzuordnen. Da dieses jedoch einen zu großen Aufwand an Relais bedeuten würde, versucht man, mit möglichst wenig Meßgliedern auszukommen und an dieses durch Auswahlhaltungen über Hilfseinrichtungen die jeweils richtigen Meßwerte zu legen.

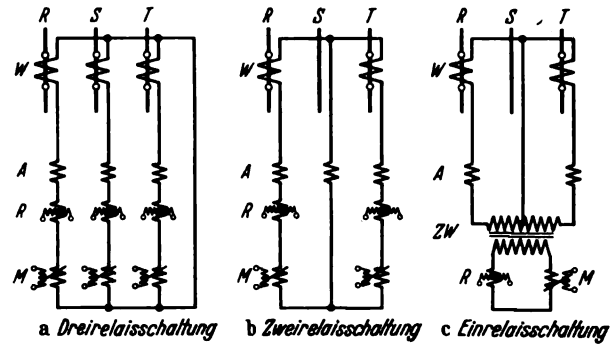
Verwendet man als Maßstab für die Fehlerentfernung z. B. die Impedanz, so kann sowohl die Impedanz der halben Kurzschlußbahn (Impedanz einer Phase gleich  $Z$ ) wie auch diejenige der ganzen Kurzschlußbahn (Impedanz beider Phasen bezogen auf zweiphasigen Kurzschluß gleich  $2 \cdot Z$ , sogenannte Schleifenimpedanz) gewählt werden.

Legen wir uns als Beispiel auf die Messung der Schleifenimpedanz  $2 \cdot Z$  fest, so müssen die Distanzrelais bei allen Fehlerarten diesen Wert als Maßstab ermitteln. In Tafel 1 ist unter dieser Voraussetzung an-

Tafel 1. Beispiel für Meßgrößen bei verschiedenen Kurzschlußarten.

Kurzschluß	gemessener Strom	gemessene Spannung	gemessene Impedanz
$R-S$	$I_R$	$U_{RS}$	$\frac{U_{RS}}{I_R} = 2Z$
$S-T$	$I_T$	$U_{TS}$	$\frac{U_{TS}}{I_T} = 2Z$
$T-R$	$\frac{1}{2} (I_R \angle I_T)$ $I_R$	$U_{RT}$	$\frac{U_{RT}}{I_R} = 2Z$
$R-S-T$	$\frac{1}{2} (I_R \angle I_T) = \frac{I_{RT}}{2}$	$U_{RT}$	$\frac{2 U_{RT}}{I_{RT}} = 2Z$

gegeben, welche Ströme und Spannungen den Meßgliedern bei den unter 1. und 2. vorher genannten Kurzschlußarten zugeordnet werden können, um stets den gleichen Impedanzwert  $2 \cdot Z$  zu erhalten. Bei einem Vergleich der Kurzschlußarten  $T-R$  und  $R-S-T$  ist hinsichtlich der geometrischen Zusammensetzung der Phasenströme  $I_R$  und  $I_T$  folgendes zu beachten: Im zweiphasigen Kurzschluß  $T-R$  sind beide Ströme nicht nur größen-, sondern auch phasengleich, so daß sie praktisch arithmetisch addiert werden können. Dagegen sind sie im Kurzschluß  $R-S-T$   $120^\circ$  phasenverschoben und ergeben in geometrischer Zusammensetzung den verketteten Strom  $I_{RT}$ .



a Dreirelaischaltung b Zweirelaischaltung c Einrelaisschaltung  
 A Anregglied W Stromwandler  
 M Distanzmeßglied ZW Zwischenstromwandler  
 R Richtungsglied

Bild 5. Grundsaltungen von Distanzrelais.

Die vielen vorgeschlagenen und ausgeführten Relaisschaltungen lassen sich in diesem Zusammenhang auf drei Gruppen, nämlich die Dreirelais-, Zweirelais- und Einrelaisschaltungen zurückführen, wobei aber zu erwähnen ist, daß die einzelnen Ausführungen jeder Gruppe hier nicht weiter zu behandelnde, sehr unterschiedliche Merkmale aufweisen können.

Die geschichtliche Entwicklung spiegelt sich in der genannten Reihenfolge wieder und wurde geleitet durch das Bestreben, mit immer weniger hochwertigen Meßgliedern dasselbe oder mehr zu leisten als seither. Die Zahlen drei, zwei und eins in den Gruppen geben an, wieviele Glieder für die Distanzmessung verwendet werden. Man sieht also, daß für einen Distanzschutz je Leitungsende heute bei der Einrelaisschaltung mit nur einem Meßglied auszukommen ist, während man in der Dreirelaischaltung deren drei benötigte. Durch die Zwei- und Einrelaisschaltungen — die sogenannten Sparschaltungen — konnte neben einer Verminderung der Meßglieder auch gleichzeitig eine solche der Glieder für die Anregung und Richtungsunterscheidung sowie der für den Anschluß erforderlichen Stromwandler erreicht werden.

Besonders kennzeichnende Vertreter der drei Schaltungsgruppen zeigt Bild 5, aus dem zu ersehen ist, wie

sich die einzelnen Schaltungen in der Anzahl der wesentlichen Relaisglieder unterscheiden. Die gezeigten Beispiele sind nur in den sekundären Stromkreisen schematisch dargestellt, während die Spannungskreise der besseren Übersicht halber vernachlässigt sind. Lediglich die Spannungswicklungen der Meß- und Richtungsglieder sind angedeutet. Die Auswahlstellungen, mit deren Hilfe diesen Gliedern die richtigen Meßgrößen zugeführt werden, liegen im übrigen fast durchweg im Spannungskreis, da sie sich hier am einfachsten und sichersten bewerkstelligen lassen.

**Distanzschutz und Vergleichschutz**

Neuzeitliche Distanzrelais mit stufenförmiger oder gebrochener Kennlinie können heute mit der Grundzeit — d. h. der Zeit ihrer ersten Stufe — etwa 80 bis 90 % der Fehler abschalten, da diese Stufe bis zu dem genannten Prozentsatz der geschützten Leitungslänge reichen kann.

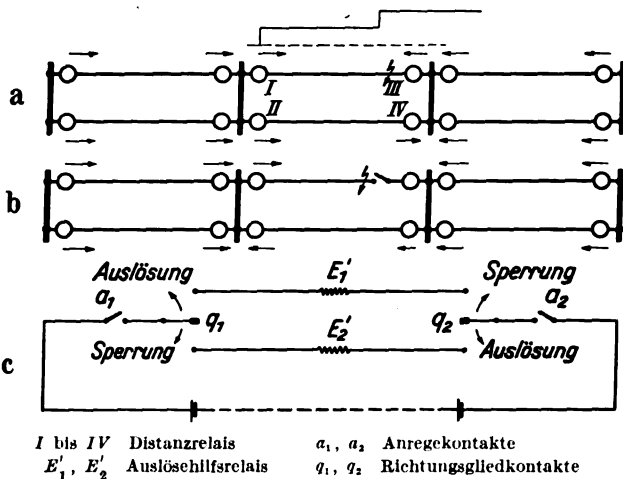


Bild 6. Grundschialtung eines Quervergleichsschutzes mit Distanzrelais.

Da nun die Relaiszeit dieser ersten Stufe durchschnittlich in gleicher Höhe liegt wie diejenige eines Vergleichsschutzes, so bleibt die an sich hinsichtlich kürzester Abschaltzeiten vorhandene technische Überlegenheit der letzteren Schutzart nur noch auf die restlichen 10 bis 20 % beschränkt. Man kann mit Hilfe der im Distanzschutz vorhandenen Richtungsglieder in einfacher Weise einen zusätzlichen Vergleichsschutz schaffen, mit dessen Hilfe auch dieser Rest in der kürzesten Grundzeit zur Abschaltung gelangt. Diese Möglichkeit bietet den nach heutigen Gesichtspunkten vollkommensten Selektivschutz für Hochspannungsnetze. Man überbrückt nämlich dabei andererseits einen wesentlichen, jedem Vergleichsschutz anhaftenden Mangel, der in der Beschränkung seines Arbeitsbereiches auf einen ganz bestimmten Abschnitt besteht. Während ein Streckenvergleichsschutz also nicht in der Lage ist, auch Sammelschienenfehler zu erfassen, oder dann einzuspringen, wenn an anderer Stelle ein Auslöseversager aufgetreten ist, löst der Distanzschutz diese Aufgaben ohne weiteres durch seine grundsätzliche Wirkungsweise als Staffelschutz.

Eine besonders einfache Lösung dieser Art bei Doppelleitungen ist der zusätzliche Quervergleich, dessen Grundschialtung Bild 6 angibt. Hierbei geht man davon aus, daß bei Relais mit stufenförmiger und gebrochener Kennlinie eines der beiden Relais des Schutzabschnittes mit der kürzesten Zeit abschaltet, da sich die Grundstufen gegenseitig weit überlappen. Betrachten wir nun in Bild 6 a den mittleren Abschnitt der drei hintereinander liegenden Doppelleitungen eines vermaschten Netzes. Der Blitzpfeil zwischen den Distanzrelais I und III, die mit Stufenkennlinie ausgestattet sind, gibt die Lage des Kurzschlusses an. Infolge seiner Nähe zu III wird die Leitung an dieser Stelle mit Schnellzeit abgeschaltet (Bild 6 b). Aus den Pfeilen, die die Energieerregung an-

geben, sieht man, daß vorher bei a die Relais I und II gleiche Richtung hatten, während durch die Abschaltung bei III sich die Richtung des Relais II (vgl. Bild 6 b) ändert. Diese Richtungsänderung, die für einen solchen Fall kennzeichnend ist, wird zur sofortigen Auslösung auch des Relais I verwandt. Die Relaischaltung hierfür ist in Bild 6 c angedeutet. Bei Zustand a sind Richtungsgliedkontakt  $q_1$  (Relais I) nach oben und Richtungsgliedkontakt  $q_2$  (Relais II) nach unten geschlossen; beide Hilfsrelais  $E_1'$  und  $E_2'$  (Relais I und II) sind hierbei spannungslos. Nach Übergang in Zustand b legt sich Kontakt  $q_2$  ebenfalls nach oben um, wodurch  $E_1'$  erregt und die Abschaltung bei I veranlaßt wird. Damit ist der Fehler auf beiden Seiten nach kurzer Zeit abgetrennt.

Die Richtungsglieder der Distanzrelais können in ähnlicher Weise auch als zusätzlicher Längsvergleichsschutz (Energierichtungs-Vergleichsschutz) unter Zuhilfenahme einer Hilfsverbindung längs der zu schützenden Leitung verwendet werden, wobei als Hilfsverbindung sowohl besondere Leitungen wie auch Hochfrequenzkanäle möglich sind.

Eine weitere, naheliegende Möglichkeit, beiderseits schnell abzuschalten, bietet die sogenannte Mitnahmeschaltung, eine der Vergleichsschutztechnik verwandte Lösung. Hierbei wird wieder — wie beim Quervergleichsschutz — vorausgesetzt, daß eines der beiden Relais mit Schnellzeit auslöst. Das Abschaltkommando wird jedoch von diesem sowohl auf den eigenen Schalter wie auch auf denjenigen des gegenüberliegenden Leitungsendes mittels einer Hilfsverbindung (Leitung oder Hochfrequenzkanal) übertragen, so daß das auslösende Relais den anderen Schalter, bildlich gesprochen, mitnimmt.

**Wirtschaftliche Fragen**

Die Ausführungen mögen auch das Verständnis für die wirtschaftliche Seite eines Distanzschutzes wecken. Man wird bei praktischer Beschäftigung mit einem

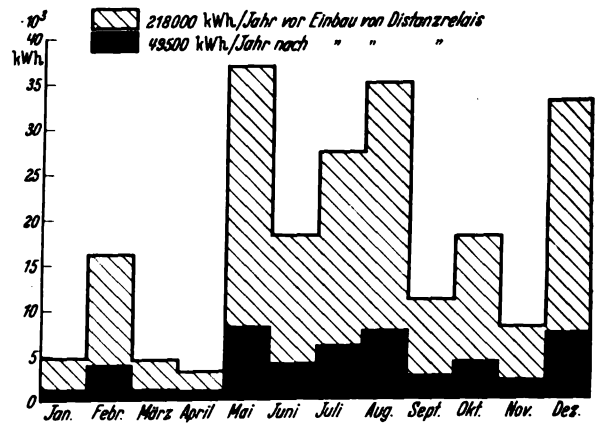


Bild 7. Leistungsausfall durch Störungen in einem Netz vor und nach Einbau von Distanzrelais.

solchen Projekt feststellen, daß die Anschaffungskosten für einen hochwertigen Schutz wesentlich höher sein können als beispielsweise für den mehr bekannten und bei einfachen Verhältnissen angebrachten Überstrom-Zeitschutz. Dabei sollte man jedoch nicht übersehen, wieviel mehr Aufwand nicht allein an Bauteilen bei einem Distanzschutz notwendig ist, sondern wie hoch auch der Einsatz im Laboratorium, im Konstruktionsbüro und in der übrigen technischen Bearbeitung sein muß, um die viel weitergehenden Aufgaben erfüllen zu können. Bild 7 soll vor Augen führen, in wie vorteilhafter Weise die Anschaffungskosten für einen solchen Schutz in einem ausgeführten Beispiel durch die Abnahme des Ausfalles von Leistungslieferung gerechtfertigt werden konnte. Nachdem vorher infolge von Störungen der Ausfall 218 000 kWh/Jahr betrug, ging er nach Einbau des Distanzschutzes auf 49 500 kWh/Jahr, also auf etwa 22,5 % zurück.

# RUNDSCHAU

## Geräte und Stromrichter

DK 621.314.5.016.3

**Stromrichterbelastung von Generatoren und Drehstromnetzen in vektorieller Darstellung.** [Nach E. Kübler, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 18 (1939) H. 1, S. 50; 20 S., 16 B.]

Der Verfasser behandelt die Fragen der Spannungsverzerrung in Hochspannungsnetzen bei Resonanz mit Stromrichteroberwellen sowie der Stromrichterbelastung von Drehstromgeneratoren einheitlich in einer vektoriellen Darstellung.

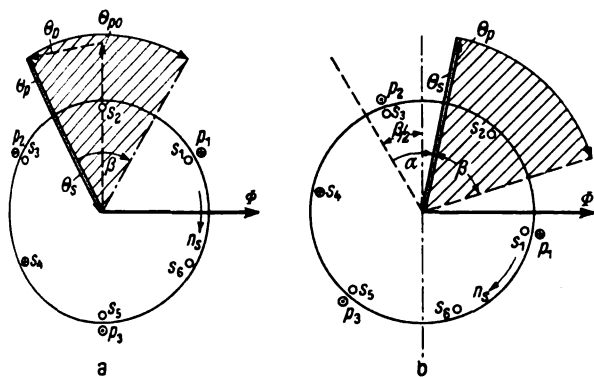


Bild 1. Vektordiagramm des Stromrichtertransformators.

Im 1. Teil wird als Vorarbeit das Vektordiagramm des Stromrichtertransformators für die Verhältnisse einer Drehfeldbauart mit synchron umlaufenden Wicklungen und räumlich feststehendem Induktionsfluß (ähnlich Einankerumformer) abgeleitet (Bild 1). Die konstante Sekundärdurchflutung  $\Theta_s$ , welche von der stromführenden Phase allein gebildet wird, hat keine feste Lage zum Induktionsfluß, sondern dreht sich mit synchroner Winkelgeschwindigkeit um den Brennwinkel  $\beta$  gegen den Induktionsfluß  $\Phi$ . Dasselbe gilt für die entgegengesetzt gleich große Primärdurchflutung  $\Theta_p$ , welche infolge der transformatorischen Wirkung sich einstellt. Beim Erlöschen der Anode verschwinden im theoretischen Grenzfall die Durchflutungen augenblicklich und erscheinen zeitlich unmittelbar anschließend beim Zünden der nächsten Phase in der Ausgangslage wieder, um den schraffierten Sektor von neuem zu bestreichen. Spannungsregelung durch Gittersteuerung wirkt sich in feiner Drehung des Sektors um den Zündverzögerungswinkel  $\alpha$  aus. Bild 2 zeigt das räumliche Vektordiagramm des Stromrichtertransformators bei Berücksichtigung der endlichen Kommutierungszeit und der Anodenströme.  $\Theta_p$  geht nicht sprunghaft aus der Endlage in die Anfangslage zurück, sondern der Endpunkt  $P_2$  beschreibt eine geschlossene Kurve. Das Kreisbogenstück A bis B wird in der Zeit von  $\beta u$  el. durchlaufen, während für das Stück  $BP_2A$

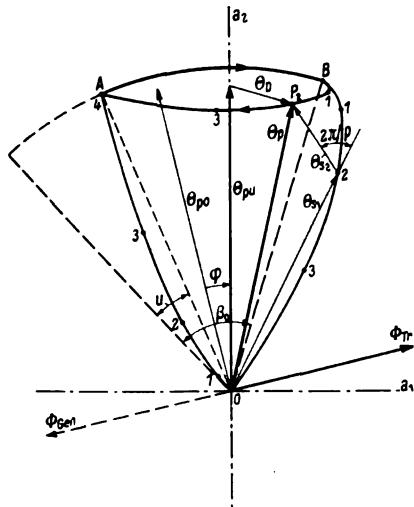


Bild 2. Räumliches Vektordiagramm.

die Zeit  $u$  el. zur Verfügung steht. In diesem Diagramm kommen die Verkleinerung der Primärstromoberwellen durch Anodenstromüberlappung sowie die Verschlechterung des Leistungsfaktors qualitativ zum Ausdruck.

Im 2. Teil wird die Beanspruchung der Dämpferwicklung von Generatoren mit Stromrichterbelastung untersucht. Es gilt auch hierfür das Diagramm Bild 2. Für die eigentliche Wirkleistungsübertragung kommt lediglich die im Raum stillstehende Grundwelle der Primärdurchflutung  $\Theta_{pu}$  in Frage. Sämtliche Abweichungen  $\Theta_D$  von der Grundwelle haben in der Dämpferwicklung und in den massiven Eisenteilen des Polrades entsprechende Gegendurchflutungen zur Folge. Die Dämpferdurchflutung  $\Theta_D$  stellt praktisch eine Wechseldurchflutung  $p$ -facher Frequenz in Richtung  $a$  senkrecht zum Vektor der Grundwelle  $\Theta_{pu}$  dar. Bei Vollpolmaschinen ist der Dämpferstrombelag in jedem Augenblick sinusförmig über den Umfang verteilt. Der zeitliche Verlauf jedoch, mit der die Höhe der Strombelagwelle sich ändert, ist nicht sinusförmig. Unter der Annahme einer linearen Kommutierung, die bei gittergesteuerten Stromrichteranlagen fast immer erreicht ist, wird ein sinusförmig verteilter effektiver Dämpferstrombelag ermittelt mit dem Höchstwert

$$A_{D_{max}} = \sqrt{\frac{2}{3}} \sin\left(\frac{\pi}{p} - \frac{u}{2}\right) A_{s_{eff}}$$

wobei  $A_{s_{eff}}$  den effektiven Ständerstrombelag der Drehstromgrundwelle und  $p$  die Phasenzahl der Stromrichteranlage bedeuten. Für  $u = 10^\circ$  ergeben sich folgende Werte  $A_{D_{max}}$ :

$p = 6$	12	24	Phasen
$A_{D_{max}} = 34,5$	14,2	3,6 %	von $A_{s_{eff}}$

Im 3. Teil wird die Spannungsverzerrung in Hochspannungsnetzen bei Resonanz mit Stromrichteroberwellen unter der Annahme behandelt, daß für sämtliche Oberwellen im Netz Stromresonanz besteht, d. h. daß das Netz für jede Oberwelle einen Sperrkreis darstellt. Es handelt sich um den Betrieb einer Stromrichteranlage mit zwangsweise sinusförmigem Primärstrom und freier Primärspannung. Die Anodenbrenndauer verdoppelt sich gegenüber den Verhältnissen des normalen Stromrichterbetriebes. Es führen immer zwei Phasen gleichzeitig Strom. Der Anodenstrom hat nicht mehr die übliche Rechteckform, sondern wird aus den Flanken zweier Sinuslinien gebildet. Der Gleichstrom besteht aus zeitlich aneinandergereihten Kuppen von sinusförmigen netzfrequenten Strömen. Bei Gittersteuerung bleibt die Form des Gleichstromes erhalten. Bei ohmscher Belastung und bei Betrieb auf reine Gegenspannung mit sinusförmigem Primärstrom stimmt die Form der notwendigen Primärspannung überein mit der Primärstromform, die bei Speisung der Anlage mit sinusförmiger Spannung sich einstellen würde. Bei Anwesenheit von Induktivität auf der Gleichstromseite ergibt sich eine zusätzliche Verzerrung der Primärspannung. Die Oberwellen im Gleichstrom bedingen nämlich Oberwellenspannungen an der Induktivität, die sich der ohmschen Spannung bzw. der EMK auf der Gleichstromseite überlagern und entsprechend auf die Primärseite übersetzen. In einer Formeltafel sind Ordnungszahlen und Größe der Spannungsoberwellen bei vollkommener Stromresonanz angegeben.

Wenn in der Praxis beim Betrieb von Großelektrolyseanlagen mit Stromrichtern sich verschiedentlich starke Verzerrungen in der Primärspannung bemerkbar gemacht haben, so hat dies primär seinen Grund in Resonanzzuständen des Netzes für bestimmte Stromoberwellen. Die Größe der Spannungsverzerrung jedoch ist im wesentlichen bestimmt durch die verteilte Induktivität auf der Gleichstromseite, welche dort infolge der langen Bäderschleifen vorhanden ist. Außer abschätzbaren zusätzlichen Verlusten im transformatorischen Teil hat die Spannungsverzerrung keinen schädlichen Einfluß auf den Betrieb der Stromrichteranlagen. I' b.

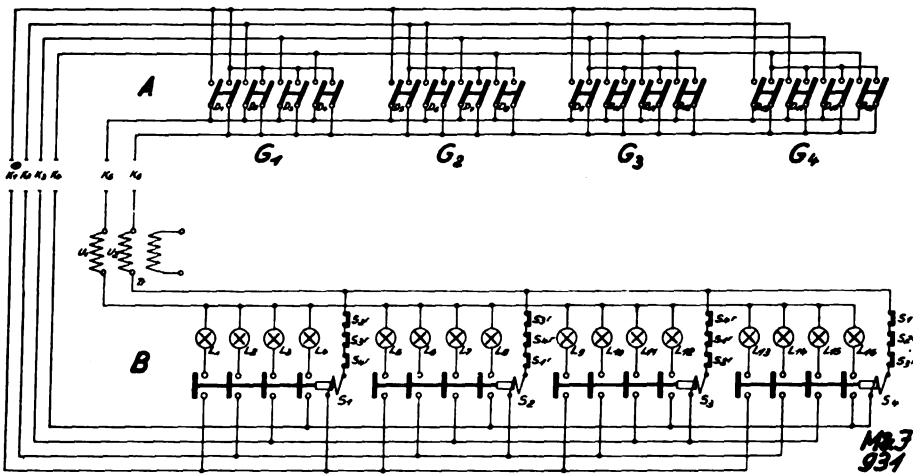


DK 621.316.5

**Die leistungssparende Multiplikationsschaltung.**

Bei Fernsteueranlagen tritt häufig der Fall ein, daß von einer Reihe von Steuerimpulsen, für die Übertragungsmöglichkeiten vorgesehen werden müssen, tatsächlich immer nur ein einziger gegeben wird, eine gleichzeitige Übertragung mehrerer Impulse aber ausgeschlossen ist. Bei geringer Entfernung zwischen den beiden Stationen wird man im allgemeinen nicht eines der bekannten Fernsteuerverfahren wählen, sondern jedem fernzusteuern den Apparat eine besondere Verbindungsleitung

Eine interessante Anwendung der leistungssparenden Multiplikationsschaltung ergab kürzlich eine Entladevorrichtung, die über 16 verschiedene Abwurfstellen verfahren werden sollte, wobei die Wahl der Abwurfstelle von einer Zentrale aus erfolgte. Man kam mit nur 8 Leitungen aus, ersparte also 75% gegenüber der normalen Ausführung und sparte neben den Rohstoffen natürlich auch an Montagezeit. Auch im Meßwesen ist die neue Schaltung gut zu verwenden, z. B. für die Meldung der Temperaturwerte von zahlreichen Meßstellen über eine größere Entfernung. Ist die Zahl der zu übertragenden Steuer- oder Meßimpulse sehr groß, so kann man eine Reihe von Gruppen



- A Geberstation
- B Empfängerstation
- $D_1 \dots D_{16}$  Betätigungsschalter
- $G_1 \dots G_4$  Betätigungsgruppen
- $K_1 \dots K_4$  Verbindungsleitungen zwischen A und B
- $L_1 \dots L_{16}$  Signallampen
- $S_1 \dots S_4$  Hilfsschütze
- $S_{1r} \dots S_{4r}$  Ruhekontakte v.  $S_1 \dots S_4$
- $Tr$  Isoliertransformator
- $U_1 \dots U_2$  getr. Stromquellen (Sekundärwicklungen v. Tr.)

Bild 3. Fernübertragung von 16 Steuerimpulsen über 6 Leitungen.

zuordnen. Nachstehend ist nun eine Schaltung beschrieben, die in diesem Fall eine beträchtliche Einsparung von Leitungen ermöglicht. Das Verfahren beruht darauf, daß man die Apparate in den beiden Stationen in Gruppen unterteilt und jeder Gruppe eine Verbindungs- sowie allen Gruppen eine gemeinsame Rückleitung zuordnet. In die Rückleitungen sind zwei unabhängige Stromquellen eingeschaltet. Bei Übertragung eines Impulses wird zunächst die Gruppe und dann innerhalb dieser Gruppe der gewünschte Apparat ausgewählt.

Zur Erläuterung der Schaltung sei angenommen, daß von der Geberstelle A (Bild 3) 16 Steuerimpulse durch die Betätigungsschalter  $D_1 \dots D_{16}$  nach der Station B übertragen und dort die Signallampen  $L_1 \dots L_{16}$  zum Aufleuchten gebracht werden sollen. Dabei ist vorausgesetzt, daß jeweils nur ein Steuerimpuls gegeben wird. Die Apparate werden nun in beiden Stationen in Gruppen zu je 4 Stück ( $G_1 \dots G_4$  bzw.  $G'_1 \dots G'_4$ ) zusammengefaßt. In der Empfängerstation erhält außerdem jede Gruppe ein vierpoliges Hilfsschütz ( $S_1 \dots S_4$ ). Die Gruppen sind in der gezeichneten Weise durch die 4 Leitungen  $K_1 \dots K_4$  miteinander verbunden, an die in der Empfängerstation die Spulen der 4 Gruppenschütze und außerdem in jeder Gruppe über die Kontakte der Hilfsschütze die Signallampen angeschlossen sind. Signallampen und Schützspulen liegen ferner an den gemeinsamen Rückleitungen  $K_5$  bzw.  $K_6$ . In diese Rückleitungen sind die Sekundärwicklungen  $U_1$  und  $U_2$  des Isoliertransformators  $Tr$  eingeschaltet. In der Geberstation sind die einen Pole der Betätigungsschalter jeder Gruppe parallel geschaltet und an eine der Verbindungsleitungen  $K_1 \dots K_4$  bzw. an die gemeinsame Rückleitung  $K_5$  angeschlossen. Mit diesen Polen wird die Gruppe ausgewählt. Die zweiten Pole liegen ebenfalls an den Verbindungsleitungen  $K_1 \dots K_4$ , aber in jeder Gruppe getrennt, und außerdem an der Rückleitung  $K_6$ . Mit diesen Polen werden die Signallampen eingeschaltet. Die Wirkungsweise ist folgende:

Wird z. B. der Betätigungsschalter  $D_1$  geschlossen, so spricht in der Empfängerstation zunächst das Schütz  $S_1$  an, dem die Lampengruppe  $G'_1$ , zugeordnet ist. Das Schütz  $S_1$  öffnet dabei vor dem Schließen der Hauptkontakte seine Ruhekontakte in den Zuleitungen zu den übrigen Schützen, so daß Rückschlüsse einwandfrei vermieden werden. Von den 4 Lampen der Gruppe  $G'_1$  leuchtet nur die Lampe  $L_1$  auf, da nur für diese Lampe der Stromkreis geschlossen ist. Genau so liegen die Verhältnisse für jeden anderen Betätigungsschalter.

Allgemein kann man sagen: bei  $n$  Steuerimpulsen benötigt man  $\sqrt{n} + 2$  Leitungen und  $\sqrt{n}$  Schütze mit  $\sqrt{n}$  Arbeits- und  $\sqrt{n} - 1$  Ruhekontakten sowie 2 getrennte Stromquellen.

zu Vorgruppen zusammenfassen. In diesem Falle müssen die Betätigungsschalter einen dritten Pol erhalten, mit dem das Vorgruppenschütz eingeschaltet wird.

Es sei noch kurz erwähnt, daß die derselben Gruppe zugeordneten Steuerimpulse ohne gegenseitige Störung gleichzeitig übertragen werden können, was sich bei der Einleitung oder Meldung von verwickelten Schaltvorgängen als besonders vorteilhaft erweisen kann.

B. Drescher VDE, Wuppertal-Elberfeld.

**Elektrizitätswerke und Kraftübertragung**

DK 621.315.1.054 : 621.3.053.22

**Die elektrostatische Unsymmetrie von Übertragungsleitungen und ihr Einfluß auf die Anwendung von Petersenspulen.** [Nach J. A. M. Lyon, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 107; 5 S., 5 B.]

Die Metropolitan Edison Company of Pennsylvania betreibt ein 66 kV-Netz im Umfange von 515 km Freileitungen, das kürzlich mit drei Petersenspulen ausgerüstet wurde. Je eine Spule wird an den Nullpunkt der zugehörigen Umspannergruppe gelegt, kann aber auch an den Nullpunkt von 2 oder 3 Gruppen angeschlossen werden. Durch die Anordnung ist gewährleistet, daß jede der drei Spulen jeden Abschnitt für sich zu kompensieren vermag.

Infolge der kapazitiven Unsymmetrie des Netzes sind schon im erdschluffreien Betrieb die drei Phasen gegen Erde ungleich, so daß der Sternpunkt der Umspannergruppe Spannung gegen Erde besitzt. Diese Tatsache wird beim Abstimmprozeß ausgenutzt. Verändert man die Induktanz durch Wechslen der Anzapfungen, so ist der günstigste Abstimmpunkt vorhanden, wenn der größte Strom durch die Spule fließt.

Selbst bei starrer Erdung der Anlage über eine Umspannergruppe wird unter dem Einfluß der Sternpunktspannung ein Erdstrom zustande kommen. Bezeichnet man mit

- $I_0$  Nullkomponente des Phasenstromes,
- $I_n$  Strom im Nullpunkt des Erdungssatzes,
- $X_t$  Nullreaktanz des Transformators,
- $X_{cap}$  mittlere kapazitive Nullreaktanz Leitung-Erde,
- $R_g$  äquivalenter Erdwiderstand für den ganzen Stromkreis,
- $X_{cl}$  Nullreaktanz der Spule

dann ist

$$I_n = 3 I_0 = 3 \frac{E_0}{3 R_g + j X_t - j X_{cap}} \quad \text{und}$$

$$I_n = 3 I_0 = 3 \frac{E_0}{3 R_g + j X_t + j X_{cl} - j X_{cap}}$$

wenn die Erdung der Umspannergruppe über eine Petersenspule stattfindet. Bei hoher Sternpunktspannung kann auch ein großer Strom fließen, der bei Schaltung einer Spule zwischen Sternpunkt und Erde nur durch den ohmschen Widerstand des ganzen Kreises begrenzt wird.

Bei Abstimmung der Anlage erreichte für die Resonanzanlage der zur Erde fließende Strom den 5fachen Wert des zulässigen Dauerstromes der Spule, was betriebsmäßig keinesfalls zugelassen werden konnte. Somit mußte eine Herabsetzung der Sternpunktspannung versucht werden.

Ein großer Teil des Netzes besteht aus Doppelleitungen mit senkrecht untereinander liegenden nicht verdrehten Leitern. Dieses Mastbild besitzt gegenüber anderen eine erträgliche kapazitive Unsymmetrie, die sich hier jedoch wegen Fehlens einer Verdrehung bemerkbar machte, da der obere und untere Leiter eine höhere Kapazität als der mittlere besitzen. Eine analytische Ermittlung der elektrostatischen Unsymmetrie gegen Erde unter Verwendung der Begriffe Ladung, Spannung und Kapazität gegen Erde und der Spiegelbildmethode sowie der Determinantenrechnung wird durchgeführt. Bringt man das Ergebnis als unsymmetrische kapazitive Sternlast mit symmetrischen Phasenspannungen in Ansatz, so erhält man mit Hilfe der symmetrischen Komponenten die Verlagerungsspannung im Sternpunkt.

Der rechnerische Wert ist im Beispiel 1800 V, während 1920 V bei einer Übertragungslänge von rd. 100 km gemessen wurden. Dieser Wert gilt natürlich ohne eingeschaltete Erdschlußspule und kann sich mit derselben nach den Betriebs Erfahrungen auf mehr als 70% der Phasenspannung erhöhen. Die geringe Abweichung zwischen Rechnung und Messung ist auf Nichtberücksichtigung des Durchhanges sowie der Tra-versen- und Mastenerdung und Annahme einer Ebene für die Erde zurückzuführen.

Wenn Phase 1 des Netzes immer oben, Phase 2 halb in der Mitte und halb unten, Phase 3 halb unten und halb in der Mitte angeordnet werden, geht die Verschiebungsspannung auf 144 V zurück. Aus wirtschaftlichen Erwägungen wurden die Verdrehungen in den Schaltstationen und an zugänglichen Stellen (Portalmasten) durchgeführt. Beim Doppelleitungssystem ist z. T. Leitung I so geführt, daß Leitung II ausgeglichen wird, wobei Vergrößerung der Unsymmetrie durch Ausfall einer der beiden Leitungen in Kauf genommen wird. Abstimmung auf neuen Netzumfang ist natürlich erforderlich.

Auch Leitungsstützisolatoren können kapazitive Unsymmetrien bewirken. Durch Verbinden und Erden der Stützen wird Verlagerungsspannung um etwa 10% vermindert.

Die beschriebene Berechnungsmethode gilt gleichfalls für Leitungssysteme mit Erdseil und ist rechnerisch und praktisch durchgeführt worden. Im Anhang befindet sich noch eine Berechnung unter Vermeidung der symmetrischen Komponenten, die allerdings sehr unübersichtlich wird.

Auch in Deutschland führte die Verwendung von Erdschlußspulen in nicht verdrehten Netzen zu Verlagerungen im erdschlußfreien Betrieb, doch wurde diese Erscheinung lediglich als Schönheitsfehler betrachtet, da die Erdschlußspulen so reichlich dimensioniert sind, daß Gefährdung durch dauerndes Fließen des Stromes unter dem Einfluß der Sternpunktspannung nicht zu befürchten ist. Bbg.

DK 621.317-333-4

**Neuere Entwicklung in der Fehlerortbestimmung bei Kabeln.** [Nach J. A. Vahey, Edison electr. Inst. Bull. 7 (1939) S. 96; 5 S., 13 B.]

Zur Fehlerortung bei Kabeln ist in Amerika seit 25 Jahren die Suchspule in Gebrauch. Der Verfasser berichtet über die in den letzten Jahren an diesem System gemachten Verbesserungen. Das Suchgerät besteht aus drei Teilen, die folgendermaßen zusammenarbeiten: Der „Analyser“ gibt Spannung auf das fehlerhafte Kabel, damit möglichst ein Weg durch die Isolation gebrannt wird. Eine Signallampe gibt Aufschluß über die Natur des Fehlers. Der Unterbrecher schickt durch den fehlerhaften Stromkreis einen tonfrequenten Strom, die Suchspule nimmt mit angeschlossenem Kopfhörer das Signal auf und ermöglicht das Abhören und somit die Feststellung des Fehlerortes. Das Suchverfahren kann allein oder in Verbindung mit der Brücken- oder Schleifenmessung zur Ermittlung des Fehlers ohne Öffnung von Muffen angewandt werden. Die Geräte sind nach Angabe des Verfassers bei jeder Fehlerart, sowohl bei unterirdischen als auch bei oberirdischen Leitungen, anwendbar. Eine technische Vorbildung des Fehlersuchers ist nicht erforder-

lich. Die gut isolierte Spule wird entweder unmittelbar auf den Mantel bzw. die Bedeckung oder um das Kabel gelegt.

Das vom Unterbrecher ausgehende Signal ist leicht abhörbar und ist am stärksten, wenn sich die Spule über dem Fehler befindet. Die Spule ist genau auf die Tonfrequenz des Unterbrechers abgestimmt, so daß eine hohe Empfindlichkeit erreicht wird. Zum Schleifenspulen-Verfahren, das auf der Feststellung des Unterschiedes der Stärke des Signals vor und hinter dem Fehler beruht, benutzt man eine andere Spule. Der Verfasser hat besondere Maßnahmen ermittelt, um diesen Tonstärkenunterschied zu vergrößern, so daß es sogar möglich ist, den Fehlerort zu finden, indem man mit einem Kraftwagen die Kabelstrecke abfährt. Vorbedingung ist, daß mehr als ein Kabel nebeneinander liegt und daß die Mäntel möglichst in allen Kabelschächten miteinander verbunden sind. Die Schleifenspule ist in einem zylindrischen Preßstoffgehäuse untergebracht; die Abmessungen sind etwa 290 mm Länge und 36 mm Dmr. Mit einer Haltevorrichtung kann die Spule an dem Stoßpuffer des Wagens angebracht werden; da sie wasserdicht ist, ist sie bei jedem Wetter zu benutzen. Je nach der Art des Fehlers und den örtlichen Verhältnissen erhält man bei waagerechter oder senkrechter Lage der Spule die besseren Ergebnisse. In der Praxis kann der Fehlersucher im Auto den Ort der Störung auf zwei Kabelschächte eingrenzen und weiß dann, daß der Fehler in einem der Kabelschächte oder dazwischen liegen muß. Die Schleifenspule ist mit dem im Fahrzeug stehenden Verstärker verbunden; dieser ist der Spule angepaßt, damit man ein möglichst starkes Signal erhält. Er gibt einen hohen und einen tiefen Ton; der Sucher wählt denjenigen Ton aus, der das Unterbrechungssignal am besten hörbar macht. Ist der Fehler gut verkohlt, so braucht der Sucher nicht über die ganze Strecke hin genau zu prüfen, sondern er beschränkt sich auf einige gut zugängliche Stellen zum Horchen. Bei Fehlern von hohem Widerstand fährt der messende Beamte langsam die Strecke ab, wobei er genau abhören muß. Findet er den Fehler in dem Bereich von 5 bis 6 Kabelschächten, so macht er weitere Messungen mit dem sogenannten „Wasserstock“.

Nach den Erfahrungen des Verfassers waren 15% der Kabelfehler Wasserfehler. 70% von diesen wurden ausgebrannt. Die Kabel lagen in etwa 2,5 m Tiefe. Die Fehlerlage konnte aber auch noch in größeren Tiefen, z. B. bei Tunneln unter Flüssen, bestimmt werden. Ist der Ton nicht stark genug, so kann man den Deckel von einem Kabelschacht abheben und die Schleifenspule dem Kabel nähern. Bei einem Seekabel, das 16 m tief lag, konnte der Fehler von einem Boot aus auf weniger als 33 m eingegrenzt werden. Eine andere Anwendungsmöglichkeit des Schleifenverfahrens besteht beim Auftreten von sogenannten Überschlagnfehlern, die z. B. bei der Prüfung des Kabels mit hochgespanntem Gleichstrom auftreten. Ein niedriger Übergangswiderstand kann nicht immer erreicht werden, z. B. in paraffingefüllten Muffen. In mehr oder weniger regelmäßigen Abständen tritt eine Entladung des Kabels an der Fehlerstelle auf. Mit der Spule und dem Verstärker ist ein derartiger Fehler schnell eingegrenzt. Man hält die Spule in der Hand, der Verstärker hängt über der Schulter. Ist das Signal bei senkrechter Spulenstellung größer als bei waagerechter, so liegt der Fehler voraus, im umgekehrten Falle liegt er hinter dem Sucher. Der Meßbeamte kann auch die Spule an der Zuleitung senkrecht dicht über dem Boden herunterhängen lassen; er geht über dem Kabel im rechten Winkel hin und her. Vor dem Fehler wird das Signal unmittelbar über dem Kabel leiser, verschwindet aber nicht; hinter dem Fehler wird der Ton an einer Stelle gleich Null, wenn die Spule über dem Kabel hin und her geschwungen wird. Liegt der Fehler unter Wasser, so kann mit dem Wasserstock der dem Fehler zunächstliegende Kabelschacht gefunden werden. Der Feuchtigkeitsfehler wird erst auf einige Kabelschächte eingegrenzt; ist der Fehler nicht in einem der Kabelschächte selbst, so senkt der Fehlersucher den Stock weiter in das Wasser hinein, um genauer zu messen. Der Wasserstock ist keine Spule, sondern eine Potentialmeßvorrichtung, mit der der Fehler leichter zu finden ist, je höher der Fehlerwiderstand ist. Durch Schwingen des Stockes im Kabelschacht kann ermittelt werden, ob der Fehler in diesem liegt. Ist der Fehler nicht in der Nähe, so hört man entweder kein Signal, oder dieses ändert sich beim Schwingen des Wasserstockes nicht. Liegt dagegen der Fehler in dem Kabelschacht oder in seiner Nähe, so schwillt das Signal an, wenn ein Ende des Stockes sich dem Fehler nähert. Auf diese Weise wurden Feuchtigkeitsfehler, die 25 m vom Kabelschacht entfernt waren, gefunden. Das Abhorchsignal ist an der Stelle, wo sich die Kabelschächte befinden, am stärksten. Dies ist zu beachten, wenn die Kabelschächte mit Schnee oder Erde bedeckt sind. Die Lage der Kabelschächte kann mit der Schleifenspule er-

mittelt werden, und zwar mit dem Betriebswechselstrom der Kabel, da die Kabel im Kabelschacht weiter auseinanderliegen und eine breite Schleife bilden.

Der Verfasser weist noch auf den verbesserten Anzeiger für in Betrieb befindliche Kabel hin, der angewandt wird, bevor man die Leitung schneidet. Er wurde besonders für die mit 60 Hz betriebenen Kabel entwickelt. Bei Freileitungen kann er bei Spannungen über 13 kV vom Boden aus benutzt werden. Auch zur Phasenbestimmung ist er ohne Anwendung von Transformatoren oder Verbindungen verwendbar. G.A.F.

DK 621.316.064.25

**Neuartige ölarme Leistungsschalter.** [Nach A. Prazak, Skoda-Mitt. 1 (1939) S. 85; 4 S., 8 B.]

In der äußeren Form gleicht der Schalter den bekannten ölarmen Leistungsschaltern, bei denen das die Löscheinrichtung enthaltende Isolierrohr über einen waagerechten Stützer an dem für die drei Pole gemeinsamen Wandrahmen befestigt ist. Das Isolierrohr enthält zwei übereinander angeordnete Trennstellen, von denen die untere durch ihre Lichtbogengase eine Ölströmung erzeugt, die an der oberen die Lichtbogenlöschung hervorruft. Neuartig ist die Ausbildung der Schaltelemente in Form von schwenkbaren Trennmessern, die zwischen zwei senkrechten Isolierplatten angebracht sind. Hierdurch wird eine günstige Ölströmung erzielt, gleichzeitig soll die Schaltgeschwindigkeit möglichst groß werden; sie beträgt während der Löscheriode 5 bis 6 m/s. Die Folge davon ist eine Lichtbogendauer von nur im Mittel 1 Halbwelle, die über den ganzen Strombereich konstant bleibt. Die Schalter werden für 10, 20 und 30 kV mit einer Abschaltleistung von 150 MVA gebaut. [Bedenklich erscheint besonders bei höheren Spannungen das Fehlen einer Lufttrennstrecke, da die heißen Schaltgase in direkte Berührung mit den Isolierwänden kommen und dadurch das Isoliervermögen in ausgeschalteter Stellung herabsetzen. Der Ber.] W. Kn.

### Meßgeräte und Meßverfahren

**Elektrisches Prüffamt 38.** Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) wird die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüffamts 38 in Koblenz wie folgt erweitert<sup>1)</sup>: Für Wechsel- und Drehstromprüfungen bis 1500 A 20 000 V.

DK 621.317.7 : 537.212—971

**Entwurf und Bau einer Kurzwellen-Feldstärkemeßanordnung.** [Nach F. M. Colebrook u. A. C. Gordon-Smith, J. Instn. Electr. Engrs. 84 (1939) S. 388; 11 S., 12 B.]

Die Feldstärkemeßanordnung umfaßt den Wellenlängenbereich von 7 bis 11 m und hat eine Empfindlichkeit bis zu einigen  $\mu\text{V/m}$ . Sie besteht aus Rahmenantenne, Oszillator und Mischstufe, Zwischenfrequenzverstärker mit Gleichrichter und einem als Brückenkreis ausgebildeten Ausgangskreis. Die Eichung erfolgt mittels Normalfeldstrahler.

Die Rahmenantenne ist abstimmbar. Da die Eichung in einem bekannten Felde vorgenommen wird, braucht der Rahmenumfang nicht klein gegenüber der Wellenlänge bzw. die Stromverteilung nicht gleichförmig zu sein, so daß Längen bis zu etwa  $\lambda/5$  zulässig sind. Die Antenne soll eine möglichst kleine Aufnahmefähigkeit für die Zwischenfrequenz (ZF) haben, was durch lose Kopplung — bezüglich der ZF — mit dem Empfänger erreicht wird. Über eine geschirmte Kopplung ist die symmetrische Rahmenantenne mit der unsymmetrischen Meßanordnung verbunden. Der günstigste Wert für die Kopplung kann durch Versuch leicht ermittelt oder auch berechnet werden. Die Abstimmung von Antenne und Eingangskreis muß auf Grund der Rückwirkung wechselseitig erfolgen. Die Mischung in der Dioden-Mischstufe ist bei genügend hoher Spannung des Oszillators in bezug auf die Signalspannung linear. Die Zwischenfrequenz-Ausgangsspannung ist daher unabhängig von der Oszillatorspannung, was für die Eichung wichtig ist. Durch Verwendung der 2. Harmonischen des Oszillators kann der Meßbereich bis zu  $\lambda = 4\text{ m}$  erweitert werden. Oszillator und Mischstufe sind über ein geschirmtes konzentrisches Kabel mit dem einstufigen Zwischenfrequenz-Verstärker gekoppelt, dessen Diodengleichrichter mit Hilfsanode für selbsttätigen Schwundausgleich versehen ist. Die Zwischenfrequenz beträgt etwa 1,2 MHz. Der Verstärker kann in drei Stufen geregelt werden, und zwar in einer Stufe von

0 bis 38 db stetig und in den anderen beiden Stufen um 34 und 50 db schrittweise. Der Gleichrichter ist so angeordnet, daß bei Signaleinfall der Anodenstrom verkleinert wird. Durch Ändern der Gitterspannung wird der Anodenanfangsstrom des Ausgangsrohres bei kleinster Verstärkung auf einen Wert eingestellt, der sich durch Verwendung eines Ausgleichsrohres mit bestimmtem Anodenstrom beim Abgleichen der Brücke ergibt. Das Ausgangsinstrument (0 bis 500  $\mu\text{A}$ ) kann durch einen Stöpsel eingeschaltet werden und dient gleichzeitig zur Kontrolle sämtlicher Röhren, wozu an den Meßklinken feste Parallelwiderstände eingeschaltet sind. Der Zwischenfrequenz-Verstärker wird nach Abschaltung der Mischstufe mittels der thermischen EMK des abgestimmten Eingangskreises auf eine bestimmte Verstärkung eingestellt. Darauf wird die Meßanordnung in ein bekanntes Feld gebracht und ein bestimmter Ausschlag am Anzeiginstrument hergestellt. Durch entsprechende Verstärkungsregelung wird bei der Messung des unbekanntes Feldes dieser Wert zugrunde gelegt. Aus den bekannten Verstärkungsgraden kann dann das Feld berechnet werden. Die Anordnung kann für verschiedene Wellenlängen so geeicht werden, daß die Feldstärkewerte direkt ablesbar sind. Bei schwachen Feldern muß noch die Rauschspannung durch ein entsprechendes Korrekturglied berücksichtigt werden. Durch Einschalten der selbsttätigen Schwundregelung kann der Meßbereich erheblich erweitert werden. KJ.

### Elektrowärme

DK 621.365

**Industrielle Elektrowärme.** [Nach AEG-Mitt. (1939) H. 9, 50 S., 98 B.]

Für die Beurteilung des Elektroofenbetriebes dürfen nicht nur die reinen Wärmekosten zugrunde gelegt werden, sondern maßgebend für die Wirtschaftlichkeit ist die Summe der Eigenarten der elektrischen Beheizung. Mitlehner gibt einen Querschnitt der grundsätzlichen Vorteile des Elektroofens für die verschiedenen Wärmebehandlungen in der Stahl- und Metallindustrie. — Lohausen und Schumann behandeln Berechnungsgrundlagen von elektrischen Widerstandsöfen insbesondere mit Luftumwälzung und erläutern neben der schematischen Gegenüberstellung verschiedener Wärmeübertragungen Schnitte der wesentlichen Bauformen für Standöfen und Fließöfen. Die Anordnung der Temperaturmeßstellen und die Anheizkurve eines Schachtofens mit Luftumwälzung, der mit einer Welle von 5 t Gewicht beschickt ist, werden angegeben. — Über Fördereinrichtungen in elektrischen Industrieöfen gibt Lohausen bemerkenswerte Ergebnisse aus umfangreichen Messungen an, die dem Gestalter wichtige Erkenntnisse über die verschiedenen Fördereinrichtungen vermitteln. Verschiedene Abbildungen ergänzen die Beschreibung von Aufbau und Steuerung der Fördereinrichtungen. — Die Bemessungsgrundlagen von Förderbändern für elektrische Öfen behandelt Kugler für verschiedene Bauformen, deren grundsätzlicher Unterschied darin besteht, daß das Förderband im Ofen oder außerhalb des Ofens umgelenkt wird. Die Entwicklung der Berechnungsgrundlagen ist durch schematische Darstellungen ergänzt. Bauform und Arbeitsweise verschiedener Förderbandöfen werden beschrieben. — Das Arbeiten mit Schutzgasen im elektrischen Ofen wird von Simon in einer ausführlichen Darstellung behandelt und hierbei werden über die metallurgischen, ofenbautechnischen, wirtschaftlichen und betrieblichen Gesichtspunkte für die Auswahl des Schutzgases Angaben gemacht. Weiter werden verschiedene Schutzgaserzeuger beschrieben und die Schutzgasanwendung bei verschiedenen Ofenbauformen dargestellt. — Ein neuer Kleinhartlötöfen wird in Aufbau und Arbeitsweise beschrieben. Als Schutzgas dient gespaltenes Ammoniak. Die Spaltung des Ammoniaks geht in einem in die Ofendecke eingebauten Gaszerleger vor sich. — Lohausen und Schumann behandeln neben der Temperaturregelung für elektrische Öfen die Anordnung der Temperaturmeßstellen für verschiedene Ofenbauformen und berichten über den grundsätzlichen Aufbau von Einheitsschalttafeln für Elektroöfen. — Über die Arbeitsweise und die bauliche Gestaltung des eisgekoppelten Niederfrequenz-Induktionsofens nach der bekannten Ajax-Wyatt-Bauart macht Krüger Angaben, insbesondere über den neuen wannenartigen Bodenhalter, die Ausführung der Schmelzrinne, die Kippeinrichtung und die durchgeführte Typenbegrenzung. — Die Entwicklung des Lichtbogen-Stahlhofens im letzten Jahrzehnt wird von Driller aufgezeigt und hierbei die Korbbeschickung, die Drehbarkeit des Ofengefäßes und die Bewegung des Deckels mit den Elektroden gegen das Ofengefäß besonders behandelt. Die größten bisher ausgeführten Öfen mit Korb-

<sup>1)</sup> Reichsministerialblatt 67 (1939) S. 1511.

beschickungseinrichtung haben ein Fassungsvermögen von 40 t. Angaben über die bei Stahlofen-Umspannern nach dem Jansen-Verfahren ausgeführte Lastschaltung werden gemacht und verschiedene Verfahren der Elektrodenregelung beschrieben und schematisch dargestellt. — Die Rollennahtschweißung wird als wichtiges Teilgebiet der Widerstandsschweißung von Rosenberg behandelt und die allgemeine Bewertung dieses Verfahrens, die Anwendungsmöglichkeiten und in deren Rahmen die wirtschaftliche Überlegenheit aufgezeigt. Bemerkenswerte Meßergebnisse sind schematisch dargestellt. — Die Anwendungsmöglichkeiten elektrischer Raumheizung in gewerblichen und industriellen Betrieben schildert Gorn und gibt hierbei eine kurze Beschreibung des Aufbaues der für den jeweiligen Verwendungszweck geeigneten Heizkörper. E. O.

### Fernmeldetechnik

DK 621.394/395

**Telephonie und Telegraphie.** [Nach W. G. Radley, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 359; 9 S.]

Die Arbeit gibt einen Überblick über die jüngste Entwicklung auf allen Teilgebieten der Telephonie und Telegraphie unter besonderer Berücksichtigung der englischen Verhältnisse und gelegentlichen Hinweisen auf andere Länder.

**Telephonie:** Man hat Fernhörer mit beweglicher Spule entwickelt, die indessen voraussichtlich den Fernhörer älterer Bauart nicht durchweg verdrängen werden, zumal auch dieser in den Vereinigten Staaten, in Deutschland und in England erheblich verbessert worden ist, so daß insbesondere eine gleichmäßigere Empfindlichkeit über den wiederzugebenden Frequenzbereich erzielt werden konnte. — Das Kohlemikrophon ist vom Post Office hauptsächlich hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeitseinflüsse verbessert worden. Genauere Kenntnis der Vorgänge im Kohlegrieß hat in den V. S. Amerika zur Entwicklung eines neuen Mikrophons geführt<sup>1)</sup>, das gegenüber älteren Ausführungen weit geringere Empfindlichkeitsschwankungen bei Frequenz- und bei Lageänderungen aufweist. In Zukunft werden Mikrophon und Fernhörer bei Teilnehmerapparaten allgemein zu einem Handapparat mit Geräuschausgleich vereinigt; zur weiteren Verkleinerung der Abmessungen und Erhöhung der Wirkungsweise sollen als Magnetwerkstoff nur noch hochwertige Legierungen (Permalloy, Permandur usw.) benutzt werden. Die Verbesserung der Fernsprechapparate hat die Verwendung von Anschlußkabeln mit geringeren Drahtstärken (rd. 0,63 und 0,5 mm) ermöglicht. Auch die Entwicklung lautsprechender Telephone für Teilnehmerapparate ist fortgesetzt worden.

Handbetriebene Vermittlungsämter werden nach und nach in Wählerämter umgewandelt; Ende September 1937 bestanden in England 2355 Wählerämter mit 1 516 349 Anschlüssen und 3366 Handämter mit 1 386 079 Anschlüssen. Zugleich machte die Entwicklung einheitlicher und vereinfachter Apparate und Amtstypen Fortschritte in England: So wurden ein neues Einheitsrelais, ein neuer Wähler kleiner Abmessung (Typ 2000) sowie Wähleramtstypen für 100, 200 und 800 Leitungen entwickelt. In einzelnen Bezirken wird versuchsweise an Stelle des Besetztsignals das Wort „Besetzt“ mittels Tonfilms auf die anrufende Leitung gegeben. Künftig sollen alle Fernsprechverbindungen bis zu 24 km Entfernung vom Teilnehmer im gewöhnlichen Selbstwählverkehr hergestellt werden; die Vorbereitungen dazu sind in Arbeit. Für den Selbstwählfernverkehr über Kabelleitungen bis zu rd. 160 km Länge ist von dem General Post Office ein Verfahren ausgearbeitet worden, bei dem Signal- und Stromstoßgabe mittels Gleichstroms über Viererkreise erfolgt, während für lange Fernleitungen mit Verstärkern Tonfrequenzfernwahl mit 600 und 750 Hz vorgesehen ist.

Trägerstromfernsprechen ist in England auf vorhandenen Freileitungen nur vereinzelt für Saisonverkehr (ein Trägergespräch mit 6,5 kHz-Träger neben dem Niederfrequenzgespräch) verwendet worden. Ferner hat man zur besseren Ausnutzung vorhandener leicht pupinisierte Kabelleitungen im Kabel Liverpoole—Glasgow ein Vierfach-Trägerstromsystem (höchste Trägerfrequenz 16 kHz) entwickelt. Größere Anwendung fand das Trägerstromfernsprechen auf besonders dafür gebauten Kabeln, die nur Paare (ohne Vierer), und zwar nach den beiden Verkehrsrichtungen getrennt, enthalten; für solche Kabel wird ein Zwölfachsystem (höchste Trägerfrequenz 60 kHz) angewendet, das zuerst auf einem Versuchskabel Bristol—Plymouth erprobt worden ist. Das Bestreben nach Vermehrung der Sprechwege hat auch in England wie in anderen

Ländern zur Auslegung von Breitbandkabeln geführt; erwähnt werden das Breitbandkabel London—Birmingham—Newcastle sowie eine Anzahl von Breitbandseekabeln und endlich die mit der Trägerstromtechnik zusammenhängenden Filter- und Verstärkerfragen. Kurzwellen-Fernsprechverbindungen wurden mit Japan (15,86 m), Island (24,52 m), und Kenya (15,28 m), Ultrakurzwellen-Fernsprechverbindungen mit den Kanalinseln und Nordirland geschaffen.

**Telegraphie:** Die Hauptleitungen des englischen Telegraphennetzes werden seit 1932 auf Tonfrequenztelegraphie in Fernsprechkabeln umgestellt unter Benutzung eines 12- oder 18-Kanalsystems; jetzt ist auch für verkehrsschwächere Telegraphenleitungen ein Tonfrequenzsystem entwickelt worden mit vier Kanälen in jeder Richtung. — Mit den Scilly-Inseln ist eine Kurzwellenverbindung mit Fernschreibern eingerichtet worden; für derartige Funkverbindungen größerer Störungsanfälligkeit soll künftig der deutsche Hell-Schreiber verwendet werden. — Der englische „Telex“-Dienst (Teilnehmer-Fernschreibdienst auf Fernsprechleitungen) ist entsprechend den Empfehlungen des CCI von 300 auf 1500 Hz umgestellt worden und das englische Telex-Netz hat Verbindungen mit den Teilnehmer-Fernschreibnetzen in Deutschland, Holland, Belgien und der Schweiz. Die künftige Entwicklung des englischen Fernschreibdienstes für den öffentlichen Verkehr sieht man in der Einführung der selbsttätigen Vermittlung beim Verbindungsaufbau; ein dahingehender Versuch mit einem Netz mit 22 Fernschreibstellen war erfolgreich. Seit der Einführung des Fernschreibers nimmt in England auch die Vermietung von Leitungen an Private immer größeren Umfang an; zur Zeit der Berichterstattung hatte das GPO 900 Leitungen vermietet. Der Telegraphendienst mit dem Festland ist durch einige neue hochwertige Verbindungen (z. B. 12-fach Tonfrequenz-Systeme London—Paris und London—Brüssel) verbessert worden. Auf dem Gebiet der Seekabel endlich werden u. a. erwähnt ein von der Western Union Telegraph Co. erprobter Pflug zum Einbaggern der Kabel in den Meeresgrund sowie Verbesserungen an Verstärkern und Empfangsgeräten. *But.*

DK 621.395.44

**Ein Zwölfkanal-Trägerfrequenzsystem für oberirdische Leitungen.** [Nach B. W. Kendall u. H. A. Affel, Bell Syst. techn. J. 18 (1939) S. 119; 24 S., 11 B.]

In den V. S. Amerika wird auf langen oberirdischen Leitungen in großem Umfang das Trägerfrequenzsystem der Type C angewendet, ein System, das außer dem niederfrequenten Gespräch gleichzeitig die Übertragung von weiteren drei trägerfrequenten Gesprächen ermöglicht. Etwa 100 000 km Freileitungslinien wurden bisher schon mit diesem System ausgerüstet und betrieben. Um den höheren Frequenzbereich dieser Leitungen noch auszunutzen, wurde ein neues Zwölfkanal-Trägerfrequenzsystem der Type J entwickelt, das ebenfalls für den Weitverkehr geeignet ist. Mit Hilfe dieser beiden Systeme können auf einer oberirdischen Leitung insgesamt 16 Fernsprechstromkreise betrieben werden. Das neue Zwölfkanal-Trägerfrequenzsystem, bei dem nur ein Seitenband übertragen und der Trägerstrom selbst unterdrückt wird, arbeitet in dem Frequenzbereich von 30 bis 140 kHz; für die Frequenzumsetzung werden Kupferoxydulgleichrichter benutzt. Bei einem Trägerabstand von 4000 Hz wird ein Frequenzband von 100 bis 3600 Hz übertragen. Die auf der niederfrequenten Seite zugeführten Sprachströme der 12 Kanäle werden zunächst in die Frequenzlage 60 bis 108 kHz gebracht, wobei jeweils das untere Seitenband ausgenutzt wird. Auf der Leitung wird in der Richtung West—Ost das Frequenzband 36 bis 84 kHz und in der Richtung Ost—West das Frequenzband 92 bis 140 kHz übertragen. Das Frequenzband der Grundgruppe 60 bis 108 kHz wird am Anfang der Leitung in zwei Modulationsstufen mit Hilfe der Trägerfrequenzen 340 und 484 kHz bzw. 340 und 308 kHz in die angegebene Frequenzlage verlegt und am Ende der Leitung in der gleichen Art wieder in die niederfrequente Lage zurückgebracht. Alle erforderlichen Trägerfrequenzen 64, 68 bis 108 und 308, 340 und 484 kHz werden durch entsprechende Vervielfachung aus der mit einem Stimmgabelsummer erzeugten Grundfrequenz von 4000 Hz gewonnen. Für die Übertragung dieser Frequenzen bis 140 kHz auf mehreren Doppelleitungen müssen erhöhte Anforderungen an den Leitungsbau gestellt werden, um die Nebensprechkopplungen zu verringern. Der Abstand der zu einer Doppelleitung gehörigen Drähte, der bisher vielfach noch 30 cm betragen hat, wird auf 20 cm herabgesetzt und der Abstand der Querträger untereinander vergrößert; außerdem werden die Leitungen nach neuen Richtlinien gekreuzt, die Kreuzungsstangen an bestimmten

<sup>1)</sup> Die deutschen Arbeiten auf demselben Gebiet werden nicht erwähnt.

genau einzuhaltenen Punkten aufgestellt und für gleichen Durchhang der beiden Drähte einer Doppelleitung gesorgt. Die nicht zu vermeidende Einschaltung von kurzen Zwischen- oder Einführungskabeln verursacht infolge der dadurch bedingten Stoßstellen Rückflüsse und zusätzliche Dämpfungen. Um die ungünstigen Einflüsse dieser Stoßstellen möglichst klein zu halten, wurden neue, für die Übertragung von Hochfrequenzströmen geeignete Kabel entwickelt, die mit kleinen Spulen in Abständen von rd. 180 m belastet den gleichen Scheinwiderstand wie die oberirdischen Leitungen in dem benutzten Frequenzbereich aufweisen; sie sind sternverseilt und haben eine Leiterstärke von 1,55 mm. Durch Isolierscheiben ist sichergestellt, daß der erforderliche gegenseitige Abstand der Adern eingehalten wird. Die Kapazität dieser Kabel ist sehr niedrig und beträgt 0,016  $\mu\text{F}/\text{km}$  gegenüber 0,038  $\mu\text{F}/\text{km}$  bei den gewöhnlichen Kabelleitungen; ebenso ist die Dämpfung in dem benutzten Frequenzbereich sehr gering (0,09 N/km bei 140 kHz). Bei schon vorhandenen Zwischenkabeln ist es oft auch wirtschaftlich, diese ohne Bepulung für die Type J zu verwenden und die dabei auftretenden wesentlich höheren Dämpfungen im Betrag von 0,3 bis 0,4 N/km bei 140 kHz mit in Kauf zu nehmen.

Während die Dämpfung von oberirdischen Leitungen im Frequenzbereich von 30 bis 140 kHz bei feuchtem Wetter um rd. 0,1 N/km zunimmt, ist dieser Dämpfungsanstieg bei Schnee- und Eisanhang an den Leitungsdrahten ganz beträchtlich stärker. Diesen schwankenden Dämpfungsverhältnissen wird dadurch Rechnung getragen, daß die Verstärkung der Zwischenverstärker entsprechend hoch bemessen wird (bei den in Entwicklung befindlichen neuesten Zwischenverstärkern nahezu 9 N). Bei den mit Pentoden ausgerüsteten dreistufigen Verstärkern wird die Gegenkopplungsschaltung in zweifacher Art angewendet. Die innere Gegenkopplung, die zwischen dem Gitter der ersten Stufe und der Anode der letzten Stufe vorgesehen ist, verringert vor allem die Verstärkung außerhalb des Übertragungsbereiches des Verstärkers; die äußere Gegenkopplung dagegen, die zwischen dem Vorübertrager der ersten Stufe und dem Nachübertrager der letzten Stufe angeordnet ist, vermindert die Verstärkung um 4,5 N, erhöht aber die Linearität des Verstärkers und gewährleistet bei zeitlichen Änderungen der Röhren und der Stromversorgungsspannungen eine weitgehende Konstanz der Verstärkung. In dem äußeren Gegenkopplungskreis sind auch die erforderlichen Entzerrerschaltungen untergebracht, deren Grundkurve dem längsten vorkommenden Leitungsabschnitt bei feuchtem Wetter entspricht; kürzere Leitungsabschnitte werden durch zusätzliche Einschaltung von Netzwerken entzerrt. Zur selbsttätigen Einstellung der erforderlichen, je nach der Witterung verschiedenen Verstärkung dient ein Steuerstrom von der Frequenz 84,1 kHz, die in der Mitte des zu übertragenden Frequenzbandes der Grundgruppe liegt; der Steuerstrom betätigt eine Relaisanordnung im Empfangsstromkreis des Zwischenverstärkers und regelt dadurch dessen Verstärkung mit einer Ansprechempfindlichkeit von 0,06 N. In einigen Bildern werden mehrere Entwicklungsstufen der Trägerfrequenzsysteme für Freileitungen gezeigt, darunter auch die neueste Stufe, mittels der es möglich ist, auf einer oberirdischen Linie mit 16 Doppelleitungen bis zu 256 Gesprächsverbindungen im Weitverkehr herzustellen. *Dll.*

Physik

DK 537-533.8

**Sekundär-Elektronenemission beim Beschuß mit energiereichen Ionen.** [Nach A. G. Hill, W. W. Buechner, J. S. Clark u. J. B. Fisk. Phys. Rev. 55 (1939) S. 463; 7 S., 6 B.]

Positive Ionen ( $\text{H}_1^+$ ,  $\text{H}_2^+$  und  $\text{He}^+$ ), mit einem elektrostatischen Generator bis zu 430 kV beschleunigt, treffen auf — nicht besonders weit entgaste — Metallflächen (Mo, Cu, Al, Pb); die dabei auftretende sekundäre Elektronenemission wird gemessen. Ionenquelle ist ein Glühkathoden-Bogen in einer Pyrex-Kapillare; aus einer engen Öffnung in der Säule treten die Ionen in das eigentliche Beschleunigungsrohr (13fache Spannungsunterteilung). ein. Elektrische Fokussierung gibt einen einstellbaren Strahlquerschnitt bei etwa 60  $\mu\text{A}$  Strahlstrom. Durch magnetische Ablenkung werden nur Ionen einheitlicher Geschwindigkeit in die Meßkammer geleitet, in der sie senkrecht auf die zu untersuchende Metalloberfläche auf-treffen. Nur bei den  $\text{He}^+$ -Ionen hoher Geschwindigkeit wurde

ohne magnetische Ablenkung gearbeitet. Die Anzahl der je auftreffendes Ion ausgelösten Sekundärelektronen zeigt Tafel I. Die Elektronen verlassen die Metalloberfläche durchweg mit Geschwindigkeiten unter 30 V. Die Abnahme der Sekundärelektronenausbeute mit steigender Ionenenergie — besonders ausgeprägt bei  $\text{H}_1^+$  — kann verstanden werden aus der Annahme, daß die Ionen in zu große Tiefe in das Metall eindringen, als daß die dort in Bewegung gesetzten Elektronen noch das Metall verlassen könnten; in den obersten Metallschichten wird die Wirksamkeit der Ionen aber vermutlich kleiner, wenn die Ionen diese Schichten sehr rasch passieren. Wegen weiterer Einzelheiten über Hochspannungs- und apparative Fragen muß auf die Originalarbeit verwiesen werden.

Tafel I.

Metall	Energie (kV)							
	43	78	107	142	213	284	355	426
Protonen								
Mo	—	4,10	3,77	3,27	2,76	2,35	2,18	2,01
Cu	—	3,88	3,61	3,41	2,90	2,52	2,44	2,21
Al	—	4,19	3,82	3,51	3,01	2,68	2,19	2,17
Pb	—	4,23	3,87	3,56	3,12	2,89	2,70	2,50
$\text{H}_2^+$ -Ionen								
Mo	—	6,31	6,59	6,40	6,19	5,56	5,45	—
Cu	—	6,68	6,64	6,45	6,26	6,30	5,71	5,60
Al	—	6,08	6,30	6,23	6,43	6,29	5,98	5,46
Pb	—	8,24	7,74	7,58	7,46	7,34	6,99	6,61
$\text{He}^+$ -Ionen								
Mo	11,1	12,8	13,3	13,9	14,1	14,3	14,3	14,1

M. Stb.

DK 534.1-16

**Mechanische Schwingungsentstörung.** [Nach Peter Davey, Electr. J. 36 (1939) S. 105; 4. S., 5 B.]

Neben bekannten und hier schon mehrfach besprochenen Mitteln zur Beseitigung mechanischer Schwingungen weist der Verfasser auf folgende bemerkenswerte Möglichkeit hin: Fundamente und Gebäude reagieren bei gleich großen schwingungserregenden Kräften verschieden stark, je nachdem die Erregung in waagerechter oder senkrechter Richtung erfolgt. Bei Kolbenmaschinen, insbesondere Einzylinder-Kompressoren, kann man mit Ausgleichgewichten ohne umständliche Hilfs-einrichtungen<sup>1)</sup> nur entweder die horizontalen oder die vertikalen Massenkräfte ausgleichen. Praktisch gelangt meist ein Mittelwert zur Ausführung. Bei eintretenden Schwingungsstörungen kann es daher Erfolg bringen, durch Vergrößern oder Verkleinern der Ausgleichgewichte jeweils die Komponente zu Null zu machen, auf die das Bauwerk am stärksten anspricht. Ferner erwähnt der Verfasser ein von ihm entwickeltes stroboskopisches Meßgerät zum Nachtarieren von Maschinen beliebiger Größe an Ort und Stelle. Vom Standpunkt der Baugrundforschung<sup>2)</sup> ist schließlich die in zwei Fällen beobachtete Tatsache interessant, daß Gebäudeschwingungen periodisch mit steigendem Grundwasser um bis zu 30% zunehmen. *Sfr.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 538(083.3)

**Zahl der unabhängigen Einheiten in der Lehre von den elektromagnetischen Erscheinungen.** [Nach Joh. Fischer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 282; 2 1/2 S., 0 B.]

P. Andronescu hat vor einiger Zeit<sup>3)</sup> die Behauptung aufgestellt, den Grundgleichungen der Elektrizitätslehre müsse eine „Universalkonstante“  $c$  beigegeben werden; in der Elektrizitätslehre seien daher 5 Einheiten willkürlich. J. Fischer sieht eine Widerlegung Andronescus in der Tatsache, daß die Universalkonstante nach den Grundgleichungen in einem eindeutigen Zusammenhange mit der Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum steht. Die Bewertung von  $c$  als einer unabhängigen Größe ist nach ihm gleichbedeutend mit einer willkürlichen Vernachlässigung dieses wichtigen Ergebnisses der elektromagnetischen Lichttheorie. *J. W.*

1) J. Geiger, Mechanische Schwingungen und ihre Messung, S. 201. Julius Springer, Berlin 1927.  
 2) A. Hertwig, G. Früh, H. Lorenz, Veröff. Inst. dtsh. Forsch. Ges. Bodenmech. T. H. Berlin, H. 1 (1933).  
 3) P. Andronescu, Arch. Elektrotechn. 30 (1936) S. 48; Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 24 (1938) S. 297.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

**Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)**

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

#### Ausschuß für Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu einer Neubearbeitung von

VDE 0252 „Vorschriften für umhüllte Leitungen“ ausgearbeitet, der in ETZ 61 (1940) H. 4, S. 82 veröffentlicht ist.

Ferner hat der Ausschuß einen Entwurf zu einer Neufassung des § 16 „Mittlere Gummischlauchleitungen“ von VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 4, S. 84 bekanntgegeben wird.

Begründete Einsprüche zu beiden Entwürfen sind bis zum 10. Februar 1940 an die Geschäftsstelle zu richten.

#### Ausschuß für Maschinen

Der Ausschuß für Maschinen hatte einen Entwurf zu VDE 0530 U „Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen“

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 1282 veröffentlicht war. Die hierauf eingegangenen Anregungen und Einsprüche sind ordnungsgemäß behandelt worden und haben zu einigen Änderungen und Ergänzungen geführt. Insbesondere ist für Wälzlager die Grenzerwärmung heraufgesetzt und für den Leistungsfaktor eine größere Toleranz festgelegt worden. Die sich hiernach ergebende Schlußfassung ist in ETZ 61 (1940) S. 84 veröffentlicht. Sie ist vom Vorsitzenden des VDE im Januar 1940 genehmigt worden und tritt am 1. Februar 1940 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung:

Viefhaus

#### Sonderdrucke von neuen VDE-Arbeiten

Bei der ETZ-Verlag GmbH. (Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus) sind nunmehr die Sonderdrucke der folgenden neuen VDE-Arbeiten zu den dabei genannten Preisen erhältlich:

VDE 0100e/IX. 39	„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V.“, 8. Änderung, gültig ab 28. September 1939	RM 0,10
VDE 0210e/X. 39	„Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“, 8. Änderung, gültig ab 1. Januar 1940	0,10
VDE 0210 Ub/X. 39	„Umstell-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“, 2. Änderung, gültig ab 1. Januar 1940	0,10
VDE 0250 K/XI. 39	„K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“, Erstfassung, gültig ab 7. Dezember 1939	0,10

VDE 0318a/IX. 39	„Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe“, 1. Änderung, gültig ab 1. November 1939	RM 0,10
VDE 0430/XI. 39	„Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke“, Neufassung, gültig ab 1. Januar 1940	0,70
VDE 0450/IX. 39	„Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke“, Neufassung, gültig ab 1. Januar 1940	0,40
VDE 0570a/X. 39	„Regeln für Klemmenbezeichnungen“, 1. Änderung, gültig ab 1. Januar 1940	0,10
VDE 0720 U/XI. 39	„Umstell-Vorschriften für Elektrowärmegeräte“, Erstfassung, gültig ab 1. Dezember 1939	0,10
VDE 0807/X. 39	„Vorschriften für galvanische Elemente und Batterien“, Neufassung, gültig ab 1. November 1939	0,10

#### Übersetzungen von VDE-Arbeiten

Die ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 — VDE-Haus, hat kürzlich die folgenden fremdsprachlichen Ausgaben von VDE-Bestimmungen herausgebracht, die zu den angegebenen Preisen bei ihr erhältlich sind:

Spanisch:		RM
VDE 0318/II. 38	„Leitsätze für Hartpapier- und Hartgewebe“ (Cuaderno 2038)	0,70
VDE 0410/X. 38	„Regeln für Meßgeräte (mit Erklärungen)“ (Cuaderno 2039)	0,70
Englisch:		
VDE 0101/XII. 37	„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber“ (Publication 3022)	1,40
W. Kaufmann:	„Die neuen Prüfvorschriften für Hochleistungsschalter“ aus ETZ 59 (1938) Seite 553 (Publication 3040)	0,70

#### Bezirk Berlin

**vorm. Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)**

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

#### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

- Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.  
26. 1. 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Umrichteranordnung für Umformung von Wechselstrom gegebener Frequenz in solchen höherer Frequenz“. 2. Teil. Vortragender: Dr. R. Jovy VDE.
- Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.  
1. 2. 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Ultrakurz- und Dezimeterwellentechnik. „Dezimeterwellen-Meßtechnik“. Vortragender: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

#### Sitzungskalender

- Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin.**  
30. 1. (Di), 17<sup>00</sup>, Ingenieurhaus: „Instandsetzungswirtschaft beim Heer“. Oberreg.-Rat Bobbert.
- Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien.**  
31. 1. (Mi), 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Konstruktive Maßnahmen bei der Planung elektrischer Maschinen und Apparate im Zeichen der Rationalisierung“ (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Grünwald.

## PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**P. Craemer.** — Am 28. Januar begeht der frühere Ministerialdirektor im Reichspostministerium, Herr Dr.-Ing. E. h. Peter Craemer VDE, der in Bückeburg im Ruhestand lebt, seinen 75. Geburtstag. Die ETZ hat bereits anlässlich des 70. Geburtstages über seine Lebensdaten berichtet<sup>1)</sup>. Seine Tätigkeit bei der Deutschen Reichspost ist für die Entwicklung des Fernmeldewesens von weittragender Bedeutung gewesen und hat auf wichtigen Gebieten und auf lange Sicht den Grund für die freie Entfaltung und Ausgestaltung des elektrischen Nachrichtendienstes gelegt. Wir brauchen nur an seine entscheidende Mitwirkung bei der Gründung des Reichspostzentralamts, die Neuorganisation des Telegraphenbadienstes und die Schaffung des Fernkabelnetzes zu erinnern. Auch heute noch ist er eng mit der Entwicklung seines alten Arbeitsgebiets verbunden. Als tätiges Aufsichtsratsmitglied der Deutschen Fernkabelgesellschaft und als Herausgeber des „Europäischen Fernsprechdienst“ verfolgt er mit Aufmerksamkeit die Fragen des großen inländischen und des internationalen Fernsprechdienstes und wirkt zu seinem Teile erfolgreich an ihrer Förderung mit. Möge ihm noch eine lange fruchtbringende Tätigkeit beschieden sein.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 537.52 : 621.3.015.33

**Elektrische Stoßfestigkeit.** Von Dr.-Ing. R. Strigel. Mit 291 Abb., X u. 317 S. im Format 165 × 235 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 28,50 RM, geb. 30 RM.

Auf dem Gebiet der Hochspannungstechnik ist in der letzten Zeit eine Reihe von Büchern erschienen, die sich die verschiedensten Aufgaben gestellt haben. Der Verfasser des vorliegenden Werkes hat ein Gebiet herausgeschnitten, das sich durch eine besonders große Fülle von Einzelveröffentlichungen auszeichnet, und hat dabei versucht, den in diesen Arbeiten enthaltenen wertvollen vielseitigen Stoff zu einem einheitlichen Ganzen zu ordnen und zusammenzuschweißen. Es sei schon jetzt vorweggenommen, daß man diese Aufgabe als gut gelöst bezeichnen kann.

Unter Ausscheidung von noch ungeklärten Fragen behandelt der Verfasser zunächst die physikalischen Grundlagen des Stoßdurchschlags in den verschiedenen Dielektrika und bringt dann ausführlich eine Reihe von Verfahren der Hochspannungsmesstechnik, die sich auf Stoßvorgänge anwenden lassen. Der Kathodenstrahloszillograph erfährt eine entsprechende Würdigung, ebenso die vielumstrittene Kugelmeßfunkenstrecke. Im Abschnitt „Hochspannungsmesstechnik“ finden auch die Stoßdurchschlagprüfungen eine eingehende Behandlung. Natürlich sind die in diesem Abschnitt behandelten Elektrodentypen nicht eigentlich für Stoßprüfungen, sondern für Hochspannungsprüfungen überhaupt von Bedeutung.

Im dritten Teil wird über praktisch wichtige Überspannungserscheinungen berichtet. Nach einem einleitenden Abschnitt über Gewitterüberspannungen werden die Erscheinungen auf Freileitungen und in Unterwerken behandelt und über Abhilfemaßnahmen gegen die Wirkungen von Überspannungen berichtet. Auch das Eindringen von Überspannungen in Maschinen und Transformatoren erfährt eine eingehende Würdigung.

Jeder, der das Buch liebt, wird aus ihm Anregungen für sein Arbeitsgebiet erhalten. Das ausführlich in Fußnoten gebrachte Schrifttum zeugt von der großen Sorgfalt, mit der der Verfasser versucht hat, das Gebiet möglichst erschöpfend zu behandeln. Viele Beiträge stammen vom Verfasser selbst, so daß auch dadurch das Buch noch an Gehalt gewinnt.

Dies alles und die gute Ausstattung empfehlen das Buch allen Fachgenossen.  
Harald Müller VDE.

DK 53

**Physik in Streifzügen.** Von Prof. Dr. H. Greinacher. (Verständliche Wissenschaft, Bd. 40.) Mit 64 Abb., VIII u. 176 S. im Format 125 × 190 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geb. 4,80 RM.

Aus einer Reihe von Aufsätzen in verschiedenen Zeitschriften ist dieses Buch entstanden, das sich nicht an den Fachgelehrten wendet, sondern an die große Zahl derer, die bei der

heutigen universellen Bedeutung der Physik auch etwas davon kennenlernen möchten, die sich aber Zeit und Mühe für ein Studium nicht nehmen können. Sie mögen in einem Mußviertelstündchen den einen oder andern Streifzug mit dem Verfasser mitmachen, und sie werden erfreut sein, wie geschickt sie geführt werden und wie ihnen in einfachster Fassung ein Einblick in so manche physikalische Erkenntnis nicht nur der älteren, sondern auch der neueren und neuesten Zeit geboten wird. Die 32 Aufsätze des Buches sind unabhängig voneinander und sind doch in ihrer Gesamtheit so geeignet zusammengestellt, daß sie vom Maß und Messen und den Potenzgesetzen angefangen bis zum Dualismus und den Verwandlungen einen Überblick über die physikalische Denkweise in den verschiedensten Teilgebieten zu geben vermögen. Der Wunsch des Verfassers, daß die kleine Sammlung Interesse und Verständnis für die physikalische Welt auch in weitere Kreise tragen möge, wird sicherlich in Erfüllung gehen.  
W. Bauer.

## EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

MSV-Jahrbuch der Galvanotechnik 1940. Herausgeber: Zeitschrift für Metall- und Schmuckwaren-Fabrikation sowie Verchromung, H. Leuze. Mit 170 S. im Format A 6. Verlag Eugen G. Leuze, Leipzig 1939. Preis kart. 1,30 RM.

[Im Jahrbuch für 1940 wird das Schwergewicht auf Winke zum Vermeiden von Fehlern gelegt. Im allgemeinen Teil ist ein Abschnitt über das Ohmsche Gesetz und seine rechnerischen Anwendungen hinzugekommen. Von den „Fortschritten der Galvanotechnik“ sei Glanzverzinken anstatt Vernickeln als Unterlage für die Verchromung erwähnt. Wertvoll ist auch der Bericht über die diesjährige Galvanotechnikertagung in den V. S. Amerika. Neu sind ferner die Abschnitte über das Färben von Magnesiumlegierungen und das Bondern (Bildung einer Phosphatschicht als Rostschutz) von Eisen und Stahl.]

K. A.

Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens 1938. Herausg.: Asociația Generală a Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică din România A. P. D. E. (Verband der Erzeuger und Verteiler elektrischer Energie in Rumänien). Mit 1 Plan, XXXII u. 202 S. im Format A 4. Zu beziehen durch das Zentralbüro der A. P. D. E. Cal. Victoriei 95, București III und durch die Sektion II. der A. P. D. E. Str. Brâncoveanu Nr. 1 Sibiu. 1939. Preis geh. 400,— Lei.

[Die Statistik bringt im ersten Teil die Spannungen und das Stromsystem von 565 mit elektrischer Arbeit versorgten Ortschaften. Im 2. Teil sind die Daten von 224 öffentlichen Elektrizitätswerken und im 3. Teil wissenschaftliche Angaben von 344 Anlagen angeführt. Der 4. Teil behandelt die elektrischen Straßenbahnen, während der 5. Teil Angaben über die Hochspannungs-Übertragungsleitungen aufweist. Der Textteil ist auch in deutscher Sprache verfaßt. Eine Übersichtskarte gibt Aufschluß über die Lage der Elektrizitätswerke sowie über den Stand der Hochspannungsfernleitungen.]  
Ths.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes

Prokurist K. Branditz, Düsseldorf, Gartenstr. 118a.  
Dr. A. Kuntze VDE, Düsseldorf-Bilk, Völklinger Str. 40.  
Dr.-Ing. C. Moerder VDE, Berlin-Karlshorst, Rheinstelnerstr. 68.  
Dr.-Ing. K. Schaudinn VDE, Wunsiedel, Kennnather Str. 35.  
Dipl.-Ing. G. Waltherr VDE, Essen, Defreggerstr. 10.

Abschluß des Heftes: 19. Januar 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
Stellvertretung:  
G. H. Winkler VDE  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 66.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

<sup>1)</sup> ETZ 56 (1935) S. 94.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 1. Februar 1940

Heft 5

## Neuere Erfahrungen mit kunststoffisolierten bzw. -ummantelten Leitungen und Kabeln

(Mittellung aus dem Kunststoff-Rohstoff-Laboratorium der I. G. Farbenindustrie A.-G., Ludwigshafen a. Rhein)

Von Heinrich Berger, Mannheim

**Übersicht.** Die Verbraucher von Leitungen und Kabeln wird es interessieren, zu erfahren, wie weit schon Erfahrungen mit kunststoffisolierten Leitungen und Kabeln vorliegen. Der folgende Aufsatz gibt den wesentlichen Inhalt von 4 Referaten wieder, die über obiges Thema am 17. 2. 1939 vor Fachmännern der deutschen Kabelindustrie auf Veranlassung der Reichsstelle für Wirtschaftsausbau in Ludwigshafen (Rhein) gehalten wurden, wobei über die Leitungsverwendung in Industrierwerken, bei der Reichspost und Reichsbahn berichtet wird.

### Einleitung

Seit einigen Jahren sind von der deutschen Kabelindustrie Versuche durchgeführt worden, an Stelle der bisher verwendeten Werkstoffe Kautschuk und Blei wenigstens zum Teil Erzeugnisse auf heimischer Rohstoffbasis zu verwenden. Einer dieser Austauschstoffe ist das Igelit, das in zwei Sorten auf dem Markt ist, als Igelit PCU und Igelit MP. Beides sind Polymerisate auf Vinylchloridbasis. Die Igelite besitzen eigenartige physikalische und chemische Eigenschaften, die sie für die oben erwähnten Zwecke geeignet machen.

Grundaufgabe bei der Anwendung von Igeliten für die Elektroindustrie ist die Erzielung hoher Wärmebeständigkeit mit geringer Verformung bei Wärmebeanspruchung, hinreichender Kältefestigkeit und möglichst gutem elektrischen Verhalten. Die Erfüllung dieser Forderungen gelingt nicht ohne weiteres und rechtfertigt Bedenken, wenn Igelit in Wettbewerb mit anderen bewährten Kabelbaustoffen treten soll.

Bereits im Jahre 1938 hat H. Beck<sup>1)</sup> Ausführungen über die Verwendung nicht härtpbarer Kunststoffe für die Zwecke elektrischer Isolation veröffentlicht, die im folgenden durch neuere Erfahrungen beim Einsatz kunststoffisolierter und -ummantelter Leitungen erweitert werden.

### 1. Erfahrungen an „Igelit“-Leitungen in Ludwigshafen<sup>2)</sup>

#### a. NGA-ähnliche Leitungen

Die bisher eingesetzten NGA-ähnlichen Leitungen besitzen eine *homogene Umpressung* in einer Schicht aus Igelitmasse. Sie wurden für Licht- und Kraftleitungen bis 500 V, in der Regel in Stahlrohren, aber auch als Verdrahtung von Schalttafeln und Geräten verlegt. Alle diese Leitungen sind bisher ohne Beanstandungen in Betrieb. Wegen ihrer glatten Oberfläche, ihres geringeren Durchmessers, der raumsparend ausgenutzt werden kann, der

DK 621.315.211.004.14 : 621.315.616.9  
bequemen Abmantelung und einfachen Klemmarbeit (ohne Verzinnen verwendbar) werden sie von den Installationsmeistern bevorzugt. Bemerkenswert ist ein Erfahrungsfall mit der Verdrahtung eines Anschlußkastens für einen elektrischen Ofen. Der Kasten erreichte beim Betrieb des Ofens Temperaturen von rund 100 °C. Die Igelitmasse, die anfangs honigfarben lichtdurchlässig war, wurde im Betrieb allmählich dunkelfarbig, ohne aber ihre Betriebstüchtigkeit zu verlieren. Insbesondere wurden die oft vorausgesagten Korrosionserscheinungen nicht beobachtet.

Einige Firmen glaubten, zur Verhinderung von Durchlagerungen die Igelitumpressung durch eine *Garnbeflechtung* schützen zu sollen. Gegen eine solche Ausführung ist nichts einzuwenden. In einem Falle wurde aber zwischen Igelitumpressung und Beflechtung eine Glashautbebänderung gelegt; da nun die getränkte Beflechtung nicht mehr genügend auf der glatten Igelitoberfläche haftete, traten beim Einziehen derartiger Leitungen Schwierigkeiten auf, indem sich die Beflechtung zurückschob. Die Glashautbebänderung an dieser Stelle kann demnach nicht als günstige Lösung angesprochen werden.

Auf Grund der Erfahrungen sollte man igelitumpreßte Leitungen mehr als bisher für Schalt- und Steuerleitungen, für die die Verwendung von NGA-Leitungen nicht ausdrücklich vorgeschrieben ist, heranziehen. Diese Art von Leitungen, die hohen Dauererwärmungen kaum ausgesetzt sind und vielfach offen verlegt werden, sind zweifellos in Igelitausführung den gummiisolierten Leitungen überlegen. Ihre Ölfestigkeit, Unentflammbarkeit und ihre praktisch unbegrenzte Lebensdauer sind besondere Vorzüge. Mit Auswechselungen, die bei gummiisolierten Leitungen infolge Alterung der Isolation erforderlich werden, braucht bei Igelitisolierung nicht gerechnet zu werden. Sollten Bedenken hinsichtlich des Isolationswiderstandes bestehen, so kann entsprechend neueren Ausführungen eine Verbesserung dadurch erzielt werden, daß der blanke Leiter zunächst eine Bebänderung mit Folien erhält und darüber die Igelitmasse umpreßt wird. So kann Igelit zur Ersparnis von Naturkautschuk oder Buna bei derartigen Leitungen eingesetzt werden.

#### b. Schaltdrähte

Ähnlich liegen die Dinge bezüglich igelitisolierter Schaltdrähte für Fernmeldezwecke. Diese wurden im Fernsprechtbetrieb ebenfalls praktisch erprobt und haben in keiner Weise zu Störungen Anlaß gegeben. (S. a. die Erfahrungen der Reichspost unter Abschnitt 3.)

<sup>1)</sup> VDE-Fachber. 10 (1938) S. 120.

<sup>2)</sup> Den folgenden Ausführungen liegt ein Referat von Herrn Dipl.-Ing. H. Beck zugrunde.



### c. Feuchtraumleitungen

Bei der Feuchtraumleitung kann Kunststoff in mehrfacher Hinsicht genommen werden, und zwar sowohl als Isolierstoff als auch als Ummantelung wie auch für beides. Es wurden zunächst hauptsächlich solche Feuchtraumleitungen eingebaut, bei denen Igelit als Mantelbaustoff diente. Dank dem Entgegenkommen der Lieferfirmen sind jedoch auch größere Mengen von Feuchtraumleitungen entwickelt worden, die vollständig gummi-frei sind und nur unter Verwendung von Igelit MP hergestellt wurden. Die mit derartigen Leitungen insgesamt gemachten Erfahrungen sind folgende:

Igelitisierte Feuchtraumleiter verhalten sich ebenso günstig, wie oben bei Igelitleitungen der NGA-Bauart allgemein geschildert wurde. Solange ein ordentlich hergestellter Blechmantel vorhanden ist, unterscheiden sich die Leitungen in keiner Weise unvorteilhaft von den üblichen Ausführungen. Insbesondere liegen keine Berichte über Verformung der Isolation durch Schellendruck und Dichtungsmuffen vor.

Aus Patentgründen gibt es eine ganze Reihe von Konstruktionen für den Blechmantel, darunter auch solche, die beim Verlegen einige Schwierigkeiten machen. Um möglichst viele verschiedene Fabrikate kennenzulernen, wurden auch solche in den Kreis der Erprobungen einbezogen. Alle diese Leitungen besaßen als äußere Schutzhülle eine Igelitumpressung. Bei einer solchen Leitung ist es vorgekommen, daß während der Verlegung in der kalten Jahreszeit in ungeheizten Räumen bei scharfen Biegungen der Igelitmantel einriß. Ungeeignete Mischungszusammensetzung und ungeschickte Verlegung wurden hierbei als Schadensursache festgestellt. Da der Igelitmantel außen lag, konnte bei dieser Leitung der Schaden sofort erkannt und behoben werden.

Die jetzigen Bauarten mit getränkter Papierbandumwicklung und Garnbeflechtung erfüllen in den meisten Fällen durchaus ihren Zweck. Durch Umpressung mit Igelit kann eine weitere Erhöhung der Korrosionsfestigkeit erzielt werden. Der Igelitmantel ist glatt und verleiht der Leitung ein besseres Aussehen; er kann hellfarbig hergestellt werden, so daß die Installation insgesamt einen schöneren Eindruck macht, was unter Umständen für Betriebe der Lebens- und Genußmittelbranche von Bedeutung ist. Feuchtraumleitungen mit glattem Igelitmantel wurden in Werkbetrieben vielfach verlegt und haben den Anforderungen voll entsprochen.

### d. Igelit-Kabel

Außer den bisher beschriebenen Drähten sind auch noch Kabel (Erdkabel) auf Igelitbasis verlegt worden. Fehler sind bisher nicht vorgekommen. Ob ein vollwertiger Ersatz für Bleikabel gefunden ist, vermag allerdings erst die fernere Zukunft zu lehren. Die Kabel wurden seit 1938 meistens so eingebaut, daß die Erzeugnisse verschiedener Hersteller beieinander liegen, so daß Rückschlüsse auf etwaige Vorteile der einen oder anderen Bauart gezogen werden können.

Bei der Ausführung mit igelitumpreßter Ader sind Berechnungen und Versuche über die thermische und dynamische Beanspruchung im Kurzschlußfall angestellt worden, wodurch vorhandene Bedenken zerstreut werden konnten.

Bei Verlegung im Erdreich ist wegen der in der chemischen Industrie vielfach vorhandenen stark angreifenden Böden mit außerordentlichen Gefahren zu rechnen. Es wird beinahe regelmäßig festgestellt, daß Bleikabel durchgefressene Bleimäntel aufweisen. Frühzeitig wurde daher die Frage eines verbesserten Säureschutzes studiert. Hier besteht nun die durchaus begründete Hoffnung, durch eine Igelitumkleidung Abhilfe schaffen zu können. Ob diese Umkleidung in Form einer homogenen Umpressung oder einer Umwicklung mit Bändern vorgenommen wird, ist vermutlich von geringer Bedeutung. So

ausgerüstete Kabel mit geschwächtem Bleimantel werden daher bereits regelmäßig verwendet. Auf Grund der guten Erfahrungen mit bleimantellosen Kabeln sollte, wenigstens im Rahmen des von der Reichsstelle beabsichtigten Versuchsprogramms, die Erdverlegung von bleilosen Kunststoffmantelkabeln in größerem Umfange durchgeführt werden.

### 2. Erfahrungen in Bitterfeld

Im folgenden sei nun über Erfahrungen an bestimmten Leitungsarten in Bitterfeld berichtet<sup>3)</sup>. Die dort verlegten Leitungen wurden vor einiger Zeit der Wärmedruck-, der Alterungs- und der Kälteprüfung nach VDE 0285 unterzogen. Die Wärmedruckprüfung ergab ein Wegdrücken der Aderisolation um 25 bis 30 % gegenüber dem zulässigen Wert von 50 %. Die Alterungsprüfung hatte eine Zugfestigkeit der Leiterisolation von etwa 170 kg/cm<sup>2</sup> gegenüber dem zulässigen Wert von 50 kg/cm<sup>2</sup> zur Folge. Die Kälteprüfung gibt einen ausreichenden Wert von  $-5$  bis  $-7^{\circ}\text{C}$  (VDE-Wert  $-5^{\circ}\text{C}$ ). Dagegen betrug der Isolationswert

nach 24 Std. Wasserlagerung bei  $20^{\circ}\text{C}$  . . . 2 M $\Omega$ /km  
 nach 24 Std. Wasserlagerung bei  $20^{\circ}\text{C}$  und  
 nach  $\frac{1}{2}$  Std. Wasserlagerung bei  $60^{\circ}\text{C}$  etwa 50 000  $\Omega$ /km.

Der letzte Wert war der einzige, der den VDE-Bestimmungen nicht entsprach; der VDE-Wert hätte sich jedoch durch eine Papierumflechtung der Leiter erreichen lassen. Die Verlegung erfolgte in trockenen Räumen, z. B. im Metall-Laboratorium, der Formgießerei und der Presserei der Leichtmetallfabrik Bitterfeld.

Im Frühjahr 1938 wurde auch ein 200 m langes Kunststoffkabel von  $3 \times 6 \text{ mm}^2$  als Zuleitungskabel zu einem Lichtmast im Freien in der Erde verlegt, obwohl das Kabel nur zur Verlegung in trockenen Räumen bestimmt war. Sein Aufbau ist folgender: Adern etwa 0,8 mm stark mit Igelitmasse umspritzt, darüber Papiermantel, Kunststoffmantel (etwa 1 mm stark), mehrere mit Bitumen getränkte Papierlagen, schließlich die Eisenbandbewehrung. Die genannten Leitungen haben, wie bereits erwähnt, bis heute keine Schwierigkeiten gemacht. Eine Beschädigung durch Biegen und Knicken beim Verlegen oder ein Durchlagern der Isolation ist nicht vorgekommen; dies hätte sich sonst unbedingt, wenigstens durch vereinzelte Störungen, bemerkbar machen müssen.

Bedenken bleiben dagegen noch darüber bestehen, ob die Haltbarkeit und Betriebssicherheit auch in längeren Zeiträumen, also in 5 oder 10 Jahren und darüber, erhalten bleibt und ob durch eine dauernde Belastung mit der höchstzulässigen Stromstärke oder in besonders warmen Räumen Störungen auftreten werden. Von mancher Seite wird befürchtet, daß mit der Zeit eine Versprödung der Leitungen infolge langsamer Verflüchtigung des Weichmachers auftreten könnte. Die Alterungsprüfung der VDE-Vorschrift 0285 ist allerdings so streng, daß eine Alterungsneigung dabei eigentlich zutage treten müßte. Die im folgenden angegebenen Erfahrungen bestätigen das günstige betriebliche Verhalten der Leitungen.

Eine im Winter 1935 verlegte igelitisierte Leitung, die dauernd in Betrieb gewesen war, wurde ausgebaut. Es war keinerlei Versprödung eingetreten. Bemerkenswert ist weiter, daß der Aluminiumleiter in keiner Weise angegriffen war. An anderen seit 1937 in Betrieb befindlichen Kunststoffleitungen zeigt sich ebenfalls keine Versprödung; sie entsprechen noch der Wärmedruck- und Kälteprüfung nach VDE 0285, wobei sich praktisch dieselben Werte wie bei Neuverlegung ergeben. Eine Verflüchtigung des Weichmachers ist demnach nicht eingetreten. Dabei war die hier in Betracht kommende NGA-ähnliche Leitung von  $1,5 \text{ mm}^2$  in einem betriebsmäßig etwa  $40^{\circ}\text{C}$  warmen Raum eingebaut. Eine andere NGA-ähnliche Leitung mit  $4 \text{ mm}^2$  diente zum Anschluß von Kaloriferen und war während der Heizperioden 1937/38 und

<sup>3)</sup> Gekürzte Wiedergabe nach einem Referat von Herrn Dr. Schuuck, Bitterfeld.

1938/39 dauernd mit 15 A belastet; sie zeigte ebenfalls keine Störungen. Ein Durchdrücken der Isolation ist an keinem der ausgebauten Leitungsstücke wahrnehmbar. Der Leiter sitzt immer noch zentrisch zur Isolationshülle.

Es ist nach diesen Feststellungen wahrscheinlich, daß sich die igelitisolierten Leitungen auch in längeren Zeiträumen ebenso gut oder bezüglich der Alterungsbeständigkeit vielleicht sogar noch besser verhalten werden wie gummiisierte Leitungen. Um dies noch genauer festzustellen, sind in den Laboratorien in Bitterfeld Dauerversuche begonnen worden, bei denen mittels Heiztransformatoren sowohl igelitisolierte als auch zum Vergleich gummiisierte Leitungen teils mit der normalen VDE-mäßigen Belastung, teils mit darüberliegenden Belastungen erprobt werden sollen. Hier können dann Belastung, Erwärmung u. a. auf lange Zeit dauernd verfolgt werden.

Ein ähnlicher Versuch wurde bereits im September 1937 angestellt. Damals wurde eine anthygronähnliche Leitung von  $4 \times 2,5 \text{ mm}^2$  für eine normale Strombelastung von 15 A mit etwa 30 A 8 bis 10 Tage lang belastet, wobei etwa  $60^\circ \text{C}$  erreicht wurden, ohne daß irgendwelche Beschädigungen oder Verlagerungen der Adern eintraten. Die Bitumentränkung der Mischgarnbeflechtung wurde bei dieser Belastung natürlich schon ziemlich flüssig.

Es ist bekannt, daß der Isolationswiderstand der igelitisolierten Leitungen wesentlich niedriger liegt als bei Gummiisolation und insbesondere bei höheren Temperaturen stärker absinkt. Wie bereits oben angegeben wurde, hat sich bei den in Bitterfeld verlegten Leitungen der nicht vorschriftsmäßige Isolationswiderstand für  $60^\circ \text{C}$  jedoch nicht störend bemerkbar gemacht. Insbesondere bewirkt er keine zusätzliche Erwärmung der Isolationschicht. Eine NGA-Leitung von  $2,5 \text{ mm}^2$  Querschnitt kann mit 15 A dauernd belastet werden. Ihr Widerstand ist etwa  $7 \Omega/\text{km}$ . Die ohmsche Belastung beträgt demnach  $1575 \text{ W/km}$ .

Die zusätzliche Belastung der Isolationschicht durch den Ableitungsstrom beträgt bei 500 V und  $50\,000 \Omega/\text{km}$  Isolationswiderstand 5 W, also nur 0,33 % des erstgenannten Wertes. Der Ableitungsstrom beträgt dabei 10 mA/km, wobei die Leitung in einem so warmen Raum liegt, daß eine Leitertemperatur von  $60^\circ \text{C}$  erreicht wird. Durch eine Leiterlackierung o. a. könnte der Isolationswiderstand beträchtlich erhöht werden.

### 3. Erfahrungen der Reichspost

Auch bei der Deutschen Reichspost liegen schon Erfahrungen über igelitisolierte Leitungen vor<sup>4)</sup>.

#### a. Fernmeldedrähte

Die ersten Versuche mit kunststoffisolierten Fernmeldedrähten und -kabeln wurden bei der Reichspost schon vor mehreren Jahren in Angriff genommen. Nach anfänglichen Mißerfolgen, die hauptsächlich auf ungenügende elektrische und thermische Eigenschaften der Kunststoffe zurückzuführen waren, gelang es, geeignete Drahtmuster mit Kunststoffisolierung zu entwickeln. Soweit sich auf Grund der laboratoriumsmäßigen Untersuchungen beurteilen ließ, genügten die neuen Austauschleitungen allen nach dem heutigen Stand der Technik billigerweise zu stellenden Anforderungen. Die Deutsche Reichspost trug daher keine Bedenken, zu Betriebsversuchen größeren Umfangs überzugehen.

Die Prüfung der Leitungen erstreckte sich auf die elektrischen Eigenschaften, auf die Feststellung der Entflammbarkeit, Wärmedruckfestigkeit, Kältebeständigkeit, chemische Eigenschaften und Verarbeitbarkeit des neuen Werkstoffes (Verlötbarkeit u. a.). Die Ergebnisse der Prüfungen ließen erkennen, daß die Kunststoffmischung auf der Grundlage von Igelit PCU den Anforderungen am nächsten kommt.

Im Jahre 1936 wurde die Frage der betriebsmäßigen Verwendbarkeit von Mipolamdrähten durch einen kurzfristigen Vorversuch geklärt. Der Draht wurde für Schaltungen in Haupt- und Zwischenverteilern von Wählerämtern, ferner als Steigeleitung unter Benutzung der Unterputzrohre, als Zimmerleitung von Sprechstellen bei verdeckter Führung in Isolierrohren und als Schaltaht in Kabel- und Linienverzweigungen an Stelle von Gummidraht verwendet. Die Ergebnisse waren günstig. Daraufhin wurden im Oktober 1937 versuchsweise weitere Mipolamdrähte eingesetzt. Als einziger Nachteil wurde zunächst bemerkt, daß die etwas steife Mipolamisolierung eine leichte Federung des Drahtes beim Auslegen verursacht. Insgesamt wurden aber folgende Feststellungen gemacht.

Die mechanischen Eigenschaften sind ausreichend, die Farben gut erkennbar; die Drahtführung hat ein gefälliges Aussehen. Der Draht hat die beim Lötten verursachte Hitzeeinwirkung gut ausgehalten; das Abisolieren ist einfach und weniger zeitraubend als bei anderen Drähten. Auf Alterung zurückzuführende Änderungen des Kunststoffes sind bis jetzt nicht beobachtet worden; der Draht behält seine Elastizität und zeigt bis jetzt keine Neigung zum Bruchigwerden.

Nachdem diese günstigen Ergebnisse vorlagen, wurden die Betriebsversuche auf eine größere Basis gestellt. Bei ihrer Inangriffnahme wurde jedoch von den Fernmelde-, Apparate- und Amtsbaufirmen zum Ausdruck gebracht, daß sich gewisse Nachteile der Igelite im Betriebe auswirken könnten, wobei auf die Korrosionsgefahr und auf die Alterung hingewiesen wurde. Diesen Nachteilen seien aber auch die Vorteile der neuen Austauschdrähte gegenübergestellt: Unentflammbarkeit der Igelite, Wegfall der Leiterlackierung, Fortfall der äußeren Faserstoffumhüllung und Ersparnis der Wachs-, Paraffin- oder Ceresinränkung.

Um in der Zwischenzeit weitere Erfahrungen mit wärmeplastischen Kunststoffen sammeln zu können, sind die Versuche fortgeführt und größere Längen von Mipolam-, Protodur-, Wahnifild- und Isynthadrähten in Betrieb genommen worden. Eingehende Erfahrungsberichte liegen zur Zeit noch nicht vor, werden aber in den nächsten Monaten erwartet.

Zusammenfassend ist zu bemerken, daß den mit Igelit PCU isolierten Drähten voraussichtlich ein weites Anwendungsgebiet eröffnet werden kann. Ihr Einsatz in Fernmeldeanlagen ist unbedenklich schon heute möglich. Jedoch werden bestimmte Anwendungsgebiete den bun-, oppanol- und vinifolisolierten Drähten vorbehalten bleiben, ebenso den KKL-, LKKL- und LUL-Drähten, wie die inzwischen fortgeschrittene Entwicklung erkennen läßt.

#### b. Fernmeldekabel

Beim Einsatz von igelitisolierten Kabeln war die Aufgabe gestellt, den Bleimantel durch einen wärmeplastischen Kunststoffmantel auszutauschen. Da jedoch im Bereiche der Deutschen Reichspost mit ganz kurzer Frist der Bleimantel bei den wenigadrigen Innenkabeln (mit bis 22 Adern) eingespart werden sollte, andererseits aber die wärmeplastischen Kunststoffe als Werkstoff für die Ummantelung mit feuchtigkeitsicherem Schutz noch nicht verwendbar waren, mußte hier eine andere Lösung Platz greifen. Für die wenigadrigen Innenkabel sind daher die Rohrdrähte und wettersicheren Rohrdrähte eingeführt worden. Um aber auch bei den vieladrigen Innenkabeln (mit bis zu 200 Adern) den Bleimantel ganz einsparen zu können, hat die Reichspost verschiedene Versuchskabel mit Mänteln aus wärmeplastischen Kunststoffen herstellen lassen, die eingehend erprobt werden sollen.

Ein PCU-Mantelkabel mit 100 Adern ist vor kurzem abgenommen worden. Bezüglich der Feuchtigkeitsaufnahme wurde, wie erwartet, festgestellt, daß der PCU-

<sup>4)</sup> Wiedergabe nach einem gekürzten Referat von Herrn Postrat Kotlischke, Reichspostzentralamt.

Mantel feuchtigkeitsdurchlässig ist. Dagegen nimmt die Aderisolierung keine Feuchtigkeit auf. Das Versuchskabel wird nunmehr unter betrieblichen Bedingungen erprobt und beobachtet werden. Es besteht die Hoffnung, daß die Ergebnisse günstig ausfallen, so daß ein weiterer Schritt zum Einsparen von Blei möglich ist.

#### c. Isolierschläuche

Im Zusammenhang mit den Drähten und Kabeln soll noch auf die Isolierschläuche aus Igelit hingewiesen werden, weil die Schläuche als Abschlußmittel für die Enden faserstoffisolierter Drähte und Kabeladern benötigt werden. Außerdem werden in Gestellen freitragende Drahtverbindungen durch Überziehen mit Isolierschläuchen geschützt. Die bisherigen Erfahrungen sind im allgemeinen günstig, jedoch werden noch die unzureichende Kältebeständigkeit und die zu hohe Dehnbarkeit bemängelt. In letzter Zeit ist eine wesentliche Verbesserung der Schläuche zu verzeichnen.

#### 4. Erfahrungen der Deutschen Reichsbahn<sup>5)</sup>

Die Arbeiten für den Einsatz von polymeren Kunststoffen auf dem Gebiet der Kabel und Leitungen bei der Deutschen Reichsbahn begannen im Jahre 1935. Zunächst wurde der Möglichkeit der Bleiersparnis auf dem Gebiet der Kabel und kabelähnlichen Leitungen besonderes Augenmerk geschenkt. Daraus ergab sich im Jahre 1937, als die ersten Erfahrungen über die Verarbeitung und Prüfung vorlagen, daß sich polymere Kunststoffe, wie Igelit, mit Erfolg für sogenannte und heute unter dieser Bezeichnung vom VDE typisierte Innenraumkabel verwenden lassen. Die fühlbar gewordene Lücke zwischen Rohrdrähten nach Art der NRA- und NRU-Leitungen (VDE 0250 U) und Papierbleikabeln (VDE 0260 U) bei großen Leiterquerschnitten ist bekanntlich zu Beginn dieses Jahres durch die Innenraumkabel (VDE 0270 U) geschlossen worden, wobei die Verwendung von Kunststoffen vorgesehen ist.

Die Deutsche Reichsbahn erprobt an Starkstromkabeln nebeneinander im Rahmen des Versuchsplanes gegossene, elektrolytfreie Folien und umpreßte Hüllen oder gewalzte Bänder. Hierbei galt es, die erfaßbaren Fehlermöglichkeiten von vornherein auszuschalten. Zunächst mußte die Verwendung von Igelit an falscher Stelle vermieden werden. Voraussetzung für möglichst große Güte ist heute, wo es Prüfvorschriften für den Grundstoff gibt, die gleichbleibende Eigenschaften des Igelits gewährleisten, daß Igelithüllen oder -mäntel nur mit geeigneten neuzeitlichen Maschinen hergestellt werden.

Die Versuche erstreckten sich auf Kabel und Leitungen für Stark- und Schwachstrom. Über letztere wird zu gegebener Zeit von anderer Stelle Näheres berichtet werden. Auf dem Starkstromgebiet sind schon seit 1936 bewegliche Schaltleitungen mit Querschnitten von 2,5, 16 und 25 mm<sup>2</sup> beim Elektrotechnischen Versuchsamt der Reichsbahn in Gebrauch. Diese Leitungen tragen einen Mantel aus Polyvinylchlorid, der seine mechanischen Aufgaben bisher zur Zufriedenheit erfüllt hat. Wie aber schon in den VDE-Fachberichten von 1938 angegeben wurde, sind derartige Leitungen nicht allgemein verwendbar, zumal bei beweglichen und ähnlichen Leitungen alle Bedingungen mechanischer und elektrischer Art besser und zuverlässiger durch Hülle und Mantel aus Buna erfüllt werden. Die Ozonfestigkeit des Igelits ließ den Versuch zweckmäßig erscheinen, an Stelle eines Gummikabels von 95 mm<sup>2</sup> Querschnitt ein kautschukfreies Kabel mit Kunststoffmantel für 15 kW Übertragungsleistung bei

elektrischen Lokomotiven der Baureihe E 60 als Zuleitung vom Versuchsschalter zum Umspanner zu erproben. Die damit ausgerüsteten beiden Lokomotiven versehen seit dem Herbst 1937 ohne Beanstandungen ihren Dienst. Von dem gleichen Kabel wird ein 80 m langes Stück im Elektrotechnischen Versuchsamt erprobt.

Die Möglichkeit der Bleiersparnis bei 1kV-Kabeln für Erdverlegung durch Verwendung von Kunststoff wird noch geprüft. Diese bleiarmer oder bleilosen Kabel haben die Aufgaben der bisher an ihrer Stelle dienstuenden Papierkabel, die parallel dazu vorerst liegenbleiben, übernommen und sind, wenn auch nur zum kleinen Teil, seit Ende 1936 in Betrieb. Schäden oder Betriebsstörungen traten bisher nicht auf. Es versteht sich von selbst, daß die Versuchskabel laufend auf eine Veränderung ihrer elektrischen Werte überwacht werden. Auch besteht die Absicht, zur genaueren Untersuchung in späterer Zeit Stücke von den verlegten Kabeln abzuschneiden. Die Druckbeständigkeit eines Kunststoffmantels wurde dadurch praktisch erprobt, daß das Kabel mittels Schellen verschiedener Bauart an der Decke eines D-Zug-Gepäckwagens festgemacht, so auf die Reise geschickt und Erschütterungen ausgesetzt wurde.

#### Zusammenfassung

Die bisherigen Erfahrungen zeigen Einsatz und Brauchbarkeit von Igeliten in der Kabelindustrie, wobei sich eine Reihe werkstoffbesonderer Vorteile ergaben. Die Prüfungen an ausgebauten, betriebsmäßig beanspruchten Leitungen zeigten, daß die Bedingungen von VDE 0285 bis auf den zu geringen Isolationswiderstand nach 24-stündiger Wasserlagerung bei erhöhter Temperatur eingehalten werden. Aber auch durch den zu niedrigen Isolationswert wurden keinerlei Betriebsstörungen hervorgerufen. Ferner ergab sich bei den ausgebauten Leitungen, daß das Igelit an dem metallischen Leiter keine Korrosion hervorgerufen hatte und daß eine Alterung nicht festzustellen war.

Für Schaltdrähte und Steuerleitungen kommt die Igelitisolierung bereits heute als vollwertiger und leistungsfähiger Isolierstoff in Betracht. Für Feuchtraumleitungen wird der Vorschlag gemacht, die Isolierung der Drähte mit Gummi oder Buna vorzunehmen und einen Igelitmantel als äußeren Schutz aufzuspritzen. Bei sauren Böden sind Igelitkabeln den Bleikabeln überlegen; wegen der Wasserdampfdurchlässigkeit des Igelits wird zweckmäßig ein dünner Bleimantel angewendet und der mechanische Schutz des Kabels durch einen entsprechend aufgebauten Igelitmantel erreicht.

Auf Grund der bei den Industrierwerken, der Reichspost und der Reichsbahn gesammelten Erfahrungen kann natürlich noch kein endgültiges Urteil abgegeben werden. Es ist noch verfrüht, allgemeine Zulassungen in der Form von VDE-Vorschriften auszusprechen. Immerhin muß jedoch der Weg für diejenigen Verbraucher, die an diesen Neuentwicklungen interessiert sind, grundsätzlich geöffnet und mehr als bisher verbreitert werden. Insbesondere sollten im Rahmen des beabsichtigten Versuchsplanes weitere Verbraucherkreise mit den neuen Bauarten bekanntgemacht werden. Es ist auch zu hoffen, daß bei einer regelmäßigen Herstellung igelitisolierter Leitungen eine Vertiefung der Erfahrungen in Konstruktion, Herstellung und Verlegung sowie eine Preissenkung erzielt wird.

Dem werkstoffgerechten Einsatz der Igelite stehen keine Schwierigkeiten mehr im Wege, und es ist zu wünschen, daß dieser heimische Werkstoff überall da, wo seine guten Eigenschaften mit Erfolg verwertet werden können, in steigendem Maße eingesetzt wird.

<sup>5)</sup> Gekürzte Wiedergabe nach einem Referat des Herrn Baurat G. A. Ludendorff.

# Ein einfaches Kreisdiagramm für den doppelt erregten magnetischen Kreis

Von Franz Unger VDE, Braunschweig

DK 621.3.012.2

**Übersicht.** Die bisherigen sogenannten „genauen“ Kreisdiagramme erfordern eine verhältnismäßig umständliche mathematische Behandlung. Dabei führen sie zu mathematischen Ausdrücken, die vom physikalischen Standpunkt aus wenig durchsichtig sind und daher Schwierigkeiten bereiten, wenn man verwickelte Vorgänge behandeln will. Dabei ist noch zu bedenken, daß infolge der Eisensättigung jedes Kreisdiagramm nur sehr angenähert benutzt werden darf. Für jede genauere Behandlung ist es nötig, den verschiedenen Sättigungszuständen entsprechend verschiedene Kreise aufzuzeichnen, von denen immer nur genau genommen ein Punkt als Punkt der wirklichen Arbeitskurve gilt<sup>1)</sup>. Aufgabe des Folgenden ist die Aufstellung eines einfachen und doch möglichst genauen Kreisdiagrammes, das als Grundlage für die erwähnte Kreisschar benutzt werden kann.

Transformator und Induktionsmaschine stellen einen doppelt erregten magnetischen Kreis dar, wenn sie belastet sind. Im Leerlauf ist der Kreis nur einfach erregt. Es müssen daher Leerlauf und Belastung grundsätzlich unterschieden werden.

Im Leerlauf fließt nur in der Primärwicklung ein Leerlaufstrom  $I_0$ , der sich bekanntlich aus Magnetisierungsstrom  $I_\mu$  und Eisenverluststrom  $I$  rechtwinklig zusammensetzt. Die Magnetisierungskomponente  $I_\mu$  erregt den Wechselfluß  $\Phi$ , welcher in beiden Wicklungen elektromotorische Kräfte induziert. Da der Sekundärkreis offen ist, braucht nur der Primärkreis betrachtet zu werden, in welchem die Netzspannung  $U_1$  der EMK  $E_0$  und den Spannungsabfällen  $I_0 r_1$  und  $I_0 x_1$  das Gleichgewicht hält, wobei  $r_1$  den ohmschen und  $x_1$  den Streublindwiderstand der Primärwicklung bedeuten. Die EMK  $E_0$  wird durch den Fluß  $\Phi$  aufrechterhalten über die als „erstes Transformatorgesetz“ bekannte Beziehung:

$$E_0 = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \cdot 10^8 \cdot k_{w1} p g_1 z_1 \Phi, \quad (1)$$

wo  $\omega = 2\pi f$  die Kreisfrequenz,  $f$  die Frequenz,  $p$  die Polpaarzahl,  $k_{w1}$  den Wicklungsfaktor,  $g_1$  die Nutenzahl je Pol und Phase und  $z_1$  die in Reihe geschaltete Leiterzahl je Nut der Ständerwicklung bedeuten. Der Leerlaufstrom  $I_0$  erregt im Ständer ein Nutzenstrefenfeld mit dem Streuleitwert  $\lambda_{n1}$ , das ergänzt wird durch ein Zahnkopfstrefenfeld mit dem Streuleitwert  $\lambda_s$ , der nach Richter<sup>2)</sup> lautet:

$$\lambda_{s0} = \frac{\tau_2}{6\delta} a_1 a_2, \quad (2)$$

wo  $\tau_2$  die Läufernutenteilung,  $a_1$  und  $a_2$  die Ständer- und Läufernutenöffnung und  $\delta$  den Luftspalt bedeuten. Außerdem erregt  $I_0$  ein Strefenfeld der Ständerwickelköpfe, das sich, durch keine Läuferströme beeinträchtigt, frei ausbreiten kann; sein Streuleitwert  $\lambda_s$  und muß auf die Länge eines Wickelkopfes  $l_s$  bezogen werden. Somit erhält man bei einer Eisenpaketlänge  $l$  für  $x_1$  den Ausdruck:

$$x_1 = \omega k_{w1} 4\pi p g_1^2 z_1^2 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \left( \frac{\lambda_{n1}}{g_1} + \lambda_{s0} l + \lambda_s l_s \right). \quad (3)$$

Bei Belastung fließt in der Läuferwicklung mit Wirkwiderstand  $r_2$  und Streublindwiderstand  $x_2$  ein Belastungsstrom  $I_2$ , dessen MMK durch eine gleich große, entgegengesetzt gerichtete MMK der Ständerwicklung

kompensiert werden muß, welcher ein Netzstrom  $I_2'$  entspricht. Dieses „zweite Transformatorgesetz“ lautet:

$$k_{w1} g_1 z_1 I_2' = k_{w2} g_2 z_2 I_2, \quad (4)$$

wo  $k_{w2}$  Wicklungsfaktor,  $g_2$  Nutenzahl je Pol und Phase und  $z_2$  in Reihe geschaltete Leiterzahl je Nut der Läuferwicklung bedeuten. Zur Aufrechterhaltung von  $\Phi$  muß nach wie vor  $I_0$  fließen, so daß sich bei Belastung der Ständerstrom  $I_1$  aus den Komponenten  $I_0$  und  $I_2'$  zusammensetzt. Der Belastungsstrom  $I_2$  erregt im Läufer ein Nutzenstrefenfeld mit dem Streuleitwert  $\lambda_{n2}$ ,  $I_2'$  und  $I_2$  in Ständer und Läufer eine Spaltstreuung, deren Streuleitwert  $\lambda_z$  sich nach einigen Umformungen<sup>3)</sup> darstellen läßt für Kurzschlußmotoren mit Läufersträgung um  $\xi$  Nutenteilungen und  $z_2$  Läuferstäben zu:

$$\lambda_{zk} = \left[ 0,00063 + \frac{0,032}{g_1^2} + 0,965(1 + \xi^2) \frac{p^2}{z_2^2} \right] \tau_p \delta' \quad (5)$$

und für Schleifringmotoren mit Ständerschrägung um  $\xi$  Nutenteilungen zu:

$$\lambda_{zk} = \left[ 0,00126 + 0,032 \frac{g_1^2 + g_2^2}{g_1^2 g_2^2} + 0,027 \frac{\xi^2}{g_1^2} \right] \tau_p \delta' \quad (6)$$

für eine Polteilung  $\tau_p$  und einen scheinbaren Luftspalt  $\delta'$ .

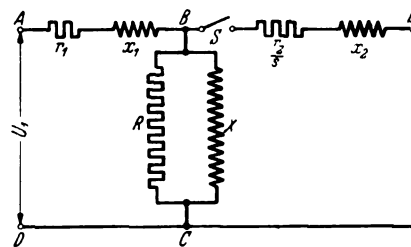


Bild 1. Ersatzschaltbild.

Die Wickelkopfstreuung wird durch  $I_2$  und  $I_2'$  auf den Streuraum zwischen den Ständer- und Läuferwickelköpfen eingeschränkt; ihr Streuleitwert wird daher  $c\lambda_s$ , wo  $c$  in praktischen Fällen kleiner wird als 1. Somit erhält man den Streublindwiderstand  $x$  für die Belastungsströme als:

$$x = \omega k_{w1} 4\pi \cdot 10^{-9} p g_1^2 z_1^2 \times 2 \left[ \left( \frac{\lambda_{n1}}{g_1} + \frac{\lambda_{n2}}{g_2} \right) l + c\lambda_s l_s + \lambda_z l \right] \text{Blindohm.} \quad (7)$$

Da man  $x$  als die Summe  $x_1 + x_2$  einsetzen muß, erhält man:

$$x_2 = \omega k_{w1} 4\pi \cdot 10^{-9} p g_1^2 z_1^2 \times 2 \left[ \frac{\lambda_{n2}}{g_2} l \cdot (1 - c) + \lambda_s l_s + \left( \lambda_z - \frac{\lambda_{s0}}{g_1} \right) l \right] \text{Blindohm.} \quad (8)$$

Der Ständerstrom  $I_1$  durchfließt die Widerstände  $r_1$  und  $x_1$ , der Läuferstrom  $I_2$  die Widerstände  $r_2$  und  $x_2$ .

Bild 1 stellt das Ersatzschaltbild einer Induktionsmaschine oder eines Transformators dar. Die Widerstände  $R$  und  $X$  des magnetischen Hauptkreises entsprechen dem Eisenverluststrom  $I_e$  und dem Magnetisierungsstrom  $I_\mu$ , sie liegen stets in Reihe mit  $r_1$  und  $x_1$ .

<sup>1)</sup> Unger, Die Arbeitskurven neuzeitlicher Induktionsmaschinen. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 48 (1930) S. 745.

<sup>2)</sup> Richter, Elektr. Maschinen Bd. 1, S. 279, Julius Springer.

<sup>3)</sup> Arch. Elektrotechn. 16 (1932) S. 875.

Der Schalter  $S$  trennt die Läuferwiderstände  $r_2$  und  $x_2$  von dieser Widerstandskombination. Bei Leerlauf ist  $S$  offen, durch  $r_1$  und  $x_1$  fließt  $I_0$  und spaltet sich in die  $R$  und  $X$  durchfließenden Komponentenströme  $I_e$  und  $I_\mu$  auf,  $r_2$  und  $x_2$  bleiben stromlos. Bei Belastung wird  $S$  geschlossen, auf der Strecke  $\overline{AB}$  überlagert sich der Belastungsstrom  $I_2$  über den Leerlaufstrom  $I_0$ , durch  $r_2$  und  $x_2$  fließt nur  $I_2$ . Man rechnet zweckmäßig  $r_2$  und  $x_2$  auf die Primärwicklung um; dreht sich der Läufer, so ändert sich  $r_2$  in  $r_2/s$ , wo  $s$  den Schlupf bedeutet.

Das Produkt eines Vektors mit einem Skalar ist gleich der Summe der Produkte seiner Komponentenvektoren mit demselben Skalar. Dieser Satz gilt auch für das

Zeigerdiagramm der Ströme, wie sich leicht durch Berechnung von Beispielen nachweisen läßt. Man kann also für den Weg  $AB$  die Spannungsabfälle von  $I_0$  und  $I_2$  trennen. Bei Belastung mit Nennlast beträgt der gesamte Spannungsabfall höchstens 20% der Nennspannung, wovon etwa die Hälfte, also 10%, auf die Primärwicklung entfällt. Der Leerlaufstrom ist höchstens 50% des Belastungsstromes bei Nennlast, sein Spannungsabfall auf der

Strecke  $\overline{AB}$  beträgt also höchstens 5%. Somit wird 95% der Netzspannung  $U_1$  sein. Schließt man  $S$  und betrachtet zunächst den Kurzschlußfall  $s=1$ , wird  $U_1$  entsprechend ein Kurzschlußstrom durch die Widerstände  $r_1, x_1$  und  $r_2, x_2$  fließen. In diesem ungünstigsten Belastungsfalle beträgt der Spannungsabfall auf der Strecke  $\overline{AB}$  höchstens 50% von  $U_1$ , somit bleiben zwischen  $B$  und  $C$  50% (anstatt wie bei Leerlauf 95%) von  $U_1$  übrig.  $I_0$  geht also auf rund den halben Leerlaufwert zurück, sein Spannungsabfall auf der Strecke  $\overline{AB}$  sinkt von 5% auf 2,5% von  $U_1$  ab. Somit ändert sich  $E_0$  von Leerlauf bis Kurzschluß höchstens in den Grenzen 95% bis 97,5% der Netzspannung  $U_1$ . Die Leerlauf-EMK  $E_0$  bleibt bei jeder Belastung praktisch unverändert.

Diese Erkenntnis eröffnet einen neuen Weg zur Ableitung eines sehr einfachen Kreisdiagrammes. In Bild 2 stellt  $\overline{OG}$  die Netzspannung  $U_1$  dar,  $\overline{OA}$  den Leerlaufstrom  $I_0$ , der sich zusammensetzt aus  $I_\mu$  und  $I_e$ . Man erhält so bei Belastung den Belastungsstrom  $I_2 = \overline{AP}$ , während primär der Strom  $I_1 = \overline{OP}$  ist. Zieht man von  $U_1$  die Spannungsabfälle  $I_0 r_1$  und  $I_0 x_1$  vektoriell ab, so kommt man zum Punkt  $D$  und erhält  $\overline{OD} = E_0$ . Bei Belastung und Reduktion aller Größen auf die Primärseite sind  $I_2 r_1$  und  $I_2 r_2/s$  in Phase. Man kann also schreiben:  $r_1 + r_2/s = r$ . Ebenso sind in Phase  $I_2 x_1$  und  $I_2 x_2$ , so daß man schreiben kann:  $x_1 + x_2 = x$ . Bleibt  $E_0$  in Größe und Richtung konstant, so erhält man das rechtwinkelige Dreieck  $OED$ , in welchem  $I_2 r$  und  $I_2 x$  die EMK  $E_0$  kompensieren. Man kann dann schreiben:

$$E_0 = I_2 \sqrt{r^2 + x^2}, \tag{9}$$

wo  $I_2 r \parallel I_2$  und  $I_2 x \perp I_2$ . Zieht man von  $A$  eine Senkrechte zu  $E_0$  und lotet von  $P$  auf diese Senkrechte zum Punkt  $Q$ , so ist Dreieck  $OED \sim$  Dreieck  $PQA$ , und man findet:

$$\frac{\overline{OE}}{\overline{ED}} = \frac{r}{x} = \frac{\overline{PQ}}{\overline{AQ}} = \text{ctg } \varphi_2. \tag{10}$$

Setzt man diesen Ausdruck in Gl. (9) ein und ordnet nach  $x$ , so erhält man:

$$I_2 = \frac{E_0}{x \sqrt{1 + \text{ctg}^2 \varphi_2}} = \frac{E_0}{x} \sin \varphi_2. \tag{11}$$

Für  $\varphi_2 = 0$  ist  $I_2 = 0$ , der Punkt  $P$  wandert nach  $A$  (Leerlauf); für  $\varphi_2 = 90^\circ$  erhält man  $I_2 = E_0/x = AB$  (Kurzschluß) unter der Voraussetzung, daß  $x$  konstant bleibt. Betrachtet man unter dieser Voraussetzung Gl. (11), so ist sie die Gleichung eines Kreises. Der Punkt  $P$  wandert von  $A$  bis  $B$  auf einem Kreise, dem  $x$ -Kreise, der dem Heyland-Kreis entspricht.

Löst man Gl. (9) mit Gl. (10) nach  $r$  auf, so erhält man:

$$I_2 = \frac{E_0}{r \sqrt{1 + \text{tg}^2 \varphi_2}} = \frac{E_0}{r} \cos \varphi_2. \tag{12}$$

Für  $\varphi_2 = 90^\circ$  ist  $I_2 = 0$ , der Punkt  $P$  wandert nach  $A$ . Für  $\varphi_2 = 0$  wird  $I_2 = E_0/r = \overline{AF}$ ; der Punkt  $P$  wandert nach  $F$  unter der Voraussetzung, daß  $r$  konstant bleibt. Man erhält einen zweiten Kreis, den  $r$ -Kreis.  $P$  ist der Schnittpunkt des  $r$ -Kreises mit dem  $x$ -Kreise. Ändert sich  $r$ , so ändert sich der Kreisdurchmesser des  $r$ -Kreises, es ändert sich die Lage von  $P$  und damit auch die Größe des Stromes  $I_2$ . Auch bei Änderung von  $x$  ändert sich die Lage von  $P$  und damit der Strom  $I_2$ . Eine Änderung von  $r$  tritt ein, wenn sich die Drehzahl des Läufers ändert, die Drehzahl ist also abhängig von  $I_2$ . Eine Änderung von  $r$  tritt unter dem Einfluß der magnetischen Sättigung des Eisens ein. Je größer die Sättigung, um so kleiner wird  $x$ , um so größer der  $x$ -Kreis.

Man kann die einzelnen Bezugsgrößen für dieses Kreisdiagramm ähnlich ableiten, wie es in dem Aufsatz von Krämer<sup>4)</sup> gezeigt wurde, wo allerdings ein auf die Spannung  $U_1$  bezogener Kreis behandelt worden ist<sup>5)</sup>.

Das vorliegende Kreisdiagramm macht keinen Anspruch auf vollständige Genauigkeit, wenn auch die Ausrechnung praktischer Fälle ergibt, daß der vorliegende Kreis sich sehr gut an den Hemmeterkreis<sup>6)</sup> anschmiegt. Die Vernachlässigung liegt darin, daß der Leerlauf-

<sup>4)</sup> Krämer, Das vereinfachte Kreisdiagramm des Asynchronmotors. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 49 (1931) S. 41.

<sup>5)</sup> Es lassen sich auch einfache Bedingungen für die Auswertung des Leerlauf- und Kurzschlußversuches ableiten, wie das in einem größeren Aufsatz gezeigt wurde. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 353.

<sup>6)</sup> Hemmeter, Eine neue einfache Konstruktion des genauen Kreisdiagrammes für den allgemeinen Transformator. Arch. Elektrotechn. 18 (1927) S. 29. -- Der Transformator mit drei Wicklungen und das Diagramm des normalen Transformators. Arch. Elektrotechn. 18 (1927) S. 257.

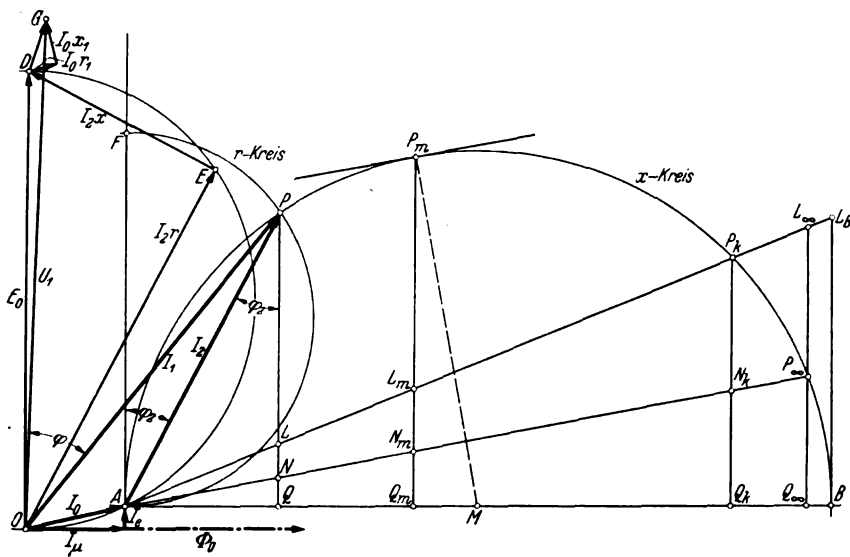


Bild 2. Kreisdiagramm.

strom  $I_0$  und damit die Leerlauf-EMK  $E_0$  als konstant angesehen werden, während sie das in Wirklichkeit nicht sind. Ein einwandfreies Gesetz für die Abhängigkeit dieser Größen von der Belastung läßt sich jedoch nicht aufstellen. Die in den Ableitungen der sogenannten „genauen“ Kreisdiagramme enthaltenen Voraussetzungen für die belastungsabhängige Veränderlichkeit von  $I_0$  oder  $I$  treffen nicht zu, so daß es fraglich ist, ob in praktischen Fällen das „genaue“ Kreisdiagramm eine größere Genauigkeit aufweist als die hier abgeleitete. Dagegen ermöglicht das hier abgeleitete Kreisdiagramm eine sehr genaue Berücksichtigung der Sättigungsverhältnisse mit einfachsten Mitteln.

### Zusammenfassung

Die Aufspaltung des Primärstromes in eine Leerlauf- und eine Belastungskomponente führt zu einer klaren Trennung der primären und sekundären Streublindwiderstände und ermöglicht die Aufstellung eines Ersatzschaltbildes, welches die Spaltung des Leerlaufstromes in eine Magnetisierungs- und eine Verlustkomponente berücksichtigt. Zieht man von der Netzspannung die Spannungsabfälle des Leerlaufstromes ab, so erhält man die praktisch bei jeder Belastung konstant bleibende Leerlauf-EMK als Grundlage für ein einfaches Kreisdiagramm, bestehend aus je einem Kreis für konstanten Wirk- bzw. Streublindwiderstand.

## Stroboskopisches Meßgerät für Frequenz und Drehzahl

(Mitteilung aus der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen e. V. in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften)

Von Carl-Heinz Sturm VDE, Mannheim

DK 621.317.36 : 621.317.76.004.1

**Übersicht.** Das stroboskopische Meßverfahren als reine Differenzmessung zweier Frequenzen weist eine große Genauigkeit auf. Im folgenden wird ein Betriebsmeßgerät mit stroboskopischer Anzeige für Frequenz- und Drehzahlmessung beschrieben.

### Einleitung

Das stroboskopische Meßverfahren wird in der elektrischen Meßtechnik seit langem verwendet, insbesondere zur Schlupfmessung an Asynchronmaschinen. In der altbekannten Ausführung wird eine helle Scheibe mit dunklen Punkten oder radialen Streifen durch einen Motor in Drehung versetzt und diese Scheibe bei abgedunkelter Beobachtungsstelle von einer Lichtquelle periodisch wechselnder Helligkeit beleuchtet. Durch den bekannten stroboskopischen Effekt scheinen bei passendem Verhältnis von Motordrehzahl zu Lichtfrequenz die markierten Punkte auf der Scheibe stillzustehen oder langsam mit oder entgegen der wirklichen Drehrichtung der Scheibe umzulaufen. Aus der Anzahl der Marken auf der Scheibe, deren scheinbarer Umlaufgeschwindigkeit und der Frequenz der Lichtwechsel ist dann die Drehzahl bei bekannter Frequenz oder auch die Frequenz bei bekannter Drehzahl der Scheibe zu ermitteln. Dieses Verfahren weist aber eine Reihe von Nachteilen auf, nämlich Ortsgebundenheit von Stroboskopische Scheibe und Beleuchtungsquelle, Abdunkelung der Beobachtungsstelle, Auszählen der scheinbaren Umläufe, nachträgliches Ermitteln des Meßergebnisses, sehr eng begrenzte Meßbereiche und Mehrdeutigkeit der Anzeige.

In neuerer Zeit hat man das stroboskopische Meßverfahren weiter ausgebaut; es sind Geräte entwickelt worden, die sich bestimmten Aufgaben besonders gut anpassen. Stroboskopische Geräte, die der Beobachtung schnellaufender Maschinenteile nach Art der Zeitlupenaufnahmen dienen und dabei gleichzeitig die Messung der Drehzahl oder Schwingungszahl des Maschinenteils ermöglichen, sind heute bereits in verschiedenen Ausführungen vorhanden.

Der neue Frequenzmesser wurde unter Wahrung der Vorteile stroboskopischer Meßverfahren — hohe Genauigkeit, geringer Meßleistungsbedarf — als Betriebsgerät entwickelt, das für viele Meßaufgaben große Vorzüge aufweist, die im einzelnen aus der nachfolgenden Beschreibung ersichtlich werden.

### Grundsätzliche Anordnung

Die Wechselspannung, deren Frequenz zu messen ist, steuert über einen Verstärker eine Glühlampe, die im Takt der zu messenden Frequenz aufleuchtet. Die stab-

förmig ausgebildete Glühlampe befindet sich im Innern einer zylindrischen Trommel und steht fest, während die Trommel von einem Synchronmotor gedreht wird, s. Bild 1.

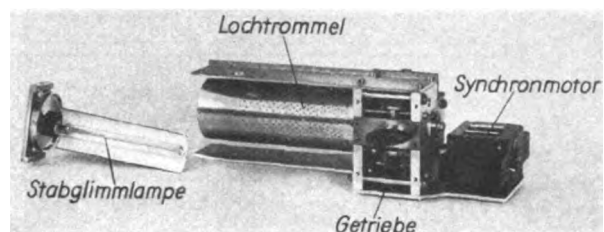


Bild 1. Synchronmotor mit Umschaltgetriebe und Lochtrommel. Das Gegenlager der Trommel mit der Stabglühlampe ist herausgenommen.

Die Mantelfläche der Trommel ist von einer großen Anzahl runder Löcher durchbrochen, die zu mehreren Reihen in Ebenen senkrecht zur Trommelachse angeordnet sind. Die Löcher haben innerhalb jeder Ebene gleichen gegenseitigen Abstand, ihre Anzahl wächst fortschreitend von einem zum anderen Trommelende mit jeder Reihe.

Durch den stroboskopischen Effekt scheinen bei Messung einer Frequenz diejenigen Lochreihen stillzustehen, für die die Bedingung

$$s \cdot \frac{f}{n_T c} = \text{ganzzahlige Zahl}$$

erfüllt ist. Dabei ist  $s$  die Anzahl der Löcher am Trommelumfang in der betreffenden Reihe,  $f$  die Meßfrequenz,  $n_T$  die sekundliche Drehzahl der Trommel und  $c$  ein Faktor, der durch die Mehrdeutigkeit der stroboskopischen Anzeige beispielsweise den Wert  $\frac{1}{2}$ , 1 und 2 haben kann.

Die Mehrdeutigkeit der Anzeige wird in diesem Meßgerät zur Erzielung eines großen Gesamtmeßbereiches ausgenutzt. Aus diesem Grunde sind die Lochreihen der Trommel zur Frequenzablesung mit einer dreifachen, in verschiedenen Farben ausgeführten Skala versehen, wobei die Bezifferung im Verhältnis 1 : 2 : 4 steht. Damit nun keine Fehlablesungen durch die Mehrdeutigkeit der stroboskopischen Anzeige entstehen, ist noch ein Zeigerfrequenzmesser in das Gerät eingebaut. Dieser gibt die Frequenz mit geringerer Genauigkeit an, zeigt aber zweifelsfrei, welche Skala für die stroboskopische Ablesung zu wählen ist. Um die Ablesung besonders sinnfällig zu gestalten, ist die Skala des Zeigerinstrumentes mit farbigen Teilen ausgeführt, die den

Farben der Skala an der Lochtrommel entsprechen. Durch die Vereinigung dieser beiden Anzeigergeräte entsteht ein hohen Anforderungen genügendes stroboskopisches Betriebsmeßgerät.

Zur Anzeige der Meßfrequenz in dem Zeigerinstrument wird die Meßspannung nach Verstärkung durch eine Fünfpolröhre in rechteckige Impulse gleicher Höhe verwandelt. Diese Rechteckspannung wird über frequenzabhängige Glieder einem Drehspulinstrument

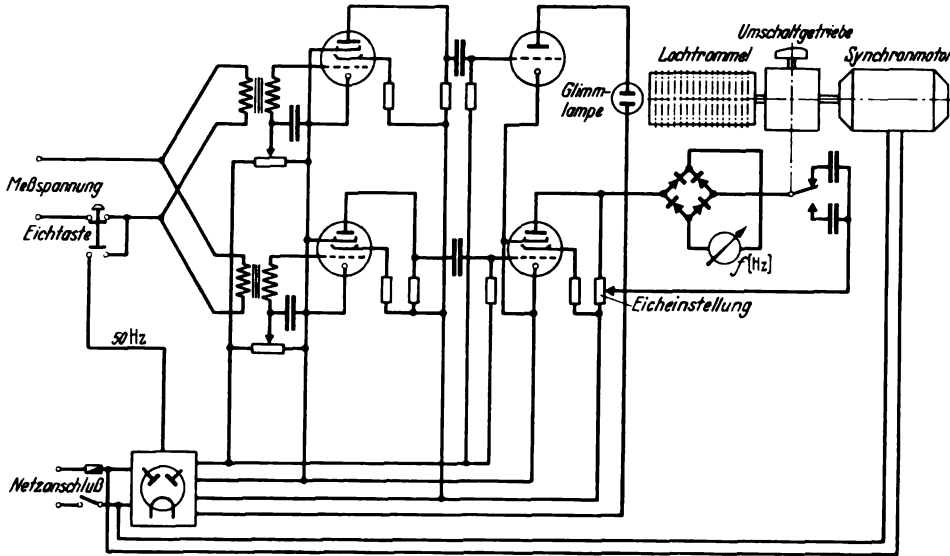


Bild 2. Grundsätzliches Schaltbild des Frequenzmessers.

ment mit Gleichrichter zugeführt. Während bei der stroboskopischen Anzeige Veränderungen der Betriebsspannung, Verlagerung der Röhrenkennlinien und Erwärmung der Schaltglieder keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit haben, treten diese Einflüsse trotz teilweiser Kompensation bei dem Zeigerfrequenzmesser in Erscheinung und rufen in dieser Meßanordnung einen Größtfehler von  $\pm 2\%$  des Skalenendwertes hervor. Die oben angegebenen störenden Einflüsse können zum Teil durch Nacheichen mit der Vergleichsfrequenz wieder ausgeglichen werden.

Die Verstärker für den stroboskopischen Anzeigeteil und für das Zeigermeßgerät sind so bemessen, daß bei einer Eingangsspannung  $> 0,5$  V spannungsunabhängige Frequenzanzeigen gewährleistet sind. Die Schaltung zeigt Bild 2. Mit Rücksicht auf die Isolation der eingebauten Eingangsübertrager beträgt die höchstzulässige Meßspannung etwa 50 V. Die erforderliche Meßleistung liegt unter 1 mW. Ohne Beeinflussung der Meßgenauigkeit können zur Herabsetzung höherer Meßspannungen Transformatoren oder Spannungsteiler verwendet werden.

**Meßgenauigkeit und Meßbereiche**

Für die Meßgenauigkeit des Gerätes kommt die Genauigkeit des stroboskopischen Anzeigeteiles in Betracht; das Meßverfahren selbst bringt keinen Fehler in die Messung. Die erreichbare höchste Genauigkeit ist lediglich bestimmt durch die Abweichung der Vergleichsfrequenz vom Sollwert; diese gibt unmittelbar die Größe des Meßfehlers. Die relative Meßgenauigkeit ist daher in allen Meßbereichen und jedem Punkt des Bereiches die gleiche.

Nachdem in den vergangenen Jahren die genaue Frequenzhaltung der elektrischen Energieversorgungsnetze bedeutend verbessert worden ist, kann im allgemeinen die Netzwechselspannung von 50 Hz als Vergleichsfrequenz benutzt werden. Die Frequenzgenauigkeit der Wechselstromnetze ist verschieden; selten sind bei

guter Frequenzhaltung die Abweichungen größer als  $\pm 0,2\%$  des Sollwertes. Dementsprechend ist der neue Frequenzmesser in erster Linie als Netzanschlußgerät für Wechselstrom ausgebildet.

Steht kein genügend frequenzgenaues Netz zur Verfügung oder werden größere Meßgenauigkeiten verlangt, so sind diese durch Einbau eines Stimmgabelsenders als Taktgeber für den Synchronmotor zu erreichen. Eine Frequenzgenauigkeit der Stimmgabel von  $0,5\%$  läßt sich ohne Anwendung eines Thermostaten oder anderer umfangreicher Schutzmaßnahmen erreichen. Die Frequenzmesserschaltung selbst bleibt von dieser Änderung unberührt. Der Antriebsmotor der Trommel für die Netzfrequenz von 50 Hz wird durch einen Synchronmotor für die Stimmgabelfrequenz ersetzt, der mit einem Universalmotor fest gekuppelt ist. Während der Synchronmotor die Drehzahl des Trommelantriebes nach der Stimmgabelfrequenz bestimmt, ermöglicht der Universalmotor selbsttätigen Anlauf des Antriebes und liefert dann im synchronen Lauf einen großen Teil der erforderlichen Leistung. Der Stimmgabelsender und Verstärker kann daher für eine geringere Leistung ausgelegt werden.

Beim Verwenden einer Stimmgabel zur Erzeugung der Vergleichsfrequenz ist der Betrieb des Frequenzmessers an das Vorhandensein eines Wechselstromnetzes nicht ge-



Bild 3. Stroboskopischer Frequenzmesser für einen Meßbereich von 10 bis 1000 Hz.

bunden. Nach entsprechendem Ausbau des Netzteiles und Verwendung von Röhren, deren Heizfäden für Reihenschaltung bemessen sind, kann der Frequenzmesser für den Anschluß an ein Gleichstromnetz hergestellt werden.

Durch die Lochreihen der Lochtrommel ist der Anzeigebereich des stroboskopischen Meßgerätes stufenweise unterteilt. An dem ausgeführten Meßgerät in Bild 3 ist von Lochreihe zu Lochreihe der Frequenzsprung kon-

stant und beträgt immer 2 % des Endwertes vom gültigen Meßbereich. Durch ein Getriebe zwischen Antriebsmotor und Lochtrommel sind zwei verschiedene Drehzahlen der Lochtrommel einstellbar; der Gesamtmeßbereich wird dadurch sechsfach unterteilt. An dem scheinbaren Stillstand einer Lochreihe und der Anzeige des Zeigermeßgerätes sind folgende Frequenzen abzulesen:

Lochtrommeldrehzahl $n_T$		1 U/s
10	10,5	24,5 25 Hz
20	21	49 50 „
40	42	98 100 „

Lochtrommeldrehzahl $n_T$		10 U/s
100	105	245 250 Hz
200	210	490 500 „
400	420	980 1000 „

Durch Verwenden einer mit größerer Lochzahl versehenen Trommel ist eine erheblich feinere Unterteilung des Meßbereiches möglich. Die Grenze wird durch die mit vergrößerter Lochzahl notwendige Durchmesservergrößerung der Trommel und die dadurch bedingte höhere Umfangsgeschwindigkeit gegeben. Durch Versuche wurde festgestellt, daß bei gleich großer Leucht- und Dunkelzeit der Glühlampe im Takte der Meßfrequenz die günstigste Ablesung an Lochtrommeln erreicht wird, wenn das Verhältnis Lochdurchmesser bzw. Schlitzlänge zum undurchbrochenen Trommelumfang etwa 1 : 4 beträgt.

**Anwendungsgebiete des Gerätes**

Für Frequenzmessungen kann das Gerät nach entsprechender Einrichtung der Trommeldrehzahl und Lochzahl zur unmittelbaren Messung im gesamten Tonfrequenzgebiet verwendet werden.

Bei Drehzahlmessungen wird die als Grundlage für die Messung benötigte Wechselspannung mit einem Geber erzeugt, der an die Motorwelle angesetzt wird. Der Geber besteht aus zwei halbkreisförmigen Dauermagneten und zwei Spulen, die auf ausschwenkbare Eisenblechschenkel

aufgeschoben sind. Der Magnetfluß wird vom drehenden Polstück in seiner Stärke beeinflusst. Bei elliptischen Polstücken nach Bild 4 gelangt der Fluß bei einer Umdrehung zweimal zum Höchstwert und erzeugt somit bei einer Umdrehung in der Sekunde eine Wechselspannung der Frequenz 2 Hz. Für kleine Drehzahlen ist

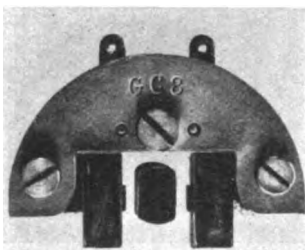


Bild 4. Geber mit elliptischem Polstück.

eine zahnartig ausgefräste Scheibe als Polrad zu verwenden (Bild 5), um eine Frequenzerhöhung zu erzielen.

Der Zusammenhang zwischen Drehzahl und Frequenz der erzeugten Wechselspannung ergibt sich aus folgenden Beziehungen:

bei elliptischem Polstück . . .  $f = \frac{n}{30}$  Hz,  
 bei gezahntem Polrad . . .  $f = \frac{nZ}{60}$  Hz,

wobei bedeuten:

- $f$  Frequenz in Hz,
- $n$  Drehzahl der Welle in U/min,
- $Z$  Anzahl der Zähne des Polrades.

An Stelle der induktiven Geber können auch Geber mit lichtelektrischer oder mechanischer Impulsabgabe verwendet werden.

In der Göttinger Versuchsanstalt werden die Frequenzmesser insbesondere zum Messen hoher Drehzahlen von schnelllaufenden Drehstrommotoren benötigt, wie sie für den Antrieb von Modellluftschrauben und Gebläsen benutzt werden. Es handelt sich dabei meist um Meßaufgaben, bei denen zur Aufnahme einzelner Meßpunkte eine stufenweise Veränderung mit genauer Einstellung und Haltung der Drehzahl erforderlich ist.

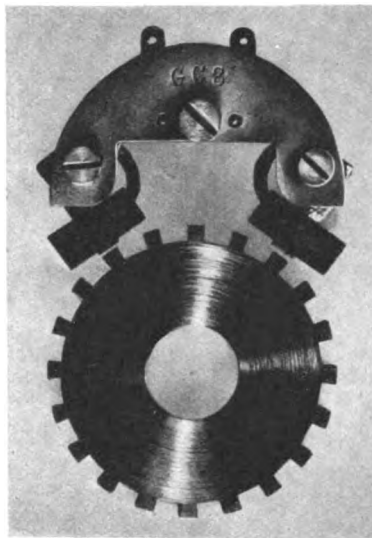


Bild 5. Geber mit zahnartig ausgefräster Scheibe als Polrad.

Außer zur Drehzahlbestimmung schnelllaufender Maschinen kann der Frequenzmesser auch für genaue Schlupfmessung an Asynchronmaschinen dienen. Es gibt noch viele weitere

Anwendungsgebiete, wo der neue Frequenzmesser mit Vorteil eingesetzt werden kann; dabei sei auf die Verwendungsmöglichkeiten in der Akustik und in der mechanischen Schwingungstechnik hingewiesen.

**Zusammenfassung**

Ein neuer, nach dem stroboskopischen Verfahren arbeitender Frequenzmesser hoher Genauigkeit wird beschrieben. Der stroboskopische Effekt wird durch eine im Takt der zu messenden Frequenz aufleuchtende Glühlampe erzielt, die im Innern einer Lochtrommel angeordnet ist. Diese Trommel wird von einem mit der Vergleichsfrequenz (Netz oder Stimmgabel) synchron laufenden Motor in Drehung versetzt. Fehlmessungen infolge der Vieldeutigkeit der stroboskopischen Anzeige werden durch einen zusätzlichen Zeigerfrequenzmesser geringerer Genauigkeit behoben. Das neue Gerät ist besonders als praktisches Betriebsmeßgerät für viele Aufgaben geeignet, z. B. für die Messung von Wechselspannungsfrequenzen, Drehzahlen, Schlupffrequenzen, mechanischen Schwingungen und ähnlichem.

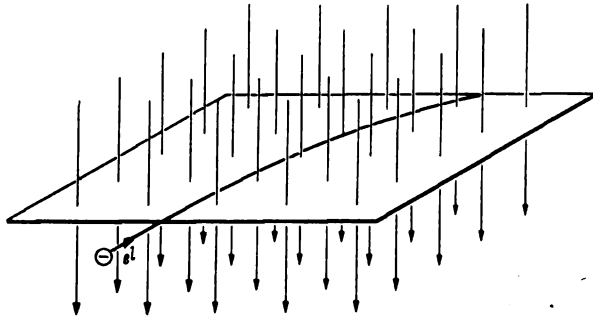
**Ersatz der beiden Dreifingerregeln durch eine einzige**

DK 538.312

Die Beziehung zwischen den drei Richtungen der mechanischen Bewegung eines Drahtes durch ein magnetisches Feld, der Kraftlinien dieses magnetischen Flusses und des den Draht durchfließenden Stromes bzw. der in ihm vorhandenen Spannung kann durch verschiedene anschauliche Regeln dem Gedächtnis eingeprägt werden. Zu den bekanntesten gehören die beiden Dreifingerregeln. Dabei gilt die der rechten Hand für die Spannung, die in einem durch das Feld hindurchbewegten Draht entsteht, und die der linken Hand für die mechanische Bewegung, die ein stromdurchflossener Draht im Feld ausführt.



Diese beiden Regeln lassen sich in eine einzige überführen, wenn man von der Bewegung des Elektrons im magnetischen Feld ausgeht. Man denke sich eine waagerechte Ebene, die von einem magnetischen Kraftfluß senkrecht zu ihr, in Bild 1 von oben nach unten, durchsetzt wird. Kommt ein Elektron mit geradliniger Bewegung auf dieser Ebene in das Feld hinein, so wird es aus seiner geraden Bahn abgelenkt und nach rechts getrieben (Bild 1).



Pfeil „el“ zeigt die Bewegungsrichtung des Elektrons  
Bild 1. Ablenkung der Elektronenbahn in einem Magnetfeld.

Diese Rechtsablenkung des Elektrons rührt von dem magnetischen Feld her, das um das bewegte negativ geladene Elektron herum entsteht. Die kreisförmigen Kraftlinien des in der Richtung des Pfeiles „el“ fliegenden Elektrons haben den in Bild 2 angegebenen Drehsinn

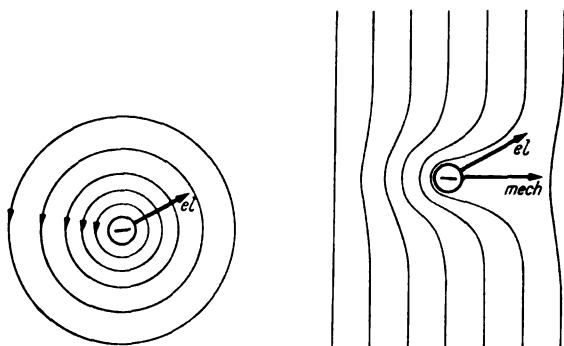


Bild 2. Richtung der Kraftlinien um das bewegte Elektron.

Pfeil „el“ zeigt die anfängliche, Pfeil „mech“ die neue Bewegungsrichtung des Elektrons

Bild 3. Feldverzerrung mit Ablenkung.

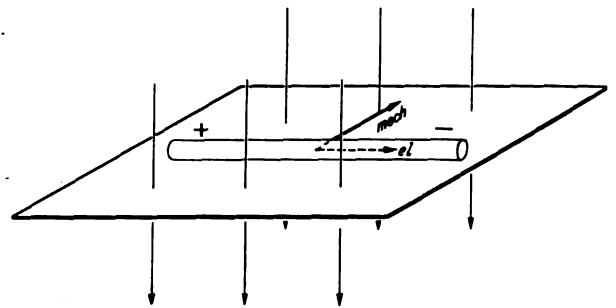
und entsprechen denjenigen eines durch die Zeichnungsebene zum Beschauer her fließenden Stromes. Sie bringen in dem vorhandenen Feld von Bild 1 eine Kraftlinienverzerrung hervor, die durch Bild 3 angedeutet ist, und diese ist die Ursache der nach rechts im Sinne des Pfeils „mech“ ablenkenden Kraft. Aus dieser Tatsache lassen sich zwei ganz einfache Folgerungen ziehen:

1. Wird ein stromloser Draht mit seinen in ihm selbst zunächst ruhenden Elektronen in der Ebene von Bild 1, die in Bild 4 wieder angegeben ist, im Sinne des Pfeils „mech“ (Bild 4) quer zum Felde bewegt, so werden die Elektronen im Draht nach rechts gedrängt. Dadurch bildet sich zwischen den Enden des Drahtes eine Spannung aus, deren Polarität sich ohne weiteres ergibt. Dies entspricht der alten Dreifingerregel der rechten Hand.

2. Wird ein stromdurchflossener Draht mit seinem im Sinne des Pfeils „el“ im Draht sich bewegenden Elektronen so in die Ebene von Bild 1 hineingelegt wie in Bild 5, so werden alle diese Elektronen nach rechts gedrängt.

Da sie den Draht nicht verlassen können, nehmen sie diesen mit, und er erfährt dadurch eine Zugkraft im Sinne des Pfeils „mech“. Dies entspricht der alten Dreifingerregel der linken Hand.

Man kann nun eine neue Dreifingerregel aufstellen, durch die die Beziehung zwischen der Richtung der anfänglichen Bewegung der Elektronen, der Richtung der magnetischen Kraftlinien und der dadurch bewirkten neuen Bewegung der Elektronen festgelegt wird. Diese Dreifingerregel gilt für die linke Hand, und dies kann leicht im Gedächtnis behalten werden, weil beide, das Elektron und die linke Hand, sozusagen ein L am Anfang ihres Wortes haben.

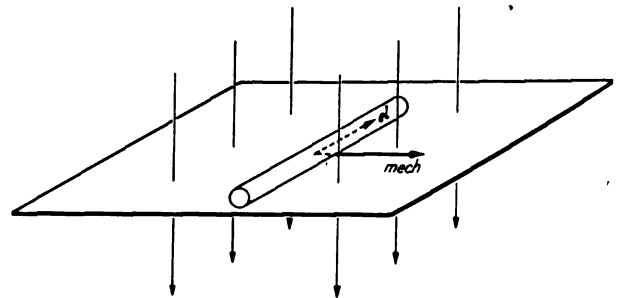


Pfeil „mech“ zeigt die anfängliche, Pfeil „el“ die neue Bewegungsrichtung der Elektronen

Bild 4. Bewegter Leiter im Magnetfeld. Alte Rechte-Handregel.

Man bilde also mit den drei ersten Fingern der linken Hand ein rechtwinkliges Koordinatensystem, bringe den Daumen in die Richtung der anfänglichen Bewegung der Elektronen und den Zeigefinger in die Richtung der magnetischen Kraftlinien, so gibt

der Mittelfinger die Richtung der neuen Bewegung der Elektronen an. Auch hier ist die Zugehörigkeit der einzelnen Richtungen zu den drei Fingern durch die alphabetische Reihenfolge gegeben.



Pfeil „el“ zeigt die anfängliche, Pfeil „mech“ die neue Bewegungsrichtung der Elektronen

Bild 5. Stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld. Alte Linke-Handregel.

Die Bewegung des Elektrons im Draht erfolgt entgegen dem Sinn, in dem die Stromrichtung üblicherweise angegeben wird. Die Richtung des Stromes in den Drähten von Bild 4 und 5 ist also gerade umgekehrt wie die der Elektronen. Auf die Richtung der mechanischen Bewegung ist dies natürlich ohne Einfluß; sie bleibt dieselbe, wie man auch die Strömung im Innern des Drahtes auffaßt.

Die neue Dreifingerregel der linken Hand bringt die beiden physikalischen Grundtatsachen der Bewegung und Ablenkung von Elektronen im Magnetfeld, auf denen einerseits die Generatoren, andererseits die Motoren beruhen, in einheitlicher Weise zur Darstellung und gibt gleichzeitig die Erklärung dafür.

Imm. Hermann VDE, Finkenkrug

## AUS DER JUNGINGENIEURARBEIT

### Aufbau und Wirkungsweise der wichtigsten Distanzrelaissysteme

Von H. Gutmann VDE, Berlin

**Übersicht\*).** Der Aufbau und die grundsätzliche Wirkungsweise der wichtigsten Distanzrelaissysteme werden gezeigt. Die zur Einstellung der Relaiskenlinien und zu ihrer Modifizierung verwendeten Mittel werden besprochen.

#### 1. Allgemeines

In den vorausgegangenen Arbeiten dieser Aufsatzreihe wurden bereits das Wesen und die Bedeutung des Distanzschutzes sowie die allgemeine Aufgabenstellung behandelt<sup>1)</sup>. Es wurden ferner die verschiedenen, heute gebräuchlichen Kennlinien der Distanzrelais und ihre Anwendungen in der Praxis erläutert. Hierbei zeigte es sich, daß grundsätzlich zwei Hauptformen zu unterscheiden sind, nämlich die stetige und die stufenförmige Kennlinie. Die Vereinigung dieser beiden Grundformen hat zur sogenannten gebrochenen Kennlinie geführt, wobei wieder die einfach und doppelt gebrochene Kennlinie zu unterscheiden sind. Von diesen ist die letzte in der neueren Zeit zu besonderer Bedeutung gelangt.

Im folgenden soll nun gezeigt werden, wie man in der Praxis diese vielseitigen Kennlinienformen verwirklicht, d. h. wie die Impedanzzeitsysteme der gebräuchlichsten Distanzrelais aufgebaut sind, und nach welchen Grundgesetzen sie arbeiten, um die beschriebenen Kennlinien zu erreichen. Allerdings kann es nicht Aufgabe der vorliegenden Abhandlung sein, dieses weite Gebiet einigermaßen erschöpfend zu behandeln und insbesondere die vielen grundsätzlichen theoretischen Möglichkeiten zu besprechen. Daß es nämlich an theoretischen Lösungsmöglichkeiten für den Aufbau von Distanzrelaissystemen nicht fehlt, das beweist allein schon das umfangreiche in- und ausländische Patentschrifttum dieses interessanten Sondergebietes. Es ist hier nur möglich, die Meßsysteme solcher Relais zu beschreiben, die wirklich erfolgreich Eingang in die deutsche Praxis gefunden haben, während die teilweise nicht minder interessanten Relaiskonstruktionen des Auslandes unberücksichtigt bleiben müssen. Desgleichen können die sonstigen Bausteine, wie Anregeglieder, Energierichtungsglieder, Hilfsrelais usw., die im allgemeinen zur vollständigen Ausrüstung der Distanzrelais gehören, hier nicht besprochen werden. Auch die Besprechung von Distanzrelais nach dem Reaktanzprinzip würde an dieser Stelle zu weit führen.

Die ersten Distanzrelais, die vor nunmehr etwa fünfzehn Jahren in die deutsche Praxis eingeführt wurden, besaßen eine stetige Kennlinie, d. h. ihre Auslösezeit stieg proportional mit dem Fehlerabstand, also mit der Impedanz  $z$  des Kurzschlußstromkreises, gerechnet vom Einbauort des Relais bis zur Fehlerstelle. Die Auslösezeit dieser Relais war also im einfachsten Falle durch den Ausdruck

$$t = cz$$

gegeben. Diese Gleichung läßt zunächst vermuten, daß jedes Distanzrelais als notwendigen Hauptbestandteil ein ohmmetrisches Meßsystem enthalten müßte, das im Fehlerfalle die Impedanz  $z$  der Kurzschlußbahn mißt und

<sup>\*)</sup> Nach einem im Rahmen der Vortragsreihe „Relais in der Starkstromtechnik“ am 7. 4. 1938 vor den Jungingenieuren des VDE Bezirk Berlin (Arbeitsgemeinschaft „Allgemeine Elektrotechnik“) gehaltenen Vortrag.

<sup>1)</sup> H. Callies, ETZ 55 (1938) S. 1309. — G. Walther, ETZ 61 (1940) S. 85.

DK 621.318.5 + 621.316.925.45.004.1 damit in geeigneter Weise die Ablaufzeit  $t$  des Gesamtrelais festlegt bzw. regelt. Tatsächlich gibt es in Deutschland aber nur zwei Bauarten von Distanzrelais, die nach diesem Prinzip arbeiten. Es liegt dies daran, daß die gewünschte impedanz-proportionale Auslösezeit sich auch bequem auf andere Art und Weise erreichen läßt, ohne daß hierzu erst eine ohmmetrische Ausmessung des Kurzschlußpfades nötig ist.

Schreibt man nämlich die obige Gleichung in der Form

$$t = c \frac{u}{i},$$

so erkennt man, daß das Ziel auch erreicht ist, wenn man ein Kontaktsystem so steuert bzw. antreibt, daß seine Schließgeschwindigkeit proportional dem das Relais durchfließenden Kurzschlußstrom  $i$  und umgekehrt proportional der jeweils am Relais herrschenden Spannung  $u$  gemacht wird. Aus dem Zusammenwirken dieser beiden Einflüsse ergibt sich dann eine resultierende Auslösezeit, die der Impedanz des Kurzschlußpfades proportional ist, ohne daß eine ohmmetrische Ausmessung des Fehlerkreises vorausgegangen wäre. Tatsächlich arbeiteten schon die ersten Distanzrelais der deutschen Praxis, die nunmehr beschrieben werden sollen, nach diesem letztgenannten Prinzip.

#### 2. Distanzrelais nach Biermanns (AEG)

Dieses ist das erste überhaupt in Deutschland verwendete Distanzrelais. In Bild 1 ist der prinzipielle Aufbau des Relais gezeigt. Das Impedanzzeitorgan

wird beim Auftreten eines Kurzschlusses von dem in dem Bild links oben sichtbaren Überstrommagneten 1 in Gang gesetzt. Dieser wirkt eine Aluminiumscheibe an, die nach einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen den Auslösekontakt betätigt. Die Scheibe wird von dem Triebkern 2 mit Strom- und Spannungswicklungen so beeinflusst, daß die Auslösezeit des Relais bzw. die ihr umgekehrt proportionale Umlaufgeschwindigkeit des umlaufenden Systems die gewünschte Abhängigkeit von der Impedanz erhält. Diese Wirkung kommt folgendermaßen zustande:

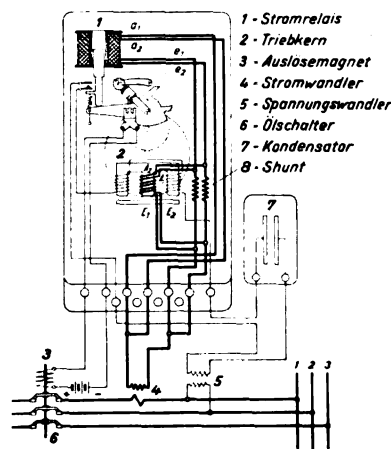


Bild 1. Distanzrelais nach Biermanns (AEG).

Nach dem Startimpuls des Überstrommagneten 1 wirkt unter dem Einfluß des dreizinkigen Triebkernes, der zwei Spannungswicklungen und eine Stromwicklung trägt, auf die Al-Scheibe ein beschleunigendes Drehmoment, das dem Ausdruck  $uicos\varphi$  proportional ist. Durch die Drehung der Scheibe, die in einem der Spannung und einem dem Strom proportionalen Magnetfeld erfolgt, treten aber auch bremsende Momente auf, die dem Quadrat der Spannung bzw. des Stromes proportional sind.

Dem antreibenden Moment

$$D_1 = u i \cos \varphi$$

stehen also die beiden bremsenden Drehmomente

$$D_2 = n u^2 \text{ und } D_3 = n i^2$$

gegenüber, wobei  $n$  die Drehzahl der Scheibe bedeutet.

Nun ist der Triebkern konstruktiv so bemessen, daß der mittlere Stromkern sehr schwach im Verhältnis zu den beiden äußeren Spannungskernen ist. Es kann demnach das Drehmoment  $D_3$  gegenüber dem bremsenden  $u^2$ -Moment vernachlässigt werden. Die Al-Scheibe nimmt also eine resultierende Geschwindigkeit an, bei der das antreibende  $u i \cos \varphi$ -Moment gerade gleich dem bremsenden  $u^2$ -Moment ist. Es gilt also:

$$u i \cos \varphi = n u^2.$$

Nun ist die Auslösezeit  $t$  des Relais umgekehrt proportional der Umlaufgeschwindigkeit  $n$  der Scheibe, also:

$$t = c \frac{1}{n} = c \frac{u^2}{u i \cos \varphi} = c \frac{u}{i} \frac{1}{\cos \varphi} = c z \frac{1}{\cos \varphi}.$$

Da der Impedanzwinkel  $\varphi$  einer gegebenen Leitung einen festen Wert besitzt, kommt dem Faktor  $1/\cos \varphi$  zunächst die Bedeutung einer Konstanten zu, so daß man für die Auslösezeit auch schreiben kann:

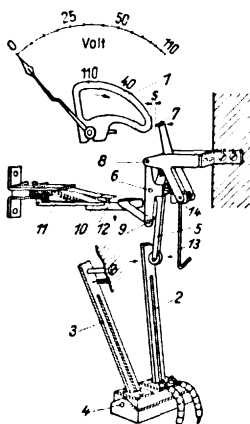
$$t = C z,$$

d. h. die Auslösezeit ist, wie gefordert, direkt proportional der Impedanz  $z$  der Kurzschlußschleife, gerechnet von der Fehlerstelle bis zum Einbauort des Relais.

Bei Lichtbogenkurzschlüssen kann der im allgemeinen als rein ohmscher Natur angenommene zusätzliche Widerstand im Kurzschlußlichtbogen eine Verringerung des Impedanzwinkels  $\varphi$  herbeiführen. Damit wird auch der zunächst vernachlässigte Faktor  $1/\cos \varphi$  geringer, was sich in einer sehr erwünschten Reduzierung der infolge des zusätzlichen Widerstandes zu groß gemessenen Impedanz der Kurzschlußschleife äußert.

### 3. Das N-Relais (Netzschutzrelais) (früher Dr. Paul Meyer AG.)

Ein anderes Distanzrelais, das ebenfalls kein ohmmetrisches Meßorgan hat, ist das bekannte N-Relais, das annähernd gleichzeitig mit dem oben beschriebenen Distanzrelais auf den Markt kam. Sein Impedanz-Zeit-system ist in Bild 2 dargestellt. Es beruht ebenfalls auf



- 1 Kurvenscheibe
- 2 strombeheizter Bimetallstreifen
- 3 unbeheizter Kompensationsstreifen
- 4 Sockel mit Lagerung
- 5 Hebel
- 6 Drehpunkt von 5 vor Auftreffen von 7 auf 1
- 7 Prisma
- 8 Drehpunkt von 5 nach Auftreffen von 7 auf 1
- 9 Rolle für Verklüftung
- 10 Klinke
- 11, 12 Auslösekontakt (Wandlerstromauslösung)
- 13, 14 Verblockung durch ein nicht dargestelltes Richtungsglied
- 15 freier Weg des Prismas 7

Bild 2. N-Relais (früher Dr. Paul Meyer A.G.).

dem Prinzip, daß die Betätigung des Auslösekontaktes proportional der am Relaisort herrschenden Spannung verzögert und andererseits entsprechend der Höhe des Kurzschlußstromes beschleunigt wird. Dieses Prinzip ist hier jedoch in einer ganz anderen Weise verwirklicht.

Wie Bild 2 zeigt, ist zunächst einmal ein voltmetrisches System mit einer Kurvenscheibe 1 vorgesehen. Die Achse trägt außerdem einen Zeiger, so daß man an der im Bild oben sichtbaren Skala jederzeit die Betriebs-

spannung ablesen kann. Als Stromsystem ist ein Bimetallstreifen 2 vorhanden, der unter Vermittlung eines kleinen, im Bilde nicht dargestellten Heizstromwandlers in den Strompfad des Relais eingeschaltet ist. Ein zweiter, nicht im Stromkreis liegender Bimetallstreifen dient zur Kompensation des Einflusses der veränderlichen Raumtemperatur.

Wird der Bimetallstreifen 2 vom Kurzschlußstrom durchflossen, so lenkt er sich nach rechts aus und drückt dabei auf den unteren Arm des Hebels 5. Dieser dreht sich dadurch um die Achse 6, bis das Prisma 7 an dem oberen Arm des Hebels 5 auf die Kurvenscheibe 1 trifft. Damit wird der Drehpunkt von der Achse 6 in die Achse 8 verlegt, wodurch die Klinke 10 von der Rolle 9 abrutscht und der Kontakt 11-12 sich öffnet. (Der Auslösekontakt ist hier als Ruhkontakt dargestellt, wie er bei der sehr häufigen Ausführung des N-Relais für Wandlerstromauslösung verwendet wird.)

Die Form der Kurvenscheibe 1 ist so gewählt, daß der Weg, den das Prisma 6 bis zum Auftreffen zurückzulegen hat, mit der vom Voltmetersystem gemessenen Spannung ansteigt. Andererseits wird dieser vom Spannungssystem eingestellte Weg mit um so größerer Geschwindigkeit durchlaufen, je stärker der Bimetallstreifen 2 geheizt wird, d. h. je größer der Kurzschlußstrom ist. Daraus ergibt sich also, daß die bis zur Entklüftung des Auslösekontaktes benötigte Zeit  $t$  um so größer ist, je höher die Spannung  $u$  ist, und daß diese Zeit andererseits um so geringer wird, je größer der Kurzschlußstrom  $i$  ist. Es gilt also auch hier für die Auslösezeit die grundsätzliche Beziehung:

$$t = c \frac{u}{i} = c z.$$

Der Heizstromwandler wird dabei als Sättigungswandler ausgeführt, damit die Heizwirkung und damit die Auslenkungsgeschwindigkeit des Bimetallstreifens nicht dem Quadrat, sondern der ersten Potenz des Kurzschlußstromes proportional ist.

Im ungestörten Normalbetrieb ist der Heizstromwandler des N-Relais durch einen Ruhkontakt überbrückt, so daß der Bimetallstreifen nicht schon vom Betriebsstrom vorgeheizt werden kann. Diese Überbrückung wird erst im Kurzschlußfalle durch einen Überstrommagneten aufgehoben, womit der Ablauf des Relais freigegeben wird.

### 4. Distanzrelais nach O. Mayr (AEG)

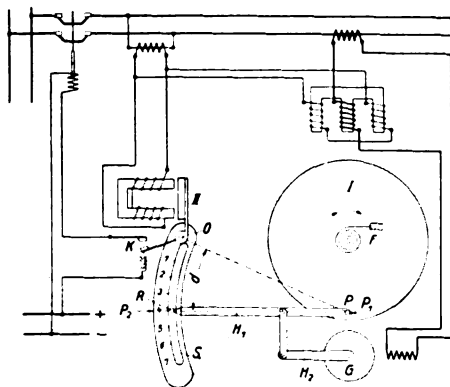
Einige Jahre später kam ein neues Distanzrelaissystem heraus, bei welchem erstmalig besonderer Wert auf eine vielseitige Einstellbarkeit und in gewissen Grenzen auch auf eine Verformbarkeit der Kennlinie gelegt wurde.

Das Relais besitzt grundsätzlich ebenfalls eine stetig ansteigende Kennlinie, die jedoch bereits in mehrfacher Hinsicht modifizierbar ist. Insbesondere läßt sich hier die Steilheit der Kennlinie, die man in Sekunden je Ohm mißt, schon verhältnismäßig feinstufig und in weiten Grenzen einstellen. Die Wirkungsweise dieses Relais sei an Hand von Bild 3 erläutert.

Es ist zunächst wieder ein wattmetrisches System I vorhanden, das an einer Aluminiumscheibe ein der Leistung proportionales Drehmoment entwickelt. Im Gegensatz zu dem eingangs beschriebenen Relais kann hier aber die Al-Scheibe nicht frei umlaufen. Sie stützt sich vielmehr mittels eines um den Punkt  $P$  schwenkbaren Hebels  $H_1$  gegen eine Kulisse  $S$ , die ihrerseits um den Punkt  $O$  drehbar ist und am anderen Hebelende einen Anker trägt, der von dem feststehenden U-förmigen Spannungsmagneten des Haltesystems II angezogen wird. Hierdurch erfährt der Hebelarm  $S$  ein Drehmoment, welches demjenigen des Wattsystems entgegenwirkt.

Im ungestörten Betrieb befindet sich der die beiden Systeme kuppelnde Hebel  $H_1$  in der gestrichelt gezeichneten Ausgangsstellung. Erst beim Eintreten eines Kurzschlusses wird er mittels des kleinen, vom Kurzschlußstrom

angetriebenen Synchronmotors *G* über den Hebelarm *H*<sub>2</sub> entgegen dem Uhrzeigersinne zeitproportional verstellt, wobei die am linken Ende von *H*<sub>1</sub> befindliche Bronze-rolle *R* sich längs der Kulisse *S* bewegt. Hierdurch wird der Hebelarm *d*, über den die beiden Systeme *I* und *II* gekuppelt sind, stetig vergrößert. Die Kulisse kann beispielsweise die in Bild 3 von 1 bis 7 s gekennzeichneten



- I* wattmetrisches Triebsystem
- II* Spannungs-Haltesystem
- F* Rückstellfeder
- G* Synchron-Strommotor
- H*<sub>1</sub>, *H*<sub>2</sub> Hebel
- K* Auslösekontakt
- O* Drehpunkt
- P*<sub>1</sub>, *P*<sub>2</sub> Kräfte
- R* Bronzerolle
- S* Kulisse
- d* zeitveränderlicher Hebelarm

Bild 3. Distanzrelais nach O. Mayr (AEG).

Zeitmarkierungen erhalten, die den Stellungen der während des Kurzschlusses zeitproportional vorrückenden Bronzerolle *R* entsprechen. Die im Punkte *P* wirkende Umfangskraft *P*<sub>1</sub> der Al-Scheibe übt also infolge des ständig zunehmenden Hebelarmes *d* ein Drehmoment

$$D_I = u i \cos(\varphi - \psi) d = c_1 u i \cos(\varphi - \psi) t$$

aus. Dabei ist *c*<sub>1</sub> eine Konstante, *t* die seit Beginn des Kurzschlusses verstrichene Zeit und  $\psi$  der Innenwinkel des Wattsystems *I*, der bei der Bemessung des Relais zweckentsprechend gewählt werden kann. Dieses Drehmoment wirkt nun dem vom Spannungssystem erzeugten Moment

$$D_{II} = c_2 u^2$$

entgegen. In dem Augenblick, in welchem das Drehmoment *D*<sub>I</sub> infolge der ständigen Vergrößerung des Hebelarmes *d* den Betrag des Gegenmomentes *D*<sub>II</sub> erreicht hat, wird die Haltekraft des *u*<sup>2</sup>-Systems überwunden und der Hebelarm *S* führt eine Bewegung um den Drehpunkt *O* aus. Hierbei wird der Arbeitskontakt geschlossen und somit die Auslösevorrichtung des Leitungsschalters betätigt. Dies geschieht in dem Augenblick, in dem *D*<sub>I</sub> = *D*<sub>II</sub>, oder:

$$c_1 u i \cos(\varphi - \psi) t = c_2 u^2.$$

Hieraus ergibt sich für die Auslösezeit des Relais

$$t = \frac{c_2}{c_1} \frac{u^2}{u i \cos(\varphi - \psi)} = c z \frac{1}{\cos(\varphi - \psi)}$$

Der Faktor  $1/\cos(\varphi - \psi)$  ist, wie im Abschnitt 2 das Glied  $1/\cos \varphi$ , ebenfalls eine Konstante, so daß man für die Auslösezeit des Relais wieder schreiben kann:

$$t = C z,$$

d.h. auch dieses Relais besitzt eine stetig ansteigende Kennlinie.

Bereits am Eingang dieses Abschnittes wurde bemerkt, daß bei der Konstruktion des soeben beschriebenen Distanzrelais erstmalig bewußt auf eine möglichst weitgehende Einstellbarkeit der Kennlinie Bedacht genommen worden ist. Hierbei ist vor allem der Forderung nach einer möglichst weitgehenden und einfach vorzunehmenden

den Einstellbarkeit der Steilheit  $\Delta t/\Delta z$  der Kennlinie Rechnung getragen worden, die zur Anpassung an die verschiedenen Längen der jeweils zu schützenden Leitungen besonders wichtig ist. Dies ist in einfacher Weise dadurch erreicht worden, daß man der Spannungswicklung des Systems *II* eine Reihe von Anzapfungen gegeben hat, die in Bild 3 der Übersichtlichkeit wegen nicht mit eingezeichnet sind. Mit diesen Anzapfungen kann man die Haltekraft des *u*<sup>2</sup>-Systems in weiten Grenzen beeinflussen, und hiermit ändert sich dann unter sonst gleichen Verhältnissen die Auslösezeit *t* bzw. die Steilheit der Kennlinie.

Eine weitere Einstellbarkeit der Kennlinie dieses Relais ist durch die Möglichkeit gegeben, den stetigen Anstieg der Auslösezeit nach oben hin beliebig zu begrenzen. Dies geschieht durch einen sogenannten Grenzzeitkontakt, welcher längs der mit einer Zeitskala versehenen Kulisse *S* verstellbar werden kann. Ist ein Kurzschluß in dem geschützten Netz aus irgendwelchen Gründen nicht längstens bis zu dieser Zeit abgeschaltet, so betätigt schließlich der zeitproportional vorlaufende Hebel *H*<sub>1</sub> den Grenzzeitkontakt und bewirkt damit die Schalterauslösung unabhängig von der Impedanz der Fehlerschleife. Die grundsätzliche Bedeutung der Grenzzeitauslösemöglichkeit ist bereits an früherer Stelle ausführlich behandelt worden. Dort ist auch eine weitere, praktisch wichtige Modifizierung der Kennlinien von Distanzrelais behandelt worden, nämlich die Parallelverschiebung, die entweder in Richtung der Zeitachse oder der Impedanzachse des Koordinatensystems erwünscht sein kann. Auch die gleichzeitige Verschiebung der Grundkennlinie in beiden Koordinatenrichtungen besitzt erhebliche praktische Bedeutung. Eine Parallelverschiebung in Richtung der Zeitachse bedeutet nichts anderes als die Hinzufügung einer konstanten Verzögerungszeit zu jedem Punkt der Kennlinie. Dies ist bei dem Relais nach Bild 3 in einfachster Weise dadurch verwirklicht, daß man den Hebelarm *H*<sub>2</sub> nicht fest mit der Achse des Motors *G* kuppelt, sondern auf der Motorachse einen besonderen Mitnehmer vorsieht, dem man einen beliebig einstellbaren Vorlauf gegen die Ruhelage des Hebels *H*<sub>2</sub> geben kann. Nach dem Eintreten eines Kurzschlusses im geschützten Leitungsnetz läuft dann der Motor *G* erst eine durch den jeweils eingestellten Vorlauf festgelegte Zeit *t*<sub>0</sub> leer, ehe er sich mit dem Hebel *H*<sub>2</sub> kuppelt und diesen mitnimmt. Hierdurch wird zu den Auslösezeiten der jeweiligen Grundkennlinie dieser bestimmte Zeitbetrag addiert, so daß die Kennlinie des Distanzrelais jetzt durch die Gleichung

$$t = t_0 + C z$$

gegeben ist, d.h. also, es ist eine Parallelverschiebung in Richtung der Zeitachse eingetreten. Eine Verschiebung der Grundkennlinie in Richtung der Abszisse, also der *Z*-Achse, würde bedeuten, daß bei Kurzschlüssen, die innerhalb einer gewissen Entfernung vom Einbaort des Distanzrelais liegen, eine praktisch unverzögerte Auslösung erfolgt, während der stetige Anstieg der Auslösezeit erst bei Fehlern beginnt, die jenseits dieser „Grundimpedanz“ liegen. Es ist dies bereits die einfachste Form einer „gebrochenen“ Kennlinie, die bei dem Relais nach Bild 3 ebenfalls einstellbar ist. Man braucht sich hierzu nur zu vergegenwärtigen, daß nach der Wahl einer bestimmten Steilheit, also auch einer bestimmten Anzapfung am Spannungshaltesystem *II*, jedem Punkt der Kulisse *S* eine bestimmte Impedanz *z* entspricht, bei der das Relais auslösen würde. Sorgt man also beispielsweise durch einen verstellbaren Anschlag für den Hebel *H*<sub>1</sub> dafür, daß dieser beim Auftreten eines Kurzschlusses nicht erst aus dem Punkt *O* herauszuwandern braucht, sondern bereits in der Ruhelage einen bestimmten Vorlauf *d* hat, so wird bei allen Impedanzen von Null bis zu dem diesem Vorlauf entsprechenden Wert das Drehmoment des Systems *I* von vornherein überwiegen, so daß für Fehler innerhalb dieser Entfernung eine prak-

tisch unverzögerte Auslösung eintritt. Erst wenn ein Kurzschluß in größerer Entfernung auftritt, muß der Hebel  $H_1$  vom Motor  $G$  verstellt werden, bis der Ansprechpunkt erreicht wird. Erst für solche Fehler also liegt die Ansprechzeit des Distanzrelais auf dem stetig ansteigenden Teil der Kennlinie.

Schließlich besitzt das Relais nach Bild 3 noch eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung seiner Kennlinie, von der praktisch ebenfalls oft Gebrauch gemacht wird. Es handelt sich hier um die Sperrung bzw. Verriegelung der Auslösemöglichkeit für bestimmte Zeit- oder Impedanzbereiche, die aus irgendwelchen Stafflungs- oder sonstigen betrieblichen Rücksichten heraus erforderlich sein kann. Eine solche Sperrung der Auslösemöglichkeit für bestimmte Bereiche kann bei diesem Relais in einfachster Weise dadurch erreicht werden, daß man längs der Bahn der Zeigerspitze  $H_1$  in den entsprechenden Bereichen einen festen Anschlag anbringt, der außerhalb der Ebene der Kulisse  $S$  liegt, so daß er diese nicht in ihrer Bewegungsfreiheit hindert. Ein auf dem Hebel  $H_1$  befindlicher Stift bzw. eine Rolle würde sich dann bei einem eventuellen Ansprechen des Relais im gesperrten Bereich gegen diesen festen Anschlag stützen, so daß ein Ausschwenken der Kulisse  $S$  und somit eine Betätigung des Auslösekontaktes  $K$  erst stattfinden kann, wenn der Hebel  $H_1$  aus dem gesperrten Bereich herausgelaufen ist. Die häufigste Anwendungsform dieser Auslösesperrung ist die sogenannte Grundzeiteinstellung, bei der längs des Anfangsweges des Hebels  $H_1$  ein solcher Anschlag vorgesehen ist. Dieser schneidet also den unteren Teil der Kennlinie ab, d. h. die Auslösung kann frühestens nach Ablauf einer bestimmten Grundzeit erfolgen, ohne daß dadurch aber die übrigen Teile der Kennlinie ebenfalls verlagert werden, wie dies bei der vorher beschriebenen Parallelverschiebung der Kennlinie in Richtung der Zeitachse der Fall war.

5. Das Eilimpedanzrelais (S&H)

Das Eilimpedanzrelais ist das erste hier zu besprechende Distanzrelais, das eine regelrechte ohmmetrische Ausmessung der Kurzschlußbahn vornimmt. Das jeweilige Meßergebnis stellt dann die für den betreffenden Fehlerfall erforderliche Auslösezeit ein, die in der Grundform zunächst wieder durch eine stetig ansteigende Kennlinie gegeben ist. Die grundsätzliche Wirkungsweise geht aus Bild 4 hervor, und zwar besteht das

- a Spannungseisen
- b Stromeisen
- c Ferrarisscheibe
- d Anschlagkontakt
- e Hauptkontakt
- f, g Kontakte am Laufhebel
- h Endzeitkontakt
- i, k Einstellung der Endzeit
- l in Sekunden geeichte Bogenskala
- m, n Einstellung des Anschlagkontaktes
- p Eilkontakt
- q Ausgangslage des Laufhebels bei positiver Zeit (für den Kurvenanfang)
- r Ausgangslage des Laufhebels bei negativer Zeit (für den Kurvenanfang)
- s Stellung der Scheibe bei entfernten Fehlern

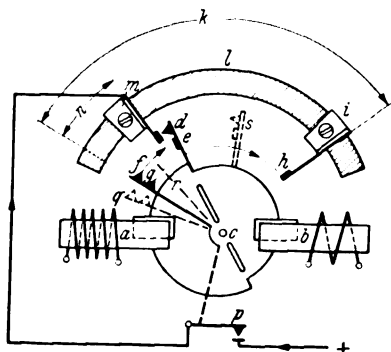


Bild 4. Eilimpedanzrelais (S&H).

Eilimpedanzrelais aus einem unabhängigen Gleichstrom-Zeitrelais und einem Impedanzmeßwerk, das den Gegenkontakt zum Zeitrelais trägt. Von dem Zeitrelais ist in dem Bild der Übersichtlichkeit halber nur der Laufhebel mit den Kontakten  $f$  und  $g$  dargestellt. Das Widerstandsmeßwerk enthält eine Ferrarisscheibe, die von einem Strom- und Spannungskern in jeweils entgegengesetztem

Drehsinn angetrieben wird. Die Scheibe trägt den Gegenkontakt und ist derart geformt, daß sie bei jedem Verhältniswert aus Spannung zu Strom eine bestimmte, zugehörige Gleichgewichtslage einnimmt. Ist der gemessene Widerstandswert groß, so bewegt sich der Kontakt des Meßwerkes von dem Gegenkontakt des Zeitrelais weg und erreicht beim Überschreiten des Meßbereiches am rechten Anschlag seinen Höchstausschlag. Wird der Widerstand  $0$  gemessen, so liegt die Scheibe an dem linken Anschlag, und der Laufkontakt hat seinen bestimmten konstanten Weg entsprechend der Grundzeit zurückzulegen. Bei

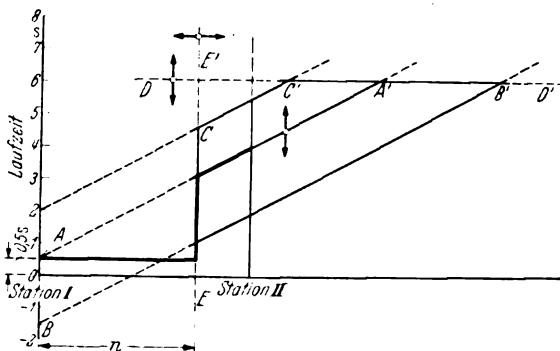


Bild 5. Kennlinien des Eilimpedanzrelais.

größeren Impedanzen dagegen muß der Zeitkontakt  $f$  einen entsprechend größeren Weg zurücklegen, ehe er auf den Einstellkontakt  $e$  des Meßwerkes trifft und damit die Auslösung des Leitungsschalters betätigen kann. Dementsprechend wird die Auslösezeit des Relais mit steigender Impedanz stetig zunehmen, so daß sich zunächst wieder die bekannte ansteigende Kennlinie ergibt.

Die Steilheit der Kennlinie ist bei unveränderlicher Ablaufgeschwindigkeit des Zeitwerkes allein durch den Meßbereich des Impedanzsystems gegeben, der in einfachster Weise durch Vorschaltwiderstände geändert werden kann. Zur Einstellung der Steilheit ist deshalb ein mehrfach angezapfter Widerstand vor das Spannungssystem des Ohmmeters geschaltet, so daß der Anstieg der Kennlinie in weiten Grenzen gewählt werden kann.

Die Kennlinien können nach oben hin durch den Endkontakt  $h$  begrenzt werden, der längs der Bogenskala  $l$  beliebig eingestellt werden kann. Bei Fehlerimpedanzen, die einen über die Stellung des Grenzzeitkontaktes  $h$  hinausgehenden Ausschlag des Ohmmeters ergeben, findet die Auslösung statt, sowie der Zeitwerkkontakt  $g$  den Gegenkontakt  $h$  berührt. Eine Parallelverschiebung der Grundkennlinie in Richtung der Zeitachse des Koordinatensystems ist ähnlich wie bei dem zuvor beschriebenen Distanzrelais in einfacher Weise dadurch möglich, daß man den Laufkontakt des Zeitwerkes aus der normalen Nullstellung entgegen dem Uhrzeigergegensinne etwa in die Ausgangslage  $q$  verstellt. Hierdurch addiert sich wieder eine konstante zusätzliche Verzögerung zu allen Punkten der Ausgangskennlinie  $A-A'$ , so daß diese in die Lage  $C-C'$  übergeht (Bild 5).

Andererseits läßt sich die Grundkennlinie aber auch durch entgegengesetzte Verstellung des Laufkontaktes im Sinne einer konstanten Verkürzung der Auslösezeiten verschieben, so daß sie die Lage  $B-B'$  annimmt. Im Anfangsgebiet würden sich hierdurch theoretisch sogar negative Auslösezeiten ergeben. Diese stellen aber natürlich nur fiktive Werte dar, da die Auslösung frühestens im Augenblick des Einsetzens der Überstromanregung, also zur Zeit  $t=0$ , erfolgen könnte. Es ergibt sich mithin bei dieser Einstellung des Impedanzsystems die gleiche einfache Form einer gebrochenen Kennlinie wie bei dem im vorigen Abschnitt beschriebenen Distanzrelais, d. h. eine Parallelverschiebung in Richtung der Impedanzachse des Koordinatensystems. Nun erlaubt aber der Aufbau des soeben beschriebenen Distanzrelais auch in einfacher

Weise erstmalig die Einstellung einer gebrochenen Kennlinie in der Form, wie sie in Bild 5 stark ausgezogen dargestellt ist. An dem Übergang in den stetig ansteigenden Teil ist nämlich ein plötzlicher Zeitsprung einstellbar, der aus der ursprünglichen Kennlinie  $A-A'$  eine Eilzone bzw. Schnellzone herauschneidet. Die grundsätzliche Bedeutung dieser Einstellmöglichkeit für die Praxis ist bereits bei der früheren allgemeinen Betrachtung der verschiedenen Kennlinienformen der Distanzrelais ausführlich erläutert worden.

Zur Gewinnung dieser typischen Form einer gebrochenen Kennlinie ist an der Bogenskala  $l$  (Bild 4) ein weiterer verstellbarer Anschlagkontakt  $m$  vorgesehen, gegen den sich der Einstellkontakt  $d$  des Impedanzmeßwerkes im ungestörten Normalbetrieb des geschützten Netzes legt. Stellt man nun diesen Kontakt  $m$  an der Bogenskala  $l$  auf einen bestimmten positiven Winkel ein, so kann der Einstellkontakt nicht bis in die eigentliche Nullstellung des Impedanzmeßwerkes zurückgehen, sondern behält stets einen bestimmten positiven Ausschlag als Ausgangsstellung bei.

Für alle solche Fehler, die am Meßsystem keinen größeren Impedanzausschlag als diesen Grundwert ergeben würden, bleiben infolgedessen die Kontakte  $m-d$  auch während des Kurzschlusses in Berührung, und man kann dies dazu benutzen, um über diese Kontakte eine sofortige Auslösung herbeizuführen (Eilzone). Natürlich kann man die Abschaltung praktisch nicht absolut unverzögert vornehmen, denn man muß dem Impedanzmeßsystem beim Auftreten eines entfernteren Fehlers erst Gelegenheit geben, sich einzustellen bzw. zum mindesten den Einstellkontakt  $d$  von  $m$  abzuheben, um nicht auch bei Fehlern außerhalb der Eilzone unerwünschterweise sofort auszulösen. Aus diesem Grunde ist dem Kontakt  $m$  noch der etwas verzögerte Kontakt  $p$  als Eilkontakt vorgeschaltet, der dem Relais den Namen Eilimpedanzrelais gegeben hat.

In den letzten Jahren ist am Eilimpedanzrelais noch eine weitere Einstellmöglichkeit vorgesehen worden, mittels der man eine doppelt gebrochene Kennlinie erzielen kann. Zu diesem Zweck ist ein auf etwa 0,6 s eingestellter Hilfskontakt vorgesehen, der nach dieser Zeit ein zusätzliches Umschaltrelais betätigt. Dieses Hilfsrelais unterbricht die Zuleitung zum Anschlagkontakt  $m$  und schaltet gleichzeitig zusätzlichen Widerstand vor die Spannungsspule des Impedanzmeßsystems. Hierdurch wird der Meßbereich vergrößert, d. h. die Steilheit der Kennlinie wird plötzlich verringert, so daß der Ausschlagwinkel des Einstellkontaktes sich vom Moment der Umschaltung ab entsprechend verringert. Hieraus ergibt sich in der Resultierenden eine doppelt gebrochene Kennlinie, wobei allerdings am Übergang von der zweiten Stufe in den stetig ansteigenden Teil kein plötzlicher Zeitsprung eingestellt werden kann, wie dies zwischen der ersten und zweiten Zone der Fall ist.

#### 6. Distanzrelais mit ohmmetrischem Einstellsystem (BBC)

Ein anderes Distanzrelais mit ohmmetrischem Einstellsystem besitzt ebenfalls eine stetig ansteigende Kennlinie, die durch das Zusammenwirken des ohmmetrischen Systems mit einem Zeitwerk zustande kommt, wobei jedoch im Gegensatz zum Eilimpedanzrelais die einzelnen Bauelemente nicht elektrisch, sondern mechanisch miteinander gekuppelt sind. Das Relais hat in dieser Hinsicht eine gewisse Ähnlichkeit mit dem in Abschnitt 3 beschriebenen N-Relais. Es arbeitet ebenfalls mit einer Kurvenscheibe, die sich aber in diesem Falle auf der Achse eines ohmmetrischen Meßsystems befindet. Statt des Bimetallsystems ist hier ein von einem Zeitwerk gleichförmig vorwärts bewegter Hebel vorgesehen, der bei seinem Auftreffen auf die vom Impedanzsystem eingestellte Kurvenscheibe einen Auslösekontakt entklinkt.

Die Steilheit der Kennlinie kann ähnlich wie beim Eilimpedanzrelais durch Änderung des Meßbereiches ein-

gestellt werden. Dies geschieht durch einen feinstufig angezapften Zwischenspannungswandler, der vor das Spannungssystem des Impedanzmeters geschaltet ist. Durch Verstellung des Vorlaufes an dem zeitproportional vorwärts bewegten Auslösehebel kann auch bei diesem Relais eine Parallelverschiebung der Kennlinie vorgenommen werden.

#### 7. Schnelldistanzrelais mit Impedanzkipgliedern

Das Kipprelais der AEG besitzt im Gegensatz zu dem soeben beschriebenen Impedanzmeßwerk keine ohmmetrische Einstellung eines Ausschlagwinkels, sondern ist nur auf einen einzigen Impedanzwert fest eingestellt. Es stellt ein mit einer Strom- und einer Spannungsspule ausgerüstetes Waagebalkensystem dar, das je nach Unter- oder Überschreitung des festen Ansprechwertes in die eine oder andere Endlage kippt und damit einen Kontakt öffnet oder schließt.

Das von S&H hergestellte Impedanzkipglied arbeitet nach dem Ferrarisprinzip. Auch dieses Relais ist im Grunde ein Waagebalkensystem, bei dem jedoch der Waagebalken durch eine Aluminiumscheibe gebildet wird, auf welche an den beiden Enden ein Strom- und ein Spannungstriebsystem im entgegengesetzten Sinne einwirken.

Derartige Impedanzkipglieder sind Bausteine für Schnelldistanzrelais mit reiner Stufenkennlinie oder mit gebrochener Kennlinie. In der ersten Anwendungsform steuern sie mit ihren Kontakten die Auslösezeit derart, daß je nach der Stellung eines oder mehrerer unterschiedlich eingestellter Kippglieder die eine oder andere Stufe eines Mehrstufen-Zeitrelais für die Auslösung freigegeben wird, so daß durch diese rein schaltungstechnische Maßnahme in sehr einfacher Form eine mehrstufige Impedanz-Zeitkennlinie entsteht. Die Ansprechimpedanz der Kippglieder kann durch feinstufig angezapfte Zwischenspannungswandler oder durch regelbare Vorschaltwiderstände in weiten Grenzen geändert und damit den verschiedenen Längen der jeweils zu schützenden Leitungen angepaßt werden.

Zur Erzielung von gebrochenen Kennlinien können solche Impedanzkipglieder grundsätzlich in Verbindung mit Distanzrelaisystemen verwendet werden, die eine stetig ansteigende Auslösekennlinie besitzen. Die beiden Relaisysteme werden dann schaltungsmäßig so miteinander vereint, daß bei Fehlern auf dem größten Teil der zu schützenden Leitungsstrecke eine Schnellauslösung durch das Kippglied stattfindet, während bei weiter entfernten Fehlern die stetige Kennlinie des Impedanzzeitrelais wirksam wird. In dieser Weise ist z. B. das Schnelldistanzrelais SD 2 der AEG aufgebaut.

#### 8. Das Schnelldistanzrelais SD 4 (AEG)

Bei diesem Distanzrelais ist die Ausmessung der Impedanz der Fehlerschleife erstmalig auf eine einfache Gleichstrommessung zurückgeführt worden<sup>2)</sup>.

Wie Bild 6 zeigt, besitzt das Meßglied  $Z$  zwei Spulen  $B$  und  $C$ , die über kleine Trockengleichrichter an die Strom- bzw. Spannungswandler der zu schützenden Leitung angeschlossen sind. Die beiden Spulen sind unmittelbar übereinander gewickelt und können sich in dem ringförmigen Luftspalt eines kräftigen Dauermagneten bewegen. Infolge der hohen Empfindlichkeit, die mit einem solchen Gleichstromrelais erzielt werden kann, ist es dabei nicht nötig, etwa den ganzen Sekundärstrom der Stromwandler gleichzurichten. Es genügt vielmehr, den sekundären Kurzschlußstrom über einen niedrigohmigen Widerstand  $R_1$  zu leiten und nur den an seinen Klemmen auftretenden Spannungsabfall gleichzurichten.

Die beiden Spulen  $B$  und  $C$  sind nun mit einer solchen Polarität an die Trockengleichrichter angeschlossen, daß die dem Kurzschlußstrom zugeordnete Spule  $B$  den Impedanzkontakt  $f$  zu schließen trachtet, während die an

<sup>2)</sup> G. Stark, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 158.

die Spannung angeschlossene Spule *C* den Kontakt *f* gerade geöffnet halten will. Bei einer bestimmten Impedanz, d. h. bei einem bestimmten Verhältnis von *U* und *I*, werden sich die Amperewindungen der beiden Spulen *B* und *C* gerade aufheben. Bei kleineren Impedanzen überwiegt die Kraft des Stromsystems, und der Auslösekontakt *f* wird geschlossen. Bei größeren Impedanzen überwiegt dagegen die Spannung, so daß der Kontakt geöffnet bleibt. Die Anordnung in Bild 6 stellt

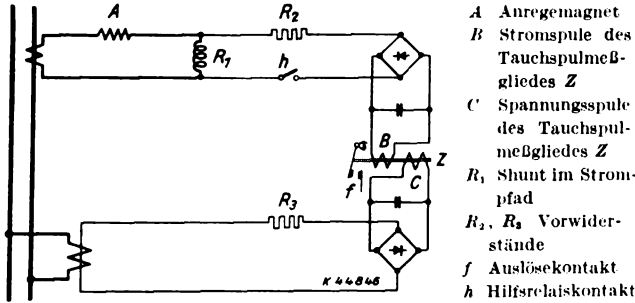


Bild 6. Meßanordnung beim Schnelldistanzrelais SD 4 (AEG) (grundsätzliche Darstellung).

also ein Impedanzkippglied dar, das in ähnlicher Weise wie z. B. im Abschnitt 7 beschrieben, als Baustein für ein Schnelldistanzrelais mit rein stufenförmiger oder gebrochener Kennlinie verwendet werden kann. Die Einstellung der Kippimpedanz kann dann einfach beispielsweise durch Regelung des Widerstandes *R*<sub>3</sub> im Spannungspfad vorgenommen werden. Je größer nämlich dieser Widerstand ist, um so größer ist offensichtlich auch die Spannung *U*, die der einem bestimmten Strom *I* entsprechenden AW-Zahl der Spule *B* gerade die Waage zu halten vermag, d. h. um so größer ist auch die Ansprechimpedanz, bei der der Kontakt *f* noch geschlossen wird. Es ist nun leicht einzusehen, daß man aus der Anordnung nach Bild 6 auch ohne weiteres ein Distanzrelais mit stetig ansteigender Kennlinie gewinnen kann. Man braucht dann nur dafür zu sorgen, daß nach dem Auftreten eines Kurzschlusses im geschützten Leitungsnetz der Widerstand *R*<sub>3</sub> durch ein geeignetes Zeitwerk stetig vergrößert wird. Es entsteht dann zunächst die einfachste Form einer gebrochenen Kennlinie, wie sie in Bild 7a dargestellt ist. Im Bereiche einer bestimmten Grundimpedanz, die durch den Anfangswert des Widerstandes *R*<sub>3</sub> gegeben ist, findet sofortige Auslösung statt, während bei größeren Fehlerimpedanzen ein Ansprechen des Kippgliedes erst dann erfolgen kann, wenn durch das zeitproportionale Vergrößern des Widerstandes *R*<sub>3</sub> die Haltekraft des Spannungssystems so weit herabgesetzt worden ist, daß das Stromsystem *B* den Kontakt *f* zu betätigen vermag.

Richtet man diese Widerstandsverstellung *R*<sub>3</sub> so ein, daß eine Vergrößerung des Grundwertes erst nach einer

bestimmten Laufzeit eintritt, so erhält die Kennlinie des Relais die ausgesprochene Stufenform von Bild 7b.

Beim SD 4-Relais ist die Anordnung nun so getroffen, daß der Widerstand *R*<sub>3</sub> aus einem von Hand beliebig einstellbaren Grundwert *R*<sub>2</sub> und einem zeitproportional vergrößerten Teil *R*<sub>1</sub> gebildet wird. Der erste Teil dient zur beliebigen Einstellung der Kippimpedanz der Schnellzone, während der zweite Teil den anschließenden stetigen Anstieg der Auslösekennlinie hervorbringt<sup>3)</sup>.

Die beim Eintreten eines Kurzschlusses stetig ablaufende Verstelleinrichtung für den Widerstand *R*<sub>1</sub> ist so ausgebildet, daß der Abgriffhebel zunächst eine widerstandslose Gleitbahn durchläuft. Erst nach der hierzu erforderlichen Zeit findet eine kontinuierliche Zuschaltung von Widerstand im Spannungspfad statt, wodurch sich eine Kennlinie nach Bild 7b ergibt. Mittels eines einstellbaren Anschlages kann die Ausgangslage des Abgriffhebels auf der widerstandslosen Gleitbahn beliebig verstellt werden. Auf diese Weise ist der Zeitsprung einstellbar und kann an einer Skala abgelesen werden. Ebenso ist die Impedanz der Schnellzone (Kippimpedanz), wie bereits bemerkt, mittels eines Widerstandes *R*<sub>2</sub> einstellbar.

Zur Erzielung der doppelt gebrochenen Kennlinien nach Bild 7c und d ist an der Verstelleinrichtung ein weiterer einstellbarer Zeitkontakt vorgesehen, der nach einem beliebig wählbaren Teil der gesamten Vorlaufzeit einen zweiten Abgriff des Widerstandes *R*<sub>2</sub> und damit eine andere Kippimpedanz für die zweite Zone einschaltet. Die beiden *R*<sub>2</sub>-Abgriffe sind unabhängig voneinander einstellbar, so daß die Kippwerte für die beiden Zonen vollständig beliebig gewählt werden können. Ein zweiter Zeitkontakt, der längs der ganzen Zeitskala verstellbar ist, ermöglicht in bekannter Weise eine Begrenzung des stetigen Anstieges der Kennlinie (Grenzzeitkontakt). Die in Bild 7 gezeigten Kennlinienarten sind also in allen Teilen beliebig einstellbar. Dazu kann die Steilheit des stetigen Teiles der Kennlinie ebenfalls in weiten Grenzen gewählt werden. Dies geschieht mittels eines regelbaren Widerstandes, der parallel zum Spannungspfad des Meßsystems liegt und somit einen Teil des den zeitproportional verstellten Widerstand *R*<sub>1</sub> durchfließenden Stromes am eigentlichen Meßsystem vorbeileitet. Je nach dem Grade der Shuntierung ist die Steilheit größer oder geringer. Der Einstellwiderstand wird infolgedessen mit einer Skala versehen, die unmittelbar in s/Ω geeicht ist.

**Zusammenfassung**

Diejenigen Einrichtungen wurden ausführlich besprochen, die zur Einstellung der Kennlinien und zu ihrer Modifikation verwendet werden. Bei den ältesten in der deutschen Praxis benutzten Distanzrelais, die durchweg mit einer stetig ansteigenden Kennlinie arbeiteten, waren dies im allgemeinen nur Mittel zur Einstellung der Steilheit und gegebenenfalls zur Begrenzung der Kennlinie nach oben (Grenzzeitkontakt). Verhältnismäßig bald wurden darüber hinaus zusätzliche Mittel zur Parallelverschiebung der Kennlinie verwendet. Hierbei gelangte man von der stetigen bereits zur einfachsten Form der gebrochenen Kennlinie. Es wurde ferner gezeigt, daß die neuzeitlichen Distanzrelais durchweg mit gebrochenen Kennlinien arbeiten, wobei die doppelt gebrochene Kennlinie zu besonderer Bedeutung gelangt ist. Großer Wert ist bei solchen Relais darauf gelegt worden, daß die Kennlinien in allen ihren Teilen einzeln leicht und unabhängig von den übrigen Bestimmungsgrößen eingestellt werden können, wobei auch die Form der Kennlinie in einfachster Weise modifiziert werden kann. Bei einem neu herausgekommenen Schnelldistanzrelais sind die der Meßtechnik bereits seit langem nutzbar gemachten Vorteile der Gleichrichterinstrumente erstmalig auch dem Distanzrelaisbau praktisch erschlossen worden.

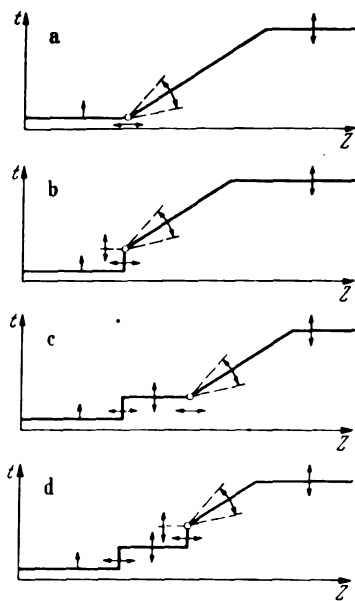


Bild 7. Einige einstellbare Kennlinienformen beim SD 4-Relais.

<sup>3)</sup> G. Walther, AEG-Mitt. (1938) S. 99.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.1.027.3 : 621.3.015.532

**Erfahrungen über die Korona an der Übertragungsleitung vom Boulder Dam.** [Nach B. Cozzens u. WM. S. Peterson, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. S. 137; 4 S., 2 B.]

Auf Grund der Versuchsergebnisse im Hochspannungsversuchsfeld wurde unter Berücksichtigung des Einflusses von Temperatur und Höhenlage für die Leitungsseile der 287,5 kV-Übertragungsleitung vom Boulder Dam ein Durchmesser von 35,6 mm gewählt, der auch im Hinblick auf z. Z. noch unbekannt, die Koronaerscheinung beeinflussende Erscheinungen, die sich bei vielen Versuchen bemerkbar gemacht haben, eine genügende Sicherheit dafür bietet, daß die Leitung frei von Koronaerscheinungen ist. Bei der Ausführung der Leitungsausrüstungen, wie der Hänge- und Abspannklemmen und der Lichtbogenschutzhörner wurde ferner durch Abrundung aller Ränder und Ecken besonders darauf geachtet, daß an diesen Stellen ebensowenig wie an den langen Isolatorenketten selbst außer bei Staub- und Nebelniederschlägen keine Korona auftreten kann. Nach Inbetriebnahme der Leitung ist deren Koronaverhalten insbesondere durch sorgfältige Geräuschbeobachtungen überprüft worden. Auf der von Los Angeles gespeisten Leitungsstrecke waren bis zu Höhenlagen von etwa 600 m bei trockenem Wetter nur mäßig starke Koronageräusche auf eine Entfernung von etwa 120 m von der Leitung wahrzunehmen. Im Gebirge und in der Wüste, durch die die Leitung hindurchgeführt ist, waren stärkere Koronageräusche zu hören. Überraschenderweise waren diese nicht in den größten Höhenlagen der Leitung (über 1300 m) am lautesten, wie naturgemäß wegen der dort herrschenden geringeren Luftdichte zu erwarten gewesen wäre, sondern an einer Stelle der Leitung in etwa 960 m Höhe. Im Gegensatz zu den üblichen Erwartungen sind an dieser Stelle besonders starke Koronageräusche an kühlen Abenden beobachtet worden, wogegen die Leitung während wärmerer Tagesläufe sehr ruhig war. Zuweilen zeigte ein Leitungsseil während weniger Minuten einen raschen Wechsel zwischen Koronageräusch und Stille. In geringerem Umfang wurden gleichartige Erscheinungen noch an vier anderen Stellen der Leitung beobachtet. Eingehende Untersuchungen ergaben, daß diese Erscheinungen kaum, wie zunächst vermutet wurde, auf den Einfluß der Luftpolarität oder geladener Staubteilchen zurückgeführt werden können, so daß zu ihrer Erklärung weitere Untersuchungen erforderlich werden. Bei Regen wird das Koronageräusch an allen Stellen der Leitung vernehmbar, doch bleibt es immerhin noch mäßig, so daß die getroffene Wahl des Durchmessers für die Leitungsseile der Übertragungsleitung vollauf gerechtfertigt ist. O. N.

### Meßgeräte und Meßverfahren

**Temperaturmessungen in der Preßform.** [Nach H. Horn, Kunststoffe 29 (1939) S. 297; 4 S., 11 B.]

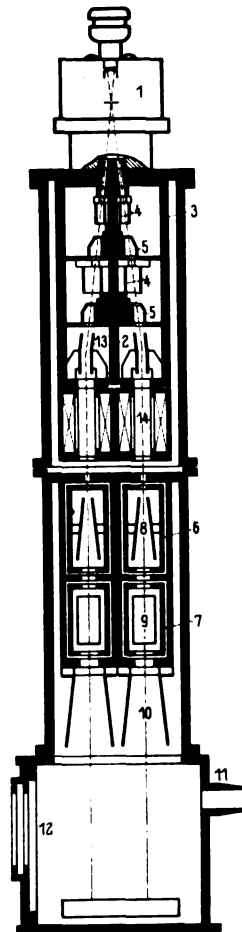
Von entscheidendem Einfluß auf den Härtungsvorgang ist die Temperaturverteilung im Preßling. Der Verfasser gibt eine Versuchseinrichtung an, mit welcher an drei Meßpunkten die Temperatur im Innern des Preßlings während des Pressens gemessen wurde. Als Durchführung für die Zuleitungen der Thermoelemente in die Preßform dienten die dazu abgeänderten Auswerferstifte. Durch Auswertung und rechnerische Umformung der Meßwerte läßt sich eine Wärmebilanz aufstellen, die das Freiwerden von Wärme beim Härten von Phenolharz in der Preßform zeigt. Eine Änderung des Preßdruckes war bei den Versuchen ohne Einfluß auf den Temperaturverlauf.

Die Versuchsergebnisse lassen darauf schließen, daß das angewandte Verfahren, während des Preßvorganges in der Form Messungen zu unternehmen, im Grundsätzlichen richtig ist, wenn dieses auch noch in vielen Punkten unvollkommen und verbesserungsbedürftig sein mag. Wenn die freiwerdende chemische Wärmemenge ein Maß für die Aushärtung der Preßmasse ist, so bieten sich hier Möglichkeiten, wichtige Größen in der Verarbeitungstechnik in Zahlen auszudrücken, die sich seither einer exakten Messung entzogen. *Opz.*

DK 536.532

**Ein Mehrfachoszillograph hoher Schreibleistung nach dem Voranodenprinzip.** [Nach H. Thielen, Arch. Elektro-techn. 34 (1940) H. 1, S. 57; 4 S., 8 B.]

Vor einiger Zeit<sup>1)</sup> wurde ein Zweistrahloszillograph beschrieben, bei dem die Schreibstrahlen in getrennten Entladungsröhren mit Hilfsentladung erzeugt werden. Dabei wurde nachgewiesen, daß bei Verwendung der Entladungsröhre mit Hilfsentladung solche Oszillographen allen Anforderungen für die Mehrfachoszillographie selbst bis zu den höchsten Schreibgeschwindigkeiten bei recht niedrigen Strahlspannungen gerecht werden. Auch die folgende Anordnung, bei der die Erzeugung der Schreibstrahlen an einer gemeinsamen Kathode mit Voranode<sup>2)</sup> geschieht, stellt einen Fortschritt dar. In der Arbeit wird nun auf dieses Verfahren der Voranode eingegangen, ein auf dieser Grundlage entwickelter Zweistrahloszillograph (Bild 1) beschrieben und der Nachweis für seine Leistungsfähigkeit erbracht. Versuche bestätigen außerdem, daß nach dem Voranodenverfahren der Bau von Oszillographen größerer Strahlzahl (Vier- und Achtstrahloszillographen) möglich ist. Dabei sind der apparative Aufwand und die Abmessungen kaum größer als bei der Einstrahlbauart gleicher Leistungsfähigkeit.



- |                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1 Entladungsröhre         | 10 Koordinateneinstellplatten |
| 2 Mittelspindel           | 11 Pumpstutzen                |
| 3 Abschirmrohr            | 12 Beobachtungs-fenster       |
| 4 Sperrzylinder           | 13 Strahlrichtplatten         |
| 5 Sperrblenden            | 14 Hauptsammelspule           |
| 6 u. 7 Faradayscher Käfig |                               |
| 8 u. 9 Ablenkplatten      |                               |

Bild 1. Schnitt durch den Zweistrahl-oszillographen (Schema).

DK 621.317.442 : 621.313.29

**Magnetischer Flußmesser mit Scheibengenerator.** [Nach G. Cocci u. R. Sartori, Elettrotecnica 26 (1939) S. 292; 5 S., 11 B.]

Die Aufnahmeverfahren von Magnetisierungskurven mittels des ballistischen Galvanometers haben den Nachteil, daß sie nur Flußveränderungen und nicht den absoluten Wert des Flusses zu messen gestatten. Um den absoluten Wert zu bestimmen, muß man den Eisenkern notgedrungen durch einen Luftspalt unterbrechen. Zur Anzeige des Flusses im Luftspalt bedient sich Cocci und Sartori eines Scheibengenerators, dessen Anker nur eine Stärke von etwa 2 mm aufwies, so daß die Luftspaltbreite auf 2,5 mm beschränkt werden konnte. Der Scheibenanker trug auf einer Bakelitscheibe 114 Einzelleiter, die an einen 57teiligen Kommutator angeschlossen waren. Als Prüfung diente ein passend quadratisch geschichteter Eisenkern, der die Abmessungen der normalen Epsteinprobe hatte (4 Einzelpakete von 500 mm Länge, 30 mm Breite und 30 mm Höhe). Die Ecken waren überlappt geschichtet. An einer Seite dieses Quadrates war der Luftspalt angebracht, in dem der Scheibenanker lief. Die eigentliche Magnetisierungswicklung war auf allen 4 Schenkeln angebracht und in Reihe geschaltet. Außerdem war noch an beiden Seiten des Luftspaltes eine

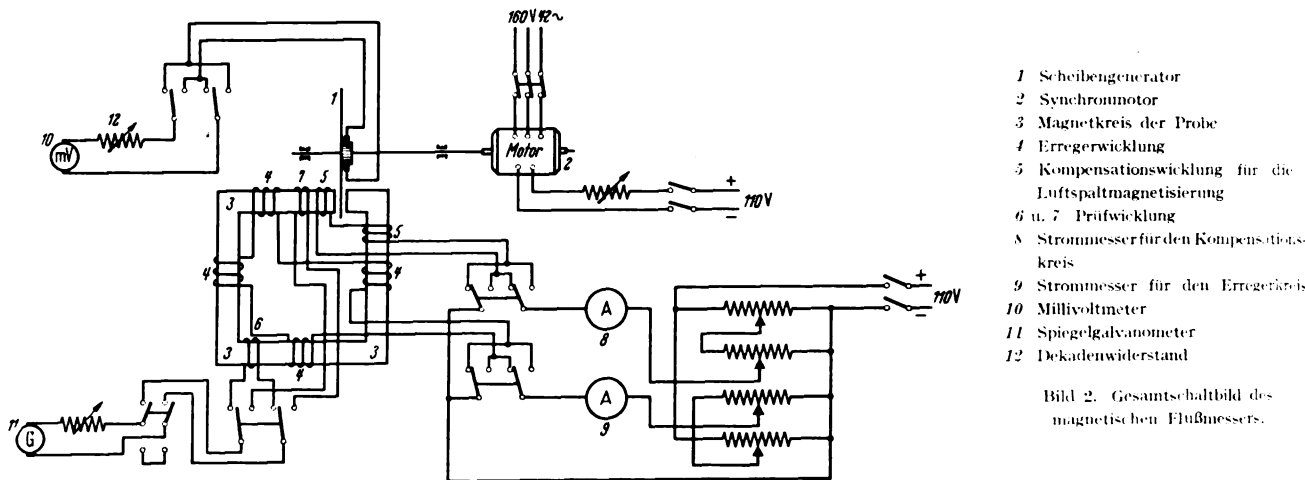
1) H. Thielen, Arch. Elektro-techn. 33 (1939) S. 189.

2) Vorschlag von Rogowski. Näheres bei Borekels und Dicks, Arch. Elektro-techn. 27 (1933) S. 134.



Wicklung angebracht, die zur Kompensation des magnetischen Gefälles des Luftspaltes dienen sollte; die erforderlichen Kompensationswerte lassen sich sowohl durch Rechnung wie durch Vermessen am ungeschnittenen Ring ermitteln. Der Scheibenanker wurde von einem Synchronmotor angetrieben; seine am Kommutator abgenommene Spannung lag an einem Millivoltmeter. Außerdem war auf den 4 Schenkeln noch eine weitere Wicklung aufgebracht, die an ein ballistisches Galvanometer

ersetzt. Neuerdings ist man wieder zur induktiven Strombegrenzung zurückgekehrt, da jetzt Streufeldtransformatoren mit gutem Wirkungsgrad gebaut werden, wobei der Leistungsfaktor durch Kondensatoren geeigneter Ausführung verbessert wird. Die neue Lampe wird als Gleichrichter mit einer Hg-Kathode und zwei Anoden für 3,65 A und 73 V Brennspannung gebaut. Der Streufeldtransformator in Sparschaltung (primär 100 bis 120 V) liefert eine Sekundär-Leerlaufspannung von zwei-



- 1 Scheibengenerator
- 2 Synchronmotor
- 3 Magnetkreis der Probe
- 4 Erregerwicklung
- 5 Kompensationswicklung für die Luftspaltmagnetisierung
- 6 u. 7 Prüfwicklung
- 8 Strommesser für den Kompensationskreis
- 9 Strommesser für den Erregerkreis
- 10 Millivoltmeter
- 11 Spiegelgalvanometer
- 12 Dekadenwiderstand

Bild 2. Gesamtschaltbild des magnetischen Flußmessers.

angeschlossen war; durch diese konnten Flußänderungen festgestellt werden. Die Schaltanordnung der gesamten Einrichtung gibt Bild 2 wieder. Mit der angegebenen Einrichtung ließen sich Magnetisierungskurven aufnehmen, ohne daß für den jeweiligen Meßpunkt eine Umpolung des Erregerstromes stattzufinden brauchte. O. E. N.

mal 165 V, während zwei symmetrische Zusatzwicklungen, die je 275 V liefern, über einen Kondensator von 3  $\mu$ F miteinander verbunden sind. Die Mittelanzapfung der Wicklung ist über eine Drossel von 0,2 H mit der Kathode der Lampe verbunden. Der früher zur Erzeugung des Zündstoßes verwendete Hg-Schalter ist durch einen Wolfram-Vakuumschalter mit zwei in Reihe geschalteten Abreißbögen ersetzt worden, dessen Schwingkontakte durch die Kathodendrossel angeregt werden ( $f = 360$  Hz). Hierdurch wurden die Sicherheit und Schnelligkeit der Zündung erheblich gesteigert. Die beim Zündvorgang auftretenden hochfrequenten hohen Spannungen werden über eine zu den Schwingkontakten parallelgeschaltete Funkenstrecke abgeleitet. Um beim Nichtzünden des Rohres dauerndes Ansprechen dieser Funkenstrecke und dadurch ihre allmähliche Zerstörung zu vermeiden, wird der Distanzring der Elektroden durch einen Siliziumkarbidwiderstand gebildet, der von 7  $M\Omega$  bei Erwärmung auf etwa 7000  $\Omega$  heruntergeht und so einen Nebenschluß bildet. Als Schutz gegen etwa auftretende Überspannungen an der Lampe und am Transformator ist parallel zu den Anoden ein Halbleiterwiderstand geschaltet, der etwa 1 W verbraucht. Die Vorzüge der neuen Lampe gegenüber der früheren mit ohmschen Widerständen zur Strombegrenzung sind größere Stabilität des Lichtbogens, geringere Abhängigkeit des Leistungsfaktors und der Leistung von Schwankungen der Netzspannung sowie kürzere Anlaufzeit. Der Leistungsfaktor wird mit 0,86 bis 0,90, die Gesamtleistungsaufnahme mit 350 W angegeben. Durch Verkürzung der Anodenansätze und Vergrößerung des Kathodenraumes kann die Lampe nun auch in waagerechter Lage betrieben werden. Durch Zusatz von Glühlampenlicht wird eine Verbesserung der Lichtfarbe erzielt. Fik.

**DK 534.85**

**Ein einfaches Gerät zur Tonaufzeichnung auf Platten.** [Nach K. de Boer u. A. Th. van Urk, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 111; 8 S., 8 B.]

Die Aufnahmen können auf jedem üblichen Schallplattengerät wiedergegeben werden, wobei nach Auswechslung zweier Teile entweder von außen nach innen oder aber wegen der besseren Wiedergabe der hohen Frequenzen von innen nach außen geschnitten werden kann.

Nach einer Behandlung der auf den Anker des elektromagnetischen Tonschreibers im sinusförmigen Wechselfeld ausgeübten Kräfte und der zu erwartenden Amplitude des Schreibstichels wird der Tonschreiber in seinem Aufbau beschrieben. Er weist u. a. in seinen Ankerspulen Kupferkerne auf; die Eigenfrequenz seines Ankers liegt etwa bei 6 kHz. Der durch die Kupferkerne bewirkte und mit dem Quadrat der Kreisfrequenz ansteigende Wirbelstrom-Verlustwiderstand ergibt einen weitgehenden linearen Verlauf der Frequenzkurve bis in die Nähe der Eigenfrequenz des Ankers. Eine wiedergegebene Frequenzkurve zeigt, daß die Abweichungen im Bereich zwischen 60 und 4500 Hz kleiner als 2 db und damit für das Ohr noch unmerklich sind. Zwischen dem den niederohmigen Ankerspulen zugeführten Strom und der Amplitude des Ankers besteht selbst bei 200 Hz eine befriedigende Linearität, so daß kaum nichtlineare Verzerrungen zu erwarten sind. Der Energiebedarf des Schreibers beträgt etwa 0,6 W und kann somit von den meisten Rundfunkempfängern ohne besonders große Verzerrungen geliefert werden. Für Sonderzwecke, z. B. wissenschaftliche Aufnahmen, steht ein Tonschreiber zur Verfügung, dessen Frequenzkurve zwischen 50 und 6500 Hz befriedigend linear verläuft; die Eigenfrequenz dieses Schreibers liegt bei 8,5 kHz. Allerdings ist der Energiebedarf dieses Schreibers größer, so daß ein besonderer Verstärker notwendig wird. Nag.

**Lichttechnik**

**DK 621.327.3**

**Neue Ausführung der Cooper-Hewitt-Lampe.** [Nach R. C. Kelting u. L. J. Buttolph, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 160; 7 S., 13 B.]

Die bei der ursprünglichen Cooper-Hewitt-Lampe zur Strombegrenzung verwendeten Drosselspulen hatte man zwecks günstigeren Leistungsfaktors später durch Eisenwiderstände

**Elektrowärme**

**DK 621.313.29 : 621.367**

**Die Streufeld-Schweißmaschine.** [Nach H. Lankau, Z. VDI 83 (1939) S. 537; 5 1/2 S., 14 B.]

Der Verfasser geht zunächst auf die Kennlinien von Schweißmaschinen ein und glaubt, daß eine flache Standkennlinie, die einer Linie gleicher Leistung näherkommt, bessere Schweißergebnisse liefert als eine steile Standkennlinie. Er vertritt die Ansicht, daß bei Schweißmaschinen nicht eine konstante Stromstärke, sondern eine konstante Leistung im Bereich der Schweißspannung erwünscht ist.

Ohne eine Definition seiner Auffassung von der Stoßkennlinie zu geben<sup>1)</sup>, vergleicht er Stand-Stoßkennlinien einer Querfeld- und einer fremderregten Schweißmaschine und kommt zu dem Schluß, daß für die Zündung nicht allein die

<sup>1)</sup> S. a. E. K. u. H., ETZ 52 (1931) S. 903 u. ETZ 53 (1932) S. 257.

Steilheit der Stoßkennlinie, sondern auch der Verlauf des Zündkurzschlußstromes maßgebend ist.

Einer Beschreibung des Aufbaues und der Wirkungsweise der Streufeld-Schweißmaschinen folgen an Hand ihrer Stand- und Stoßkennlinien sowie eines Schweißoszillogrammes Angaben über die schweißtechnischen und elektrischen Eigenschaften, über die Stromstärkenregelung und über den Wirkungsgrad der Streufeldmaschine. Zum Schluß sind fahrbare Streufeld-Schweißsätze mit Elektromotor- und Dieselmotorantrieb abgebildet. *Zdr.*

DK 621.791.76 : 669.71 -- 669.72

**Die elektrische Widerstandsschweißung von Leichtmetallen.** [Nach K. Siemers, Elektrowärme 9 (1939) S. 75; 6 1/2 S., 12 B.]

Zunächst wird die Stumpfschweißung von Aluminium und seinen Legierungen behandelt (die Abbrennschweißung ist für Leichtmetalle unbrauchbar), dann die Stumpfschweißung von Aluminium und Aluminiumlegierungen mit anderen Metallen, z. B. Kupfer (Kabelklemmen), Magnesium und seine Legierungen lassen sich z. Z. noch nicht stumpfschweißen. Die Punktschweißung wird bei fast allen Leichtmetallen schon angewandt bei Blechstärken von 0,2 bis 3 mm. Elektrodendruck, Schweißzeit und Stromstärke sind die wesentlichen Veränderlichen und müssen in weiten Grenzen regelbar sein. Auch der elektrische Nebenschluß durch nebenliegende Punkte spielt eine Rolle. Die bauliche Durchbildung zur Regelung dieser Faktoren wird eingehend geschildert. Bei der Nahtschweißung liegen ähnliche Verhältnisse wie bei der Punktschweißung vor. Hier ist noch die Oberflächenbeschaffenheit von Bedeutung. Der Anschluß mehrerer Maschinen an das Drehstromnetz und die Impulssteuerung zur Vermeidung von Überlastungen werden besprochen, desgleichen die elektrische Widerstandsschweißung mit gleitenden Kohlekontakten nach Weibel. Der Aufsatz gibt einen kurzen, aber keineswegs erschöpfenden Überblick. Die elektrischen Steuerungen, z. B. Gittersteuerung, Programmsteuerung werden erwähnt, der Modulator dagegen nicht. *I. C. F.*

## Verkehrstechnik

DK 621.337.21 : 621.335.42

**Fein- und Vielstufenschalter bei Straßenbahnwagen.** [Nach J. Prüss, Verkehrstechn. 20 (1939) S. 165; 4 1/2 S., 23 B.]

Bis kurz nach dem Kriege hatte sich als Regelausführung bei Straßenbahnen eine Fahrerschaltung mit 11 Anfahr- und 7 Bremsstufen herausgebildet, die für die damals üblichen Beschleunigungen und Verzögerungen von 0,5 bis 0,8 m/s<sup>2</sup> ausreichten. Durch Erhöhung der Stufenzahl läßt sich eine größere Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung erreichen, deren höchste Werte nicht mehr mit Rücksicht auf die für die Fahrgäste unangenehmen Stöße, sondern nur noch unter Berücksichtigung der Reibungsgrenzen gewählt werden können. Man ging daher zu den Vielstufenschaltern über, die 18 bis 25 Anfahr- und ebenso viele Bremsstufen erhielten. Geht man mit den Zugkraftspitzen beim Weiterschalten bis an die Reibungsgrenze, so erhält man bei vielen Stufen eine höhere mittlere Anfahr- bzw. Bremszugkraft als bei wenigen groben Stufen. In der Bauart zeigen diese Vielstufenschalter keine wesentlichen Abweichungen von der früheren Regelausführung. Eine fast vollständige Beseitigung der Spitzen und damit Steigerung der Beschleunigung und Verzögerung bis an die für die Fahrgäste zulässige Grenze erzielt man durch Verwendung von 150 und mehr Stufen bei den sogenannten Feinstufenschaltern. Da der Spannungsunterschied zwischen zwei Stufen sehr gering ist, benötigen diese Fahrshalter keine Funkenlöschung. Bei Schnellbahnen fährt man dabei zweckmäßig nur mit Parallelschaltung der Motoren an und vermeidet so den nicht zu umgehenden Stoß beim Übergang von Reihen- auf Parallelschaltung. Bei Straßenbahnen kann jedoch wegen der Anpassung an den Straßenverkehr auf eine Dauerstufe mit kleinerer Geschwindigkeit nicht verzichtet werden. Da der Vielstufenschalter eine große Zahl von Leitungen benötigt, wird er zentral in Wagenmitte angeordnet und durch mechanische Übertragungsteile von den Führerständen aus betätigt. Die Abfuhr der Wärme der unter dem Wagen angebrachten Widerstände des Vielstufenschalters erfordert meist künstliche Kühlung, wobei diese Wärme z. B. in Form einer Warmluftheizung im Winter zur Wagenheizung benutzt werden kann.

*Dtl.*

## Fernmeldetechnik

DK 621.396.2 : 621.396.5(42)

**Die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie und Telephonie in England.** [Nach C. E. Rickard, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 368; 11 1/2 S.]

In einem ausführlichen Bericht über die technischen Fortschritte, die während der letzten Jahre auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie und Telephonie in England erzielt wurden, werden zunächst die wichtigsten Beschlüsse der Weltfunktagung in Kairo 1938 kurz mitgeteilt. Bei der Revision des Weltnachrichtenvertrages von Madrid vom Jahre 1932 wurde der Frequenzverteilungsplan geändert, das bisherige Frequenzband zwischen 10 und 60 000 kHz auf das Band zwischen 10 und 200 000 kHz erweitert und die Frequenztoleranzbedingungen für die verschiedenen Funkdienste mit Ausnahme der Seefunkstellen verschärft. Bei den Seefunkstellen beziehen sich die Toleranzzahlen nur auf Frequenzabweichungen, die während einer Sendedauer von zehn Minuten beobachtet werden, wobei als Bezugsfrequenz die Trägerfrequenz bei Beginn der Sendung gilt. Ferner ist allen Funkstellen die Verwendung von B-Wellen (gedämpfte Wellen) untersagt. Nur die Seefunkstellen dürfen noch folgende B-Wellen benutzen: 375 kHz (800 m) für Funkpeilung, 425 kHz (706 m) für Verkehr und 509 kHz (600 m) als zwischenstaatliche Anruf- und Notwelle. Für den Seefunksprechdienst mit Seefunkstellen geringer Leistung, die in dem Frequenzband 1560 bis 3635 kHz (192,3 bis 82,5 m) arbeiten, wurde als Anruf- und Notwelle die Frequenz 1650 kHz (181,8 m) festgelegt.

Der Seefunkverkehr wickelt sich immer mehr auf kurzen Wellen ab. Auf den Küstenfunkstellen werden quartzgesteuerte Kurzwellensender größerer Leistung eingesetzt, die einen schnellen Wellenwechsel gestatten und in den ersten Stufen mit Pentoden ausgerüstet sind. Die genaue Frequenzeinstellung der Kurzwellensender auf Schiffen erfolgt mit einem Quarzwellenmesser. Für den Kurzwellenempfang wurde ein einfaches Vorsatzgerät zu den normalen Rundfunkempfängern entwickelt, das die Kurzwellen mit einem Breitbandgleichrichter in den entsprechenden Mittelwellenbereich transformiert. Das gewaltige Ansteigen des Seefunksprechdienstes geht aus der Tatsache hervor, daß bereits über 2000 Schiffe mit Funksprechern ausgerüstet sind. Der Abschnitt über den Seefunkdienst schließt mit einer kurzen Beschreibung der neuzeitlichen Funkanlage des englischen Schnelldampfers „Queen Mary“.

Das Gebiet der Funkpeilung wurde durch die stürmische Entwicklung der militärischen und zivilen Luftfahrt in den letzten Jahren stark gefördert. Für die Fremdpeilung wurden zahlreiche Adcock-Antennen in England und seinen Kronkolonien aufgestellt. Die neuesten Peiler für Eigenpeilung auf Schiffen und in Flugzeugen haben Einknopfbedienung und eine Braunsche Röhre als Anzeigegerät. Für die Seefahrt wurde eine große Anzahl von Peilfunkensendern hoher Frequenzkonstanz eingesetzt. Die Großflugboote „Caledonia“ und „Cambria“ für den transatlantischen Verkehr sind mit 60 bis 75 W-Sendern ausgerüstet, deren Wellenband von 15 bis 1100 m in sechs Bereiche unterteilt ist.

Der Funktelegrammverkehr zwischen London und New York wurde organisatorisch und technisch derartig verbessert, daß ein Funktelegramm mit Rückantwort in der äußerst kurzen Zeit von 24 s abgefertigt werden konnte. Die mittlere Übertragungszeit beträgt weniger als 60 s. Zur Verminderung der Schwunderscheinungen bei Kurzwellenübertragungen wurde mit Erfolg das Verfahren der Frequenzmodulation angewandt. Relativ geringe Frequenzbandbreiten erreicht man mit einer Modulationsfrequenz von 400 Hz und einem Pendeln der Trägerfrequenz um  $\pm 800$  Hz.

Die britische Postverwaltung hat in Zusammenarbeit mit einer amerikanischen Firma ein neues Kurzwellenempfangssystem entwickelt, das unter dem Namen „Musa-Antenne“ bekanntgeworden ist. Es besteht aus 16 in einer Reihe angeordneten Rhombusantennen von insgesamt etwa 3 km Ausdehnung in der Empfangsrichtung und zeichnet sich durch äußerst scharfe Bündelung aus. Mehrere Ultrakurzwellenverbindungen mit Frequenzen über 50 MHz wurden zwischen England und seinen vorgelagerten Inseln eingerichtet. Diese Ultrakurzwellensender von 1 bis 250 W Antennenleistung erzielen Reichweiten bis zu rd. 150 km und werden durch Quarze oder Turmaline gesteuert. Zwischen Irland und Schottland besteht ein 9Kanal-Ultrakurzwellenverkehr, wobei alle neun Sprachkanäle einer einzigen Trägerfrequenz aufgemodelt werden.

Für die englische Wehrmacht wurden drei verschiedene Funkgeräte neu entwickelt. Eine Funkstation mittlerer

Leistung umfaßt einen Wellenbereich von 30 bis 750 m und besitzt Reichweiten von etwa 150 km für Telegraphie und 45 km für Telephonie. Für den Empfang wird ein Superhet mit selbsttätiger Schwundregelung eingesetzt. Mit einem tragbaren 1 W-Funkgerät, das bei 100 m arbeitet, werden Reichweiten von etwa 23 km bei Telegraphie und fast 11 km bei Telephonie erzielt. Für die Tankwaffe wurde eine sehr handliche Kurzwellenstation entwickelt, die aus der 12 V-Anlasserbatterie gespeist wird und Telephonieverkehr auf 15 bis 18 km Entfernung ermöglicht.

Durch regelmäßige Impulssendungen und selbsttätige Registrierungen konnten die Erkenntnisse über die Vorgänge in der Ionosphäre stark bereichert werden. Hierbei wurde einwandfrei festgestellt, daß sich die E-Schicht in etwa 100 km, die F<sub>1</sub>-Schicht in 220 km und die F<sub>2</sub>-Schicht in Höhen zwischen 250 und 400 km über dem Erdboden befinden. Die Vorgänge in der F<sub>2</sub>-Schicht sind sehr stark von der Sonnenflecktätigkeit abhängig und noch nicht restlos geklärt. Die Forschungen ergaben, daß bei der Brechung der elektrischen Wellen in der Ionosphäre die freien Elektronen und nicht die positiven Ionen die Hauptrolle spielen. Ferner wurden die magnetischen Stürme und die plötzlich auftretenden Schwunde eingehend untersucht und festgestellt, daß diese Erscheinungen mit der Änderung der Ionendichte in der F<sub>2</sub>-Schicht zusammenhängen.

Die Frequenzstabilisierung der Sender ließ sich durch Verwenden von Quarzen mit äußerst geringen Temperaturkoeffizienten in Thermostaten erheblich verbessern. Frequenzstabilitäten bis zu 1 · 10<sup>-8</sup> wurden durch zweckmäßige Halterung des Schwingquarzes in seinen Knotenpunkten erreicht. Für das Wellenband von 14 bis 2000 m wurden Feldstärkemeßgeräte mit direkter Ablesung gebaut, womit Feldstärken von ¼ µV bis 1 V gemessen werden können. Ferner wurden für das Ultrakurzwellengebiet von 2 bis 15 m Feldstärkemeßgeräte entwickelt. Zum Schluß werden die Fortschritte im Bau von Sekundärelektronenverstärkern und von Hochfrequenzkabeln kurz behandelt. *Mtl.*

DK 621.396.8

**Über die Empfindlichkeitsgrenze beim Empfang elektrischer Wellen und ihre Erreichbarkeit.** [Nach K. Fränz, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 92; 5 S., 4 B.]

Die absolute Empfindlichkeitsgrenze bei Empfang mit ungerichteten Antennen wird berechnet, d. h. die kleinste Feldstärke, bei der man Gleichheit zwischen Signal und Rauschen erzielt. Sie rührt her von den Schwankungen der Wärmestrahlung, die eine Geräuschspannung in der Antenne induziert. Die Empfindlichkeitsgrenze kann erreicht werden, wenn erstens keine zusätzlichen atmosphärischen Störungen auftreten und zweitens die Eingangsschaltung des Empfängers richtig bemessen ist. Dazu muß bei vernachlässigbarem Röhrenrauschen die Antenne so fest wie möglich an den Eingangskreis gekoppelt werden, fester als man für maximale Energieentnahme aus dem elektromagnetischen Feld koppeln würde. Die durch die Eingangsschaltung bedingte Abweichung vom Empfindlichkeitsoptimum ist gleich der Wurzel aus dem Wirkungsgrad, den dieselbe Schaltung als Senderschaltung haben würde. Eine weitere Herabsetzung der Empfindlichkeit rührt besonders bei kurzen Wellen vom Rauschen des ersten Rohres her; bei vorherrschendem Röhrenrauschen stimmen die Kopplung für optimale Empfindlichkeit und größten Energieentzug aus dem Feld überein. Die Zusammenhänge bei beliebigem Anteil des Röhrenrauschens und bei beliebiger Kopplung werden berechnet. *Sb.*

DK 621.396.662.3

**Wellenfilter mit Kristallgliedern.** [Nach H. Stanesby u. E. R. Broad, Post Off. electr. Engrs. J. 31 (1939) S. 254; 11 S., 11 B.]

Die Arbeit befaßt sich mit Wellenfiltern, bei denen einzelne Glieder zur Erhöhung der Verlustfreiheit der ganzen Kette durch Kristallresonatoren ersetzt werden können. Als elektrisches Grundgebilde wird das sogenannte „Kreuzglied“ betrachtet, dessen Aufbau Bild 3a veranschaulicht; die beiden Längs- und die beiden Schrägwiderstände sollen einander gleich und im Sinn des Bildes 3b reine Blindgrößen sein; die unrandeten Teilgebilde erinnern an das Ersatzbild eines Schwingquarzes, so daß der Gedanke naheliegt, sie durch einen solchen zu ersetzen. Um zu Bedingungen zu kommen, unter denen dies möglich ist, werden zunächst Frequenzgang und Dämpfungsverhältnisse beim Grundgebilde näher untersucht. Bezeichnet man mit r<sub>e</sub> den Scheinwiderstand des ganzen Längsgliedes und mit r<sub>s</sub> den Scheinwiderstand des

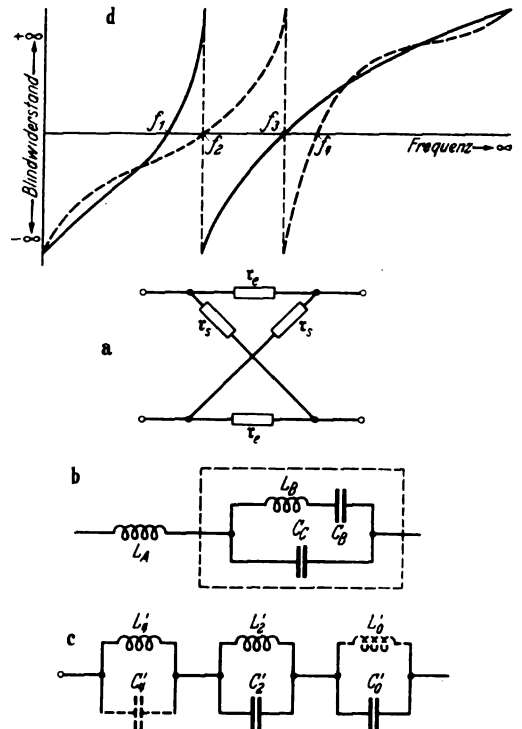
ganzen Schräggliedes, so errechnet sich der Wellenwiderstand des Kreuzgliedes allgemein zu

$$Z = \sqrt{r_e r_s} \tag{1}$$

und sein Übertragungsmaß zu

$$g = 2 \operatorname{Re} \operatorname{tg} \sqrt{\frac{r_e}{r_s}} \tag{2}$$

Eine Betrachtung des Widerstandsverlaufes der Längs- und Schrägglieder mit der Frequenz läßt erkennen, daß es sechs Frequenzen gibt, bei denen das Kreuzglied vom Zustand der reinen Dämpfung in den Zustand der absoluten Durchlässigkeit hinüberwechselt; dementsprechend gibt es drei getrennte Durchlässigkeitsbereiche. Für die Praxis wünschenswert ist eine Überführung dieser drei Durchlässigkeitsbereiche in einen



a Kreuzglied  
 b besondere Form von r<sub>e</sub> und r<sub>s</sub> (im Längsglied: L<sub>A</sub> = L<sub>0</sub>, L<sub>B</sub> = L<sub>2</sub>, C<sub>B</sub> = C<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> = C<sub>2</sub>; im Querglied: L<sub>1</sub> = L<sub>1</sub>, L<sub>B</sub> = L<sub>2</sub>, C<sub>B</sub> = C<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> = C<sub>1</sub>)  
 c Ersatzbild für b  
 d Widerstandskennlinien von Längs- und Querglied bei Bandpaßstellung

Bild 3. Filterbilder.

Bereich. Die Möglichkeit hierzu veranschaulicht Bild 3d, in dem der Widerstandsverlauf des einen Gliedes mit der Frequenz ausgezogen, der des anderen Gliedes gestrichelt eingezeichnet ist. Bei Einführung der Mittelfrequenz f<sub>m</sub> durch die bekannte Beziehung f<sub>m</sub><sup>2</sup> = f<sub>1</sub> f<sub>4</sub> bestimmt sich der Wellenwiderstand des als Bandpaß wirkenden Kreuzgliedes, bezogen auf die Mittelfrequenz, zu

$$Z_0 = (\omega_4 - \omega_1) \sqrt{L_0 L_1} \tag{3}$$

Für r<sub>e</sub>/r<sub>s</sub> erhält man:

$$\frac{r_e}{r_s} = \frac{L_0}{L_1} \frac{(\omega_1^2 - \omega^2)(\omega_3^2 - \omega^2)^2}{(\omega_4^2 - \omega^2)(\omega_2^2 - \omega^2)^2} \tag{4}$$

dieser Ausdruck ist für den in Frage kommenden Fall, daß die Frequenz ω in den Durchlaßbereich fällt (ω<sub>1</sub> < ω < ω<sub>4</sub>) negativ; aus Gl. (2) folgt damit aber, daß in diesem Fall das Dämpfungsmaß Null ist, während das Winkelmaß zu

$$a = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \sqrt{-K} \tag{5}$$

(mit -K = r<sub>e</sub>/r<sub>s</sub>) gegeben ist. Zu betrachten bleibt noch der Fall, daß r<sub>e</sub> = r<sub>s</sub> wird. Das Dämpfungsmaß b ergibt sich jetzt zu b = ∞ und mit r<sub>e</sub>/r<sub>s</sub> = 1 führt die Lösung der Gl. (4) bei Berücksichtigung der Bedingung, daß die Frequenz, bei der die

Dämpfung unendlich wird, nicht in den Durchlaßbereich fallen soll ( $\omega_1 \geq \omega_x \geq \omega_4$ ), zu dem Ergebnis, daß es drei Frequenzen gibt, die die Bedingung  $K = 1$ , d. h.  $b = \infty$  erfüllen; sie lassen sich aus der Gleichung

$$d_n = \sqrt{\frac{\omega_4^2 - \omega_n^2}{\omega_1^2 - \omega_n^2}} \quad (n = 1, 2, 3) \quad (6)$$

berechnen, wenn  $d_n$  die drei positiven Wurzeln der kubischen Gleichung

$$y^3 \left( \omega_2^2 - \omega_1^2 \right) + y^2 \left( \omega_3^2 - \omega_1^2 \right) \sqrt{\frac{L_0}{L_1}} + y \left( \omega_4^2 - \omega_2^2 \right) \sqrt{\frac{L_0}{L_1}} \left( \omega_4^2 - \omega_3^2 \right) = 0$$

sind. Macht man  $L_0 = L_1$ , so läßt sich zunächst zeigen, daß eine Wurzel der kubischen Bestimmungsgleichung den Wert eins annimmt; Gl. (5) besagt dann aber, daß die entsprechende Frequenz  $\omega_{n,x} = \infty$  sein muß; es bleiben folglich nur noch zwei Frequenzen  $\omega_x$ , die vernünftigerweise symmetrisch um den Durchlaßbereich angeordnet werden. Bei vorgegebenen Grenzfrequenzen ergibt sich die notwendige Lage der kritischen Frequenzen aus den Gleichungen

$$\omega_2^2 = \frac{\omega_4^2 + A \omega_1^2}{1 + A} \quad \text{und} \quad \omega_3^2 = \frac{\omega_1^2 + B \omega_4^2}{1 + B}$$

wenn

$$A = \frac{\omega_4^2 - \omega_2^2}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \quad \text{und} \quad B = \frac{\omega_3^2 - \omega_1^2}{\omega_3^2 - \omega_4^2}$$

gesetzt ist. Das Dämpfungsmaß errechnet sich unter den vorigen Voraussetzungen allgemein zu

$$b = 2 \arctg \frac{1 + B p^2}{p(B + p^2)} \quad (7a)$$

bzw.

$$b = 2 \arctg \frac{1 + B p^2}{p(B + p^2)} \quad (7b)$$

je nachdem, ob  $\frac{1 + B p^2}{p(B + p^2)} \leq 1$  ist; dabei bedeutet  $p^2 = \frac{f_4^2}{f_1^2} - f^2$ .

Für das Phasenmaß ergibt sich aus Gl. (5) der Ausdruck

$$a = 2 \arctg \frac{1 - B q^2}{q(B - q^2)} \quad (8)$$

wenn  $q^2 = f^2$  gesetzt wird. Schließlich werden Bestimmungsgleichungen für die einzelnen Aufbauelemente des Kreuzgliedes abgeleitet.

Bei Ersatz der entsprechenden Elemente des Kreuzgliedes durch Kristallresonatoren hat man die Erfahrungstatsache zu berücksichtigen, daß das Verhältnis der Parallelkapazität im Ersatzbild zur Längskapazität praktisch kaum kleiner als 125 gemacht werden kann. Diese Tatsache führt zur Einführung folgender Zusatzbedingungen:

$$\begin{aligned} C_0 &= \frac{(1 + B) \omega_1^2 (B \omega_4^2 + \omega_1^2)}{(B - 1) (\omega_4^2 - \omega_1^2)^2} > 125, \\ C_1 &= \frac{(1 + B) \omega_1^2 (\omega_4^2 + B \omega_1^2)}{(B - 1) (\omega_4^2 - \omega_1^2)^2} > 125. \end{aligned}$$

Nach Einführung von Kristallresonatoren bleiben als verlustbringende Glieder noch die Induktivitäten  $L_0$  und  $L_1$  in der Schaltung. Bei Gleichheit von  $L_0$  und  $L_1$  läßt sich zeigen, daß die Grundschaltung in Bild 3a durch eine Schaltung im Sinne des Bildes 3c ersetzbar ist. E. C. M.

Physik

DK 537-523 : 537-312-5

**Durchschlag, Glimmentladung und lichtelektrische Rückwirkung.** (Nach W. Rogowski, Z. Phys. 114 (1939) S. 1: 52 S., 29 B.)

Um das Selbständigwerden einer Entladung und das instabile Anwachsen des Stromes in der Anfangsphase des Durchschlags zu erklären, braucht man eine „Rückwirkung“. Diese bringt es zustande, daß ein irgendwie entstehendes „Anfangselektron“, das bei genügend hoher Spannung zunächst

nur zu einer Elektronenlawine führt, schließlich auf dem Umweg über seine Lawinenprodukte wieder „neue Anfangselektronen“ verursacht (Rückwirkung). Man hat zur Deutung dieser Rückwirkung eine Reihe von atomaren Prozessen herangezogen: Volumionisierung positiver Ionen (meist mit  $\beta$  bezeichnet), Oberflächenionisation positiver Ionen ( $\gamma$ ), lichtelektrische Eigenerrregung ( $\epsilon$ ), ferner Rückwirkungen durch metastabile Atome und Ionisation mittels stufenweiser Anregung. Bei jeder der genannten Rückwirkungsarten erscheint es heute möglich, formell an der bekannten Zündbedingung  $\gamma(e^{\alpha L} - 1) = 1$  festzuhalten ( $\alpha$  Volumionisierung durch Elektronenstoß,  $L$  Schlagweite). Dabei stellt dann der  $\gamma$ -Koeffizient die in irgendeiner Weise zustande kommende resultierende Wirkung sämtlicher ins Spiel tretenden Rückwirkungsarten dar. Man kann es als sicher ansehen, daß jede Art von Rückwirkung zumindest zusammen mit anderen tatsächlich auftritt. Es ist daher notwendig, die Zündgesetzmäßigkeiten unter der Voraussetzung der verschiedenen an sich möglichen Rückwirkungen theoretisch zu klären, um dann durch Vergleich mit dem Versuch den physikalischen Mechanismus erschließen zu können. Dabei kann man zunächst von der Berücksichtigung von Raumladungswirkungen absehen. So ist die Theorie der Zündung für die  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\epsilon$ -Rückwirkung bereits früher durchgeführt worden. Sobald man aber vor dem Durchschlag stärker bestrahlt, bilden sich Raumladung und Feldverzerrung aus, und man rückt immer mehr vom homogenen Feld ab, insbesondere nach Überschreiten des Zündpunktes im Bereich instabil ansteigender Ströme. Unter Zugrundelegung der  $\gamma$ -Rückwirkung (Oberflächenionisation der positiven Ionen) ist auch für diesen Fall die Theorie von früher her bekannt. Mit lichtelektrischer Rückwirkung dagegen war die Theorie der Zündung unter Berücksichtigung der Raumladungswirkung bisher nicht durchgeführt worden. Dies zu tun, ist das Ziel der hier besprochenen Arbeit.

Nach einer kurzen zusammenfassenden Darstellung der bereits bekannten raumladungsfreien Fassung der Theorie der lichtelektrischen Rückwirkung ohne und mit Berücksichtigung der Absorption des Lichtes im Gas werden die über Elektronenionisierung ( $\alpha$ ) und Anregung ( $\epsilon$ ) der Gasteilchen bekannten Tatsachen in geeigneter Form zusammengestellt und insbesondere das für die Theorie wesentliche Verhältnis  $\frac{E}{p}$  in Abhängigkeit von  $p$  studiert ( $E$  Feldstärke,  $p$  Druck). Sodann wird die Theorie der lichtelektrischen Rückwirkung mit Feldverzerrung entwickelt, die sofort eine (in der ersten Näherung linear) fallende Kennlinie ergibt, ein Ergebnis, das formal mit dem bei anderen Rückwirkungen erhaltenen völlig übereinstimmt. Auch der Polaritätseffekt bei zylindrischen Elektroden erweist sich als lichtelektrisch begründbar.

Besondere Einsicht in den atomistischen Mechanismus des Zündvorganges hat in den letzten Jahren das Studium der Senkung der Zündspannung durch Bestrahlung gebracht. Unter Zugrundelegung einer Rückwirkung durch eine positive feldstärkenabhängige Oberflächenionisation hat sich bekannterweise dafür ein Wurzelgesetz ergeben, das sich bisher, soweit man sieht, stets bestätigt hat, auch in den Fällen, in denen, wie heute wohl bekannt ist, die bei der Ableitung des Gesetzes zunächst in Betracht gezogene Rückwirkungsart neben anderem zurücktritt. Dieser Befund fand eine erste Erklärung durch den Nachweis, daß alle Effekte, die durch quadratische Eigenerrregung in der Gleichgewichtsbedingung berücksichtigt werden können, zum Wurzelgesetz führen müssen. Die vorliegende Arbeit zeigt, daß auch die lichtelektrische Rückwirkung für sich allein durchaus zu den früher abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten führt. Die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten 1. des Stromspannungsverhaltens bei verschwindendem Fremdstrom, 2. der Durchschlagsenkung und 3. des Zündstroms bei Bestrahlung sowie 4. der Polaritätswirkung sind unabhängig davon, ob man in der Oberflächenionisierung positiver Ionen oder in der lichtelektrischen Rückwirkung die entscheidende Ursache des Durchschlags sieht. Die in die Gesetzmäßigkeiten eingehenden Konstanten ändern sich natürlich mit der Art der Rückwirkung, und zwar so, daß Absenkung und Polaritätseffekt bei der Annahme lichtelektrischer Rückwirkung geringer ausfallen als bei positiver Oberflächenionisierung. Für die Durchschlagsenkung ergibt sich etwa die Hälfte des Effekts, für den Polaritätseffekt etwa ein Viertel. Die Zurückführung der bei lichtelektrischer Rückwirkung gültigen Gleichgewichtsbedingung auf eine der Townsendschen Zündbedingung nachgebildete Form zeigt, daß der Ansatz  $\gamma(e^{\alpha L} - 1) = 1$  bei Einbeziehung der Absorption gültig bleibt.

Bereits früher durchgeführte Überlegungen des Verfassers über die Gestalt und Lage der bekannten V-förmigen Kurve der

Zündspannung in Abhängigkeit von  $p \cdot L$  ( $p$  Druck,  $L$  Schlagweite) werden im Lichte der neuen Theorie wiederum geprüft; auch hier bleibt alles Frühere qualitativ völlig erhalten. Die Lage der unter der Voraussetzung verschiedener Rückwirkungsarten ( $\gamma$ ,  $\epsilon$ ) zu erwartenden Zündspannungskurven zueinander wird studiert. Der Übergang vom Zündpunkt zur fertigen Glimmentladung mit dem unter den meisten Umständen eintretenden Spannungszusammenbruch wird, wie früher, auch hier durch Betrachtung der Wanderung des Bildpunktes der Entladung im Spannungs-Schlagweite-Diagramm unter Heranziehung des Begriffs des Ionisationsanstiegs behandelt. Von besonderem Interesse erscheint dabei die Erkenntnis, daß in den verschiedenen Stadien des Durchschlags durchaus nicht stets die gleiche Rückwirkung vorwiegend vorhanden zu sein braucht, daß vielmehr verschiedenartige Rückwirkungen nacheinander in den einzelnen Phasen des Durchbruchs vorherrschend werden können. Zum Schluß finden inzwischen im Schrifttum bekanntgewordene Einwände gegen früher durchgeführte Untersuchungen des Verfassers ihre Behandlung und Widerlegung.

Fks.

## Chemie

DK 621.357.9

**Entstehung und Struktur elektrolytisch erzeugter Aluminiumoxydschichten.** [Nach W. Baumann, Z. Phys. 111 (1939) S. 708; 28 S., 28 B.]

Wenn die Anode einer mit einem bestimmten Elektrolyten erfüllten Flüssigkeitszelle aus Aluminium besteht, dann überzieht sie sich bei Stromdurchgang mit Gamma-Aluminiumoxyd, das auch einen gewissen Anteil Hydroxyd enthält. Der chemische und physikalische Zustand des Elektrolyten entscheidet darüber, ob sich eine Schicht ausbilden kann und welcher Art sie ist. Der Verfasser weist nach, daß diese sehr verschiedenartigen Schichten durch denselben Wachstumsmechanismus entstehen, die entstehende Schicht aber durch die verschiedene Lösungskraft des Formierungselektrolytes auf das von ihm gebildete Material grundverschieden wird.

Die entstehenden Schichten lassen sich in 3 Arten gliedern: 1. Dicke Oxydschichten von einer Stärke bis zu einigen 100  $\mu$ , technisch verwendet z. B. zum Oberflächenschutz. 2. Dünne Oxydschichten mit einer Schichtdicke bis zu  $\frac{1}{2}$   $\mu$ , technisch verwendet als Dielektrikum in Elektrolytkondensatoren. 3. Schichten mit molekularer Schichtstärke, technisch ausgenutzt zur Erzeugung von Aluminiumhochglanzflächen.

Von dem Anion des Elektrolyten kann in allen Fällen ein Sauerstoffion abgespalten werden, das unter dem Einfluß des elektrischen Feldes und der chemischen Affinität des Aluminiums in dessen Atomgitter eintritt. Der Vorgang ist überdies exotherm. Weil der Elektrolyt aber gleichzeitig das entstehende Oxyd (kein Korund!) wieder auflöst, entscheidet die Geschwindigkeit dieser Rücklösung, welcher Art die gebildete Schicht ist. Ist die Rücklösungsgeschwindigkeit größer als die Bildungsgeschwindigkeit, wird die Schicht molekulare Abmessungen nicht überschreiten können; aus rein geometrischen Gründen tritt aber gleichzeitig eine Ebnung der Grundmetalloberfläche ein. Im andern Extremfall, in dem die Rücklösungsgeschwindigkeit nahezu Null ist, entstehen die dünnen Oxydschichten. Das Schichtmaterial isoliert nämlich das Aluminiummetall selbst gegen den Elektrolyt ab. Der entstehende Überzug ist kompakt. Das Entstehen der unter I. genannten „dicken“ Schichten ist auch möglich. Nach den Untersuchungen bestehen diese Schichten aus drei Zonen. An der Grenze zwischen Aluminiummetall und Oxyd befindet sich die eigentliche Wachstumszone, eine dünne, kompakte Grundsicht, die unter dem Einfluß sehr hoher Feldstärken ( $10^7$  V/cm) steht. Diese Zone ähnelt stark den schon genannten „dünnen“ Oxydschichten. Im Gegensatz zu diesen ist sie aber überlagert durch eine vielfach dickere, genetisch ältere (!) Schicht. Diese wird von Poren in Richtung der Feldstärke durchsetzt, die während der Formierung von Elektrolyt erfüllt sind und das ihnen parallel liegende Schichtmaterial elektrisch kurzschließen. Der der Wachstumszone zugewendete Teil der Pore läuft in einen feinen Kanal aus, in den der Elektrolyt aus thermischen und Raumladungsgründen nicht mehr eindringen kann, den er aber von der Pore her allmählich aufweitet und verkürzt. Der feine Kanal ist erfüllt von einem unter hohem Druck stehenden Dampf (Gas), in dem durch unselbständige Ionenleitung der Transport der negativen Ionen von der Elektrolytgrenze zur Wachstumszone vermittelt wird. Die Ionengasleitung ist Trägerin einer Induktivität und befolgt nahezu streng das Faradaysche Elektrolysegesetz, d. h. die Elektronenleitung

ist praktisch Null. Die Formierungsspannung verteilt sich auf die Gasleitung und die Wachstumszone. In dem Maß, in dem sich der Spannungsanteil der Gasleitung zufolge der Verkürzung der Strecke durch die Rücklösung verringert, steigt die an der Grundsicht liegende Spannung an. Da die Verkürzung der Gasleitungslänge zeitlich etwa linear, die Zunahme der Grundsichtdicke aus geometrischen Gründen nur mit einer kleineren Potenz anwächst, steigt die Feldstärke in der Grundsicht bis zum Durchbruch an. Der erfolgende Durchschlag schafft jetzt den feinen Kanal, den die Ionengasleitung ausfüllt.

Die Geschwindigkeit, mit der der feine Durchschlagkanal durch die Rücklösung verkürzt wird, bestimmt sehr stark die zeitliche Häufigkeit der Durchschläge. Geringe Lösungsgeschwindigkeit des Elektrolyten bedingt eine kleine Durchschlagzahl bei ansteigender Durchschlagsspannung. Diese bestimmt maßgebend die Formierungsspannung. Die Struktur der Schicht muß sich gleichzeitig dadurch nach der Bildungshypothese so ändern, daß weite Porenabstände und große Porendurchmesser entstehen. Porenabstand und Grundsichtdicke stehen in einem festen Verhältnis zueinander ( $1 : \sqrt{2}$ ).

Die meßtechnischen Unterlagen für die Erkenntnisse bildeten hauptsächlich: 1. mikroskopische Untersuchungen an der Grenze des möglichen Auflösungsvermögens, 2. Messungen mit einer verkoppelten Gleichstrom-Wechselstrombrücke. Dabei wurde einem formierenden Gleichstrom eine kleine Wechselstromkomponente überlagert und deren Phasenverschiebung in der Zelle in Abhängigkeit von der jeweiligen Frequenz und Stromdichte festgestellt. Aus diesen Messungen konnte ein Ersatzschema für die Schicht während der Formierung konstruiert werden, dessen physikalische Deutung das Gerüst für die Wachstumsvorstellung bildete. Auch die Entdeckung und der Beweis der Ionengasleitung mit induktivem Verhalten wurde mit dieser Anordnung durchgeführt. *eb.*

## Praktische Mathematik

DK 518.3 : 621.317.8

**Leitertafeln zur Erleichterung von Tarifrechnungen.** [Nach F. Führer, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 230: 2 1/2 S., 2 B.]

Das Rechnen mit Elektrizitätstarifen, bei denen sich der Gesamtpreis aus Grund- und Verbrauchspreis zusammensetzt, ist durchaus elementar, erfordert aber viel Aufmerksamkeit und Mühe, namentlich wenn der Grundpreis noch von der Zimmerzahl, Jahreszeit, Größe der landwirtschaftlich genutzten Fläche oder dgl. abhängt. Weil es sich um gleichförmig wiederkehrende Aufgaben nach festen Regeln handelt, liegt ein ausgezeichnetes Anwendungsfeld für nomographische Verfahren vor. So kann man bei verschiedenen landwirtschaftlichen Tarifen zum jährlichen Stromverbrauch mit Hilfe einer Leitertafel leicht den jährlichen und den durchschnittlichen Strompreis bestimmen. Rascher Überschlag und darauf gestützte Tarifberatung werden überhaupt erst auf diese Weise möglich. Eine Netztafel ist demgegenüber viel unübersichtlicher, und eine Zahlentafel würde zu umfangreich und unbequem werden. [Schon ein gewöhnlicher Wohnungstarif wird sogar für den Unvorgebildeten übersichtlich, wenn man in einer Doppelleiter neben RM-Beträgen die dafür erhältlichen kWh je Monat angibt. Die Elektrizitätswerke könnten sich in ihren Werbeprospektiven manche langatmige Ausführung mit Worten sparen, wenn sie für ihre verschiedenen Tarife solche Doppelleitern drucken ließen. Anm. d. Ber.] A. W.]

## Werkstatt und Baustoffe

DK 620.179.141

**Papierabdrücke von Fehlerbildern der Werkstoffprüfung mit dem Magnetpulver-Verfahren.** [Nach R. KiENZLE, Z. VDI 83 (1939) S. 483; 1 1/2 S., 4 B. u. W. Kolb, Masch.-Schad. 16 (1939) S. 1, 99; 7 S., 28 B.]

Von Magnetpulver-Bildern können mit Hilfe geeigneter, saugfähiger Papiere Abdrücke gemacht und auf diese Weise nunmehr auch Dokumente der magnetischen Prüfung von Werkstücken gewonnen werden. Von derartigen noch frischen Bildern können wiederum durch Abklatschen Abdrücke genommen werden, so daß wieder seitenrichtige Bilder entstehen. O. V.]

VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

Ausschuß für Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat K-Vorschriften für Rohrdrähte KNRA und KNRAM aufgestellt, die als § 8 in

VDE 0250 K „K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“

aufgenommen werden. Die Vorschriften wurden durch den Vorsitzenden des VDE im Januar 1940 genehmigt und treten am 1. Februar 1940 in Kraft.

Ferner hat der Ausschuß unter Verwendung des in ETZ 60 (1939) S. 911 bekanntgemachten Entwurfes zu einem neuen § 6 B in VDE 0250 U und der hierauf eingegangenen Einsprüche eine neue Arbeit

VDE 0283 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“

fertiggestellt, die ebenfalls vom Vorsitzenden des VDE im Januar 1940 genehmigt wurde und am 1. Februar 1940 in Kraft tritt.

Abdrucke der Vorschriften und Richtlinien sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erschienen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

Genehmigung zur Führung eines Verbandskennfadens für isolierte Leitungen

Der Firma Kabelfabrik Joachimsmeier & Wagner Kom.-Ges., Wuppertal-Nächstebreck, ist mit Wirkung vom 15. 7. 1939 die Genehmigung zur Führung des gesetzlich geschützten schwarz-rot-grünen einfadig bedruckten Verbandskennfadens erteilt worden und zwar für die Leitungstypen: NGA(UV), NRA(UV) und NRU(UV).

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker  
I. A.: Saß I. A.: Klingenberg

Bezirk Berlin

vormalis Elektrotechnischer Verein

Jahresversammlung

am Dienstag, dem 13. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule in Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
  2. Jahresbericht.
  3. Wahl der Rechnungsprüfer für die Prüfung des Geschäftsjahres 1939.
  4. Vortrag des Herrn Dr. W. Leukert VDE, Berlin, über das Thema:  
„Neuerungen bei Synchronmaschinen“.
- Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Kabel und Leitungen.** Leiter: Dipl.-Ing. W. Röhrich VDE.  
5. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Anwendung von Neustoffen in der Starkstromkabeltechnik“. Vortragender: Obering. E. Dörfel VDE.

**Elektromaschinenbau.** Leiter: Ing. K. Bätz VDE.  
8. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: „Die Wicklungen der Wechselstromerzeuger“. 2. Teil: „Die Herstellung“. Vortragender: Obering. R. Neuwald.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.  
13. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: „Bremsen“ (Anordnung, Wirkungsweise und Kennlinien), „Druckluftbremsen“. Vortragender: Reichsbahnrat Dipl.-Ing. F. Rohrs.

**Hochspannungstechnik.** Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.  
18. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Stromverteilung in neu entstehenden Großstädten“. Vortragender: Dr. W. von Mangold VDE.

VDE Bezirk Berlin  
vormalis Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

Physikalisch-Technische Reichsanstalt

Bekanntmachung betr. isolierte Leitungen Nr. 14

Auf Grund einer Vereinbarung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker führen die in den Bekanntmachungen betreffend isolierte Leitungen Nr. 1, 2, 3, 4, 6, 8 und 9<sup>1)</sup> genannten Leitungen der Firmen

1. „Adler“ Kabel- und Drahtfabrik Johannes Schön Müller, Berlin-Schöneberg, Hauptstraße 9,
2. Waskönig u. Walter, Kabel- und Gummiwerk, Wuppertal-Langerfeld, Schwelmer Straße 173,
3. „Ohm“ Elektrodraht- und Kabelfabrik, Hassler & Co., Berlin NW 87, Kaiserin-Augusta-Allee 14 bis 24,
4. Poensgen u. Schultheiss GmbH, Kabelwerk, Blumenthal-Eifel,

zum Zeichen der laufenden Überwachung in Zukunft die entsprechenden Kennfäden des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin-Charlottenburg, den 5. Dezember 1939.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt  
Esau

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



Isolierte Leitungen

Auf Grund einer Vereinbarung der Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) erhalten mit dem heutigen Tage die Firmen:

- „Adler“ Kabel- und Drahtfabrik Johannes Schön Müller, Berlin-Schöneberg, Hauptstr. 9,
- Waskönig u. Walter, Kabel- und Gummiwerk, Wuppertal-Langerfeld, Schwelmer Str. 173,
- „Ohm“ Elektrodraht- und Kabelfabrik, Hassler & Co., Berlin NW 87, Kaiserin-Augusta-Allee 14 bis 24,
- Poensgen u. Schultheiss GmbH., Kabelwerk, Blumenthal-Eifel,

für die in den Bekanntmachungen der PTR betr. isolierte Leitungen Nr. 1, 2, 3, 4, 6, 8 u. 9<sup>1)</sup> genannten Leitungen die Berechtigung zur Führung der entsprechenden VDE-Kennfäden.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker  
Viefhaus

<sup>1)</sup> Elektrizitätswirtsch. 33 (1934) S. 276, 380 u. 486; 34 (1935) S. 144; 37 (1938) S. 328; 38 (1939) S. 124

<sup>1)</sup> Elektrizitätswirtsch. 33 (1934) S. 276, 380 u. 486; 34 (1935) S. 144; 37 (1938) S. 328; 38 (1939) S. 124.

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg.** 5. 2. (Mo). 20<sup>00</sup>, Inst. f. Experimentalphysik: „Lichttelegraphie und Lichttelephonie“. Prof. Dr.-Ing. H. Schwenkhaagen VDE.

**VDE Bezirk Weser-Ems, Bremen.** 13. 2. (Di) 20<sup>15</sup>, „Glocke“: „Der Quarzkristall in der Nachrichtentechnik“. Herr v. Beckerath.

**Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik.** 7. 2. (Mi). 17<sup>15</sup>, Hauptgeb. T. H.: „Über Kristallphosphore“. M. Schön und R. Frerichs.

**Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien.**  
a) 7. 2. (Mi), 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Verwendung von Aluminium und anderen Ersatzstoffen im Bau von Schaltanlagen und Leitungen“ (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. G. Meiners VDE.  
b) 9. 2., 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Aluminiumkabel und isolierte Leitungen nach den neuen Vorschriften, Montage- und Installationsfragen“ (m. Lichtb.). Dr.-Ing. F. Haas VDE.

## PERSONLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

**W. Coulon.** — Am 3. Januar 1939 konnte der Elektrizitäts- und Gaswerks-Direktor i. R. Herr Wilhelm Coulon, sein 70. Lebensjahr vollenden. In Berlin geboren, war er nach Besuch des Friedrich-Wilhelm-Gymnasiums und der T. H. Charlottenburg als Assistent im Büro von Geheimrat Klingenberg tätig, um dann von 1901 bis 1927 das Elektrizitätswerk Blankenese als Direktor zu leiten. Während dieser Zeit entwarf er als unparteiischer Sachverständiger verschiedene Elektrizitätswerke und wurde wiederholt zu technischen Gutachten herangezogen. Besonders verdient machte sich Coulon um die elektrische Küche. Im Jahre 1911 führte er als erster in größerem Umfange in seinem Versorgungsgebiet das elektrische Kochen im Haushalt ein. Schon nach wenigen Jahren wurde in etwa einem Drittel der dortigen Haushaltungen elektrisch gekocht, und zwar vorzugsweise mit von Coulon entwickelten Einrichtungen, die den Anschluß direkt beheizter beweglicher Kochgeräte ohne Anschlußschnüre bei geerdeter Aufstellung ermöglichten<sup>1)</sup>. Besondere Anerkennung verdient seine langjährige erfolgreiche Mitarbeit in den dafür zuständigen Kommissionen und Ausschüssen der Vereinigung der Elektrizitätswerke und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für die Verbreitung der Elektrowärme. An der Aufstellung der VDE-Vorschriften für elektrische Koch- und Heizgeräte hat Coulon einen großen Anteil. Wir wünschen ihm alle einen geruhsamen Lebensabend. Njs.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.313.39 — 215 : 614.83

**Leitungen, Schaltgeräte und Beleuchtung in Bergwerken unter Tage.** Von Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Philipp. Mit 73 Abb. u. 96 S. im Format A 5, Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1939. Preis kart. 2,80 RM.

Als Sonderband des Taschenbuches von H. Pohl „Die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen“ gibt das Buch einen Überblick über die elektrischen Betriebsmittel, die in Bergwerken unter Tage, insbesondere auch in schlagwettergefährdeten Grubenräumen, die Grundelemente zur Errichtung elektrischer Anlagen bilden. Das Buch behandelt die folgenden Betriebsmittel unter besonderer Berücksichtigung der für Bergwerksbetriebe gültigen VDE-Vorschriften, über die der Verfasser als Vorsitzender des VDE-Ausschusses für Bergwerksanlagen aus seinem reichen Schatz an Erfahrungen berichtet:

Leitungen, insbesondere die unter Tage in Frage kommenden Leitungsarten, der Aufbau der Schacht- und Streckenkabel, Gummischlauchleitungen, zugfeste Verbindungsmuffen und Endverschlüsse.

Schaltgeräte: Außer einer Beschreibung der üblichen Hoch- und Niederspannungsschalter, Schütze und Sicherungen

<sup>1)</sup> G. Dettmar, Elektrojahrbuch 1931, S. 96.

sowie Auslöser, die für schlagwetterfreie und schlagwettergefährdete Grubenräume durchgebildeten Schalteinheiten und die Anforderungen an die Schutzkapselungen.

Beleuchtungsanlagen: Die besonderen Anforderungen des Untertagebetriebes an die Beleuchtung unter Würdigung der geschichtlichen Entwicklung von Abbauleuchten; die Gefahren gefährlich hoher Berührungsspannungen und Schutzmaßnahmen sowie Einzelheiten von Beleuchtungsanlagen.

Das Buch setzt keine besonderen Kenntnisse des im oder für den Bergbau tätigen Elektroingenieurs voraus, so daß wir ihm eine weite Verbreitung wünschen. Über den gedachten Zweck hinaus ist es gut geeignet, die in den verschiedenen VDE-Vorschriften niedergelegten Erfahrungen zu beleben und den manchmal spröden Stoff verständlicher zu machen.

D. Müller-Hillebrand VDE

## EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

**Die Mathematik des Funktechnikers.** Grundlehre der praktischen Mathematik für das Gesamtgebiet der Hochfrequenztechnik. Von Ing. Otto Schmid. In vier Lieferungen. Lieferung 1: Arithmetik und Algebra. Mit 47 Abb. u. 96 S. im Format 160 × 235 mm. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1939. Preis geh. 4,50 RM.

Das vorliegende Buch ist das erste von insgesamt vier Lieferungen, die nach Aufbau und Stoffwahl zum Selbststudium der elementaren Mathematik gedacht sind. Zunächst werden die Grundlagen der Arithmetik und Algebra nebst den Grundrechnungsarten behandelt, dann folgen Potenz-, Wurzelrechnung und Logarithmen und schließlich Gleichungen ersten, zweiten und höheren Grades. Zahlreiche Übungsbeispiele aus der Praxis des Funktechnikers ergänzen den Inhalt in anregender Weise.

**Statistisches Taschenjahrbuch der Weltwirtschaft.** Produktion, Außenhandel, Verkehr. Von Dr. E. Hickmann. Mit 180 S. im Format A 6. Verlag H. W. Rödiger, Berlin 1939. Preis geb. 2,50 RM.

Das Büchlein enthält eine Auswahl von wichtigen, weltwirtschaftlichen Daten aus Erzeugung, Handel und Verkehr. Der Elektrotechniker findet darin Zahlen über die Ausfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse.

**Rundfunk! Wer lernt mit?** Von G. Büscher. Deutsche Radio-Bücherei, Bd. 87. 2. verbess. Aufl. Mit 220 Abb. u. 77 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literar. Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1939. Preis kart. 1,80 RM.

Wer als Laie etwas über die technisch-physikalischen Vorgänge des Rundfunks mühelos erfahren möchte, dem ist dieses Bändchen mit seinen lustigen und einprägsamen Bildern und seinem kurzen und klaren Text zu empfehlen.

**Preisbildung und Warenregelung.** 2. Teil: Eisen- und Metallwirtschaft. Ergänzungslieferung Nr. 27, 28, 29, 30. 2. Teil. Verlag H. Luchterhand, Berlin 1939.

**Die Depolarisation im Leclanché-Element.** Von Dr. C. Drotschmann. Mit 12 Abb. u. 80 S. im Format A 5. Verlag Dr. H. Eschenhagen, Ohlau i. Schles. 1939. Preis geb. 5,90 RM.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. phil. habil. H. Berger, Mannheim, Viktoriastr. 9.  
Dipl.-Ing. H. Gutmann VDE, Berlin O 17, Bassewitzstr. 10.  
Prof. I. Herrmann VDE, Finkenkrug Osthavelland, Friedrich-Karl-Str. 38.  
Ing. C.-H. Sturm VDE, Mannheim, Liebigstr. 10.  
Prof. Dr. techn. F. Unger VDE, Braunschweig-Gliesmarode, Am Tafelacker 9.

Abschluß des Heftes: 26. Januar 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 8. Februar 1940

Heft 6

## Neuzeitliche Probleme und Verfahren der Elektrochemie

Von Hellmut Fischer VDE, Berlin

DK 621.35

**Übersicht\*).** Neben den allgemeinen Aufgaben behandelt der Aufsatz die elektrolytische Raffination und die direkte elektrolytische Gewinnung von Metallen. Außerdem wird auf die wichtigsten galvanotechnischen Verfahren und die Gewinnung von Nichtmetallen hingewiesen.

### Einleitung

Die Elektrochemie darf man wohl mit einigem Recht als einen Zweig der angewandten Elektrotechnik bezeichnen. In ihrem Wesen unterscheidet sie sich aber ganz grundlegend von anderen Anwendungsgebieten der Elektrotechnik. Ganz abweichend von diesen tritt in der Elektrochemie der konstruktive Teil weniger in den Vordergrund. Nicht der Apparat, sondern das Verfahren gibt hier den Ausschlag. Das äußerliche Kennzeichen der technischen Entwicklung ist hier das Laboratorium, nicht das Konstruktionsbüro. Auch heute noch gilt hier das Experiment mehr als die Rechnung.

Alle elektrolytischen Apparate lassen sich auf eine höchst einfache Grundform, den Trog mit der Kathode und der Anode, zurückführen. Um die Wanderung bestimmter Ionen aufzuhalten oder gasförmige Reaktionsprodukte zu trennen, wird der Trog oft noch durch eine oder mehrere poröse Scheidewände (Diaphragmen) in Kathoden- und Anodenraum unterteilt. Die Unterschiede in dieser stets wiederkehrenden Grundform der elektrolytischen Zellen sind keineswegs grundsätzlicher Art und bestehen oft nur in der Anordnung der Elektroden (z. B. senkrecht oder waagrecht) oder in der Gestalt des Behälters (z. B. auch Zylinder) oder in der räumlichen Anordnung mehrerer Zellen (z. B. in großen Einheiten). Ihre Eigenart erhalten die Zellen allein durch ihren Inhalt, den Elektrolyten, der freilich unzähliger Abwandlungen fähig ist.

### 1. Einteilung der technischen Elektrochemie

Die technische Elektrochemie umfaßt hauptsächlich das Gebiet der Elektrolyse. Zur Elektrochemie im weiteren Sinne kann man aber auch das Gebiet der Elektrothermie wenigstens so weit rechnen, als hier durch elektrische Energie chemische Veränderungen (z. B. Raffinations- oder Reduktionsverfahren von Metallschmelzen) hervorgerufen werden. Es ist ferner angebracht, auch die sogenannte Entladungskemie in diesem Zusammenhang zu nennen, wenn die Entladungen hierbei chemische Vorgänge (in Gasen wie Sauerstoff z. B. Ozonbildung oder in Flüssigkeiten wie Ölen z. B. durch Polymerisation) bewirken.

Bekanntlich lassen sich durch Elektrolyse grundsätzlich alle Stoffe beeinflussen, die in Lösungen (oder Schmelzen) unter Bildung von Ionen dissoziiert sind. Eine Sonderart der Elektrolyse ist die Elektrophorese, die in Flüssigkeiten eine Wanderung höher molekularer, geladener Stoffteilchen bewirken kann, wenn ausreichend starke elektrische Felder einwirken. Schließlich ist auch bei Stoffen in festem Zustande Elektrolyse möglich, wenn es sich um Ionenleiter handelt. Hierher gehören technisch meist unerwünschte Nebenerscheinungen wie die elektrolytische Wanderung mancher Legierungsbestandteile, z. B. in Schalterwerkstoffen, Heizwiderständen oder Ofenbaustoffen.

Wenn auch eine elektrolytische Abscheidung oder wenigstens Anreicherung grundsätzlich bei allen Elementen außer den Edelgasen gelingt, so entscheidet für eine technische Anwendung der Elektrolyse natürlich vor allem die Wirtschaftlichkeit. Es hängt dies von vielen Faktoren, vor allem von den Kosten der elektrischen Energie, des Elektrolyten, der Anlage, den sonst vorhandenen Möglichkeiten, z. B. der Gewinnung auf chemischem oder metallurgischem Wege usw., ab. Für manche Elemente ist allerdings die Elektrolyse heute das alleinige technische Gewinnungsverfahren.

Das Gebiet der technischen Elektrolyse kann man nach den Anwendungsgebieten in folgende Gruppen einteilen:

- a) Elektrometallurgie,
- b) Oberflächenschutz von Metallen,
- c) Gewinnung von Nichtmetallen und chemischen Verbindungen.

Den Elektrotechniker interessiert begreiflicherweise, welche Bedeutung diese Gebiete als Verbraucher elektrischer Energie haben. Unter Berücksichtigung der statistischen Angaben für die Welterzeugung der in die genannten drei Gruppen fallenden Stoffe kann man den Gesamtweltverbrauch an Strom für die technische Elektrolyse im Jahre 1937 auf etwa 24 Mrd kWh schätzen. Er stellt immerhin einen nicht unbedeutenden Anteil am Gesamtverbrauch elektrischer Energie in der Welt dar. An der genannten Zahl sind die drei Gebiete der technischen Elektrolyse ungefähr folgendermaßen beteiligt: Elektrometallurgie mit etwa 15,5 Mrd kWh, Oberflächenschutz von Metallen mit weniger als einer Milliarde kWh (hier sind genauere Angaben nicht möglich) und Gewinnung von Nichtmetallen bzw. Verbindungen mit etwa 9 bis 10 Mrd kWh.

### 2. Aufgaben und Verfahren der Elektrometallurgie

In der Elektrometallurgie bietet die Elektrolyse zwei Hauptvorteile, die heute besondere technische bzw. wirt-

\* Nach einem im VDE-Bezirk München am 11. 1. 1939 gehaltenen Vortrag.



schaftliche Bedeutung haben. Erstens lassen sich die Metalle auf elektrolytischem Wege in einem ganz besonders hohen Reinheitsgrad gewinnen, wie er nur selten mit anderen Mitteln erreicht werden kann. Diese Tatsache spielt heute eine viel wichtigere Rolle als früher, nachdem man erkannt hat, daß bereits spurenweise vorhandene Verunreinigungen viele technisch erwünschte Eigenschaften, z. B. Leitfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Dauerfestigkeit, Stabilität bestimmter Gefügezustände usw., ungünstig beeinflussen können. Zweitens bietet die Elektrolyse oftmals Möglichkeiten zur Gewinnung von Metallen aus armen Rohstoffen oder Abfallprodukten, deren Verarbeitung auf dem üblichen thermisch-metallurgischen Weg nicht mehr gelingt oder unwirtschaftlich ist.

In der Elektrometallurgie unterscheidet man bekanntlich die beiden Arbeitsrichtungen der elektrolytischen Raffination und der direkten Gewinnung von Metallen aus Metallsalzlösungen. Bei der elektrolytischen Raffination wird ein auf andere Weise erzeugtes Rohmetall anodisch aufgelöst und in reiner Form wieder an der Kathode abgeschieden. Die Verunreinigungen bleiben gelöst oder als unlöslicher Schlamm zurück. Entscheidend ist für alle derartigen Raffinationsverfahren die hohe Selektivität der Elektrolyse bei der Abscheidung der Metalle, die sich aus den oft beträchtlichen Unterschieden in den Abscheidungs- bzw. Auflösungspotentialen ergibt. Bei den Verfahren zur direkten elektrolytischen Abscheidung von Metallen aus Lösungen wird mit unlöslichen Anoden gearbeitet. Das aus den Lösungen abgeschiedene Metall wird durch Nachsättigung des Elektrolyten mit entsprechenden Metallsalzen ergänzt und damit also ein metallisches Ausgangsmaterial vermieden. In der letzten Zeit hat dieses Prinzip namentlich für die Aufarbeitung metallarmer Lösungen Bedeutung erlangt, welche dank der anreichernden Wirkung der Elektrolyse einwandfrei gelingt.

#### a) Elektrolytische Raffination

Die elektrolytische Raffination ist das älteste Arbeitsgebiet der technischen Elektrolyse überhaupt. Werner von Siemens errichtete 1875 die erste elektrolytische Anlage zur Kupferraffination. Es war dies der erste industrielle elektrochemische Prozeß, der übrigens zugleich den Anstoß zur Weiterbildung der Dynamomaschine gegeben hat. Im Jahre 1938 wurde etwa 80 % des in der Welt erzeugten Kupfers elektrolytisch raffiniert. Bild 1 zeigt eine neuzeitliche Kupferraffinationsanlage mit den für die technische Elektrolyse wesentlichen Merkmale der ausgedehnten, fast menschenleeren Bäderhallen. Außer Kupfer werden Nickel (1938 zu etwa 55 bis 60 %), die Edelmetalle, z. B. Silber und Gold (1938 zu 100 %), und seit kurzem auch Aluminium elektrolytisch raffiniert. 1937 wurden in der Welt insgesamt etwa 0,8 Mrd kWh für die elektrolytische Raffination von Metallen aufgewandt.

Das Grundproblem der elektrolytischen Raffination, die Auffindung von Bedingungen zur Trennung des zu raffinierenden Metalles von seinen Verunreinigungen, war beim Kupfer und Silber leicht zu lösen. Während sich die Verunreinigungen mit dem unedleren Potential unter den Bedingungen der Elektrolyse an der Kathode nicht mit abscheiden, werden die Verunreinigungen mit dem edleren Potential als Kupfer und Silber (also die Edelmetalle) anodisch nicht gelöst, sondern gehen in den sogenannten Anodenschlamm. Die elektrolytische Aufarbeitung der Anodenschlämme auf Edelmetalle ergibt wertvolle Nebenprodukte, die oft den Ausschlag für die Wirtschaftlichkeit der Elektrolyse geben. So bot z. B. die elektrolytische Raffination von Nickel nur deshalb einen wirtschaftlichen Anreiz, weil die kanadischen Nickelerze zugleich Platin und Palladium enthalten. Der Reinheitsgrad, das besondere Kennzeichen der elektrolytisch raffinierten Metalle, beträgt beim Kupfer und Nickel 99,95 bzw. 99,97 %.

Die Entwicklung der letzten Jahre hat der elektrolytischen Raffination zwei neue wichtige Anwendungs-

gebiete gebracht, die elektrolytische Aufarbeitung von Schrott aus plattierten Metallen und die Raffination von Aluminiumschrott. Die sogenannten Bimetalle, z. B. mit Kupfer, Nickel oder deren Legierungen plattiertes Eisen oder kupferplattiertes Aluminium, haben heute bereits in vielen Ländern technische Bedeutung erlangt. In der Mehrzahl der Fälle erlaubt nur die Elektrolyse eine einwandfreie Trennung von Plattier- und Grundmetall. Das Plattiermetall oder die Legierung wird bei der Raffi-

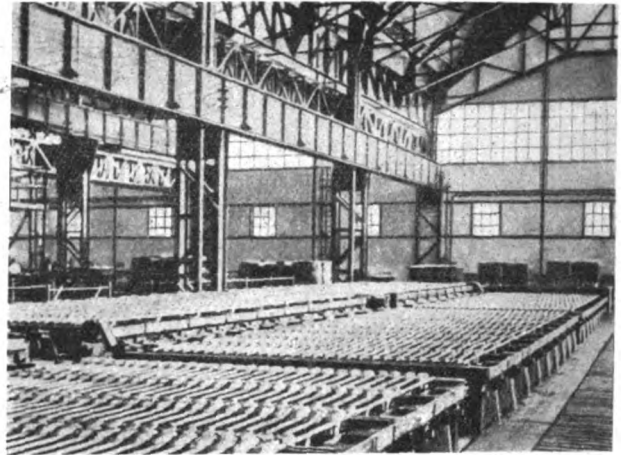
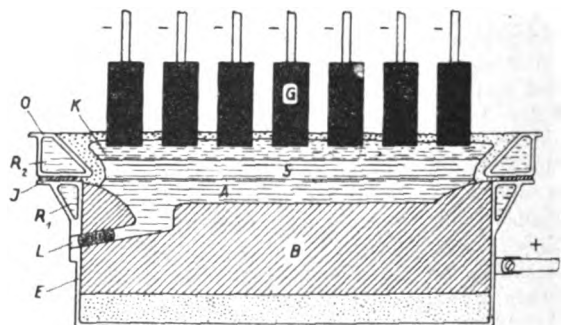


Bild 1. Kupfer-Raffinationsanlage.

nation anodisch abgelöst und kathodisch wieder abgeschieden, während ein hochwertiger, reiner Schrott aus Eisen oder Aluminium an der Anode zurückbleibt. Auf grundsätzlich gleiche Weise wurden früher bereits Weißblechabfälle elektrolytisch entzint, ein Verfahren, das seit einiger Zeit ebenfalls wieder große Bedeutung gewonnen hat.



A flüssiges Anodenmetall K flüssige Aluminiumkathode  
B Graphitboden (stromleitend) S Schmelzelektrolyt  
G Graphitstromzuführung

Bild 2. Al-Raffinationsbad mit Dreischichtenverfahren.

Ganz neue Wege sind bei der elektrolytischen Raffination von Aluminium eingeschlagen worden. Das chemisch sehr unedle Aluminium enthält fast nur edlere Verunreinigungen, die sich kathodisch gemeinsam mit dem Aluminium abscheiden würden, wenn sie im Elektrolyten gelöst wären. Es hieß also Bedingungen finden, unter welchen diese Verunreinigungen ungelöst in der Anode verbleiben. Die einwandfreie Raffination gelingt auf dem Wege der Schmelzflußelektrolyse nach dem sogenannten Dreischichtenprinzip, welches in Bild 2 schematisch dargestellt ist. Als Anode dient eine geschmolzene Legierung des Aluminiumschrottes mit einem Schwermetall, welches die unterste, spezifisch schwerste Schicht auf dem Boden des Elektrolyseurs bildet. Darüber befindet sich die etwas leichtere Elektrolytschmelze aus Aluminiumfluorid und anderen Erdalkali- bzw. Alkali-

halogeniden. Auf dem Elektrolyten schwimmt das spezifisch leichte, flüssige Reinstaluminium, das als Kathode dient. Das Anodenpotential wird bei der Elektrolyse so niedrig gehalten, daß nur das unedle Aluminium anodisch in Lösung gehen kann, während die Schwermetallanteile vollständig zurückbleiben. An der Kathode wird daher ein Raffinadealuminium von dem erstaunlich hohen Reinheitsgrad bis zu 99,998 % gewonnen. Diese Tatsache muß um so höher bewertet werden, als mit der sonst üblichen technischen Gewinnung bisher nur ein Aluminium vom Reinheitsgrad bis etwa 99,8 % gewonnen werden konnte.

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des hochreinen Raffinadealuminiums haben in mehr als einer Hinsicht überrascht. Seine Korrosionsbeständigkeit ist um ein Mehrfaches besser als die des 99,5prozentigen technischen Metalls; widersteht es doch sogar recht gut dem Angriff von Salzsäure. In seiner Duktilität nähert es sich bereits den weichen Metallen Blei und Zinn. Auch die mit Raffinadealuminium hergestellten Legierungen zeigen manche technisch interessanten Eigentümlichkeiten. Für den Elektrotechniker ist das Raffinadealuminium insofern noch merkwürdig, als es wohl der Stoff mit dem höchsten elektrischen Energieinhalt überhaupt sein dürfte. Eine Tonne Reinstaluminium erfordert etwa 40 000 kWh.

#### b) Direkte elektrolytische Gewinnung von Metallen

Nicht minder wichtig als die Raffination ist die direkte elektrolytische Abscheidung von Metallen aus Salzlösungen oder Schmelzen mit unlöslichen Anoden. Etwa ein Achtel der Welterzeugung von Kupfer wurde 1938 auf diese Weise aus armen Erzen oder Abfallstoffen gewonnen. Der entsprechende Anteil des Elektrolytzinks beträgt etwa ein Drittel; für die Metalle Aluminium, Beryllium, Natrium und Kalium ist die Schmelzflußelektrolyse überhaupt der einzige Weg zu ihrer Herstellung. Dies galt bisher auch von Magnesium, das aber neuerdings, zunächst aber in geringerem Umfange, auch auf elektrothermischem Wege hergestellt wird.

Wegen ihrer Bedeutung für die Abwasserwertung ist vor allem in kupferarmen Ländern die elektrolytische Entkupferung von Beizabwässern der Kabel- und Drahtwerke zu nennen. Bild 3 zeigt die Entkupferungsanlage eines solchen Werkes, die seit mehreren Jahren erfolgreich arbeitet. Aus der kupferhaltigen Beizschwefelsäure wird reines Elektrolytkupfer abgeschieden und zugleich eine voll verwendungsfähige Beize zurückgewonnen. Früher gewann man das Kupfer als minderwertiges Zementkupfer und ließ die Säure weglaufen, nachdem man sie vorher mit Kalk neutralisiert hatte. Auch zur Wiedergewinnung von Kupfer aus den Abwässern der Kunstseideverarbeitung oder von Silber und Thiosulfat aus den verbrauchten Fixiersalzlösungen der Filmkopieranstalten wird die Elektrolyse verwendet. Ein ähnliches Problem besteht schließlich auch für die Regeneration der Eisenbeizabwässer, deren Beseitigung schon seit Jahren große Sorgen bereitet. Hier ist die Entwicklung allerdings noch nicht abgeschlossen.

Das verhältnismäßig edle Kupfer läßt sich elektrolytisch ziemlich leicht von den meisten anderen Metallen trennen. Dies ist bei dem unedlen Zink bedeutend schwieriger. Für die Gewinnung von Feinzink ist ein besonders reiner Elektrolyt Voraussetzung. Die metallischen Verunreinigungen müssen in diesem Falle also vor der Elektrolyse entfernt werden. Technisch wird Zink aus sauren Zinksulfatlösungen abgeschieden. Theoretisch sollte nach der Spannungsreihe eine Zinkabscheidung überhaupt nicht möglich sein. Zink ist um etwa 0,76 V unedler als Wasserstoff; es wäre also lediglich eine Wasserstoffentwicklung zu erwarten. Daß trotzdem praktisch Zink aus diesem Elektrolyten mit etwa 90 % Stromausbeute niedergeschlagen wird, verdankt es der Überspannung des Wasserstoffes, der an manchen Metallen eine Abscheidungshemmung erfährt.

Durch Spuren gewisser Verunreinigungen im Elektrolyten kann die Wasserstoffüberspannung herabgesetzt werden; dann sinkt die Zinkausbeute, und Wasserstoff scheidet sich in beträchtlicher Menge ab. Durch sehr wirksame chemische Vorbehandlungsverfahren lassen sich heute die gefährlichen Verunreinigungen bis zu einem Verhältnis von 1 : 1 000 000 ohne weiteres entfernen. Das Elektrolytzink gehört heute mit zu den reinsten Metallen überhaupt. Es hat einen Reinheitsgrad von 99,99 bis sogar 99,999 %. Verunreinigungen an Blei und Kadmium, die bei Verwendung von unreinerem Zink in Spritzgußlegierungen früher die gefürchtete interkristalline Korrosion hervorriefen, sind nur noch in ganz geringer, unschädlicher Konzentration vorhanden.



Bild 3. Entkupferungsanlage mit 13 Entkupferungsbädern und einem Mutterblechbad.

Als Nebenprodukt fällt bei der Zinkgewinnung **Kadmium** an, das ebenfalls zum größten Teil elektrolytisch mit hoher Reinheit gewonnen wird. Etwa zwei Drittel der Welterzeugung an Kadmium werden heute auf elektrolytischem Wege hergestellt. Als Ausgangsmaterial für die Zinkgewinnung dienen heute nicht nur ausgesprochene Zinkerze, sondern auch ganz verschiedenartige zinkhaltige Abfälle, Flugstaub und Nebenprodukte, z. B. Pyritabbrände, die neben Zink noch beträchtliche Mengen Kupfer und Blei enthalten.

Die Metalle **Beryllium**, **Aluminium**, **Magnesium** und die **Alkalimetalle**, die noch wesentlich unedler als Wasserstoff sind, werden bekanntlich nicht aus wäßrigen Lösungen, sondern aus wasserfreien Salzschnmelzen abgeschieden. Energiemäßig gesehen sind die heutigen Gewinnungsverfahren durch Elektrolyse im Schmelzfluß noch recht verlustreich. Ein nicht unbeträchtlicher Anteil des Stromes wird bei den hohen Arbeitstemperaturen von etwa 800 bis 900 °C lediglich zur Erzeugung von Wärme verbraucht. Während z. B. die Herstellung von Zink durch wäßrige Elektrolyse mit einer Energierausbeute von etwa 70 % arbeitet, beträgt die Ausbeute bei der Gewinnung von Aluminium durch Schmelzflußelektrolyse kaum die Hälfte und liegt bei der Magnesiumgewinnung noch merklich niedriger. An und für sich ist bereits wegen des niedrigen elektrochemischen Äquivalentes der beiden Leichtmetalle der zur Elektrolyse notwendige Aufwand an Strom wesentlich größer als beim Zink. Aus diesen Umständen erklären sich die hohen

Werte für den Energieverbrauch von 25 kWh (Al) und etwa 20 kWh (Mg) je kg Metall bei den Leichtmetallen. Die Leichtmetall erzeugenden Werke sind daher die größten Stromverbraucher der elektrochemischen Großindustrie. Von den bereits erwähnten 15,5 Mrd kWh, die etwa für die Elektrometallurgie im Jahre 1937 in der Welt aufgewendet wurden, entfallen etwa 12,5 Mrd auf die Schmelzflußelektrolyse. An diesem Energieverbrauch hat Aluminium mit rund 12 Mrd kWh den weitaus größten Anteil.

Auch bei der Leichtmetallgewinnung muß der Elektrolyt vor der Elektrolyse sorgfältig von den geringsten metallischen Verunreinigungen befreit werden, die sonst sämtlich gemeinsam mit dem Leichtmetall an der Kathode abgeschieden werden. Badauskleidung und Elektroden müssen aus besonders reinen und schwer angreifbaren Werkstoffen bestehen.

### 3. Wichtigste galvanotechnische Verfahren; Oberflächenschutz

Mit der Elektrometallurgie ist die Galvanotechnik methodisch verwandt. Ihr wichtigstes Anwendungsgebiet ist der Oberflächenschutz von Metallen. Während die Elektrometallurgie die Abscheidung von Metallen in möglichst kompakter Form anstrebt, verlangt die Galvanotechnik dünne Überzüge von meist nur hundertstel Millimeter Dicke. Die Metallniederschläge der Elektrometallurgie sollen sich leicht von der Kathode ablösen lassen; von den galvanischen Überzügen verlangt man hingegen möglichst gute Haftfestigkeit. Aus diesen Unterschieden ergeben sich gewisse Abweichungen in der Arbeitsweise, die sich z. B. auf die Vorbehandlungen der Kathodenoberfläche vor dem elektrolytischen Prozeß oder auf die Beeinflussung der Abscheidungsform während der Elektrolyse beziehen.

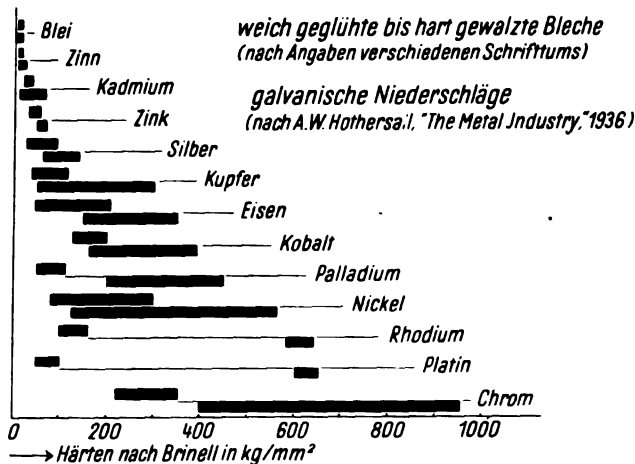


Bild 4. Härte- werte kalt verformter Metalle und galvanischer Überzüge.

Um einen weiteren Schutz vor chemischem Angriff zu gewährleisten, muß der galvanische Überzug möglichst dicht und porenfrei sein. Das Problem der Herstellung absolut dichter Metallüberzüge ist kaum lösbar. Alle Überzüge fallen auch unter günstigsten Arbeitsbedingungen stets mehr oder weniger porig aus. Bei sehr dünnen Schichten gehen manche dieser Poren noch bis zum Grundmetall. Erst von einer gewissen Dicke, die erfahrungsgemäß bei etwa 20 bis 25  $\mu$  liegt, sind die Poren meist vollständig wieder zugewachsen, so daß das Grundmetall vollkommen abgedeckt ist. Auch Überzüge geringerer Dicke dicht zu erhalten, ist eine wichtige Aufgabe zukünftiger Weiterentwicklung.

In manchen Fällen besitzt auch die hohe Härte galvanischer Überzüge technisches Interesse. In Form des elektrolytischen Niederschlages sind die Metalle meist wesentlich härter als in gegossenem oder gewalztem Zustande. Dies zeigt Bild 4 deutlich. Die Härte-

maxima der galvanischen Überzüge lassen sich beim kompakten Metall selbst durch stärkste Kaltverformung nicht erreichen. Die höchsten Härte- werte ergibt das Chrom, welches als „Hartchrom“-Überzug besondere technische Anwendungsmöglichkeiten bietet.

Die Tatsache, daß Werner von Siemens 1842 das erste deutsche galvanotechnische Patent, und zwar zur Vergoldung und Versilberung, nahm, ist symbolisch für die enge Verbundenheit zwischen Elektrotechnik und Galvanotechnik. In Deutschland ist heute die Galvanotechnik ein wichtiger Faktor im Wirtschaftsleben und ein vielseitiger Helfer in Werkstofffragen, die sich aus der Rohstofflage ergeben, geworden.

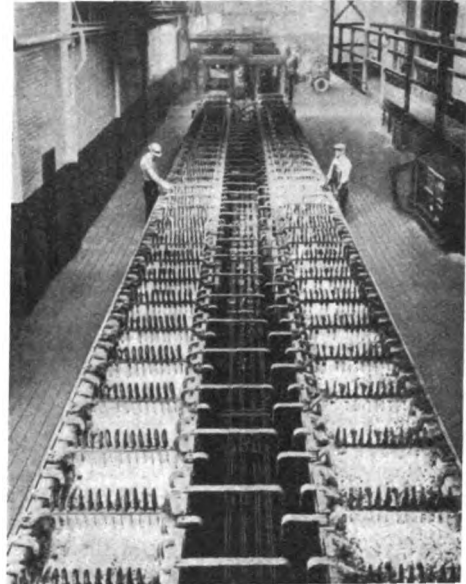


Bild 5. Drahtverzinkung nach Tainton im Zinkbad mit 40 000 A.

Die Entwicklung der galvanotechnischen Anlagen geht heute in Richtung voll- oder halb- selbsttätiger Betriebe zur Serienfertigung, in denen ein rascher und gleichmäßiger Durchsatz gewährleistet wird. Hier ergeben sich konstruktive, aber auch elektrochemische Probleme, z. B. die Aufgabe, Elektrolyte zu entwickeln, in denen die Niederschlagsdauer durch Anwendung sehr hoher Stromdichten beträchtlich abgekürzt werden kann.

Das bekannteste Verfahren der Galvanotechnik, die Vernicklung, ist allerdings heute in Deutschland auf solche Gebiete beschränkt worden, wo es technisch nicht entbehrt werden kann. In vielen anderen Fällen ist man hier auf die galvanische Verzinkung oder Kadmierung übergegangen, wobei Kadmium immer mehr durch Zink verdrängt wird. Dies ist vor allem durch die lebhaft entwickelte galvanische Verzinkung möglich geworden, die heute in der Güte die Kadmierung erreicht und sie teilweise überflügelt hat. Erwähnenswert ist, daß heute z. B. die Herstellung glänzender Zinküberzüge ohne weiteres möglich ist. Auch die Feuerverzinkung wird mehr und mehr durch das galvanische Verfahren verdrängt. Die Elektroverzinkung ergibt z. B. keine Legierung mit dem Grundmetall. Bei der Feuerverzinkung entsteht bekanntlich eine spröde intermetallische Verbindung, weshalb der Zinküberzug bei stärkerer Verformung abplatzen kann. Galvanisch kann man auch beliebig dünne Überzüge aufbringen, während die Adhäsion des geschmolzenen Zinks eine untere, nicht mehr zu unterschreitende Grenze der Dicke vorschreibt. Daher hat das galvanische Verfahren insbesondere für die Verzinkung von Drähten Anwendung gefunden, wobei man mit einem Bruchteil der Zinkmenge auskommt, die bei der Feuerverzinkung aufzuwenden wäre. Außerdem kann man bei der Duktilität der Zinkauflage dickere, verzinkte

Drahte ohne Gefahr des Abblätterns auf geringe Dicken herunterziehen. Bild 5 gibt eine amerikanische Großanlage zur Drahtverzinkung wieder, die nach dem sog. Tainton-Verfahren (mit unlöslichen Anoden, Gewinnung des Zinkes aus Abfallprodukten) arbeitet. Auch die Feuerverzinnung wird heute weitgehend durch den galvanischen Prozeß ersetzt.

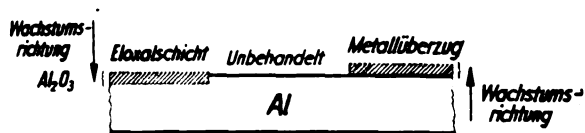


Bild 6. Unterschied im Wachstum von Metallüberzug und Oxydschicht.

Ein noch verhältnismäßig junger Zweig der Galvanotechnik ist die Verchromung, die erst nach dem Weltkrieg entwickelt wurde. Energiemäßig hat der Verchromungsprozeß einen geringen Wirkungsgrad, da die Stromausbeute nur etwa 20 % beträgt und zugleich etwa 80 % Wasserstoff entstehen. Ähnlich wie Zink verdankt das Chrom, das um 0,56 V unedler als Wasserstoff ist, nur der Wasserstoffüberspannung die Möglichkeit der Abscheidung. Die Überspannung des Wasserstoffes wächst mit der Stromdichte. Bei sehr kleinen Stromdichten scheidet sich unter Umständen überhaupt kein Chrom mehr ab. Hieraus erklären sich die Schwierigkeiten, gleichmäßig dicke Chromschichten auf stark profilierten Teilen zu erzielen. Sie zwingen den Galvanotechniker zu besonderen Maßnahmen, die die Stromverteilung regeln sollen, wie Hilfselektroden an Vertiefungen und Abschirmungen an Spitzen und Kanten.

Wichtiger als die bekannte Glanzverchromung ist heute die Abscheidung dickerer und besonders harter Chromüberzüge, die sog. Hartverchromung, geworden. Sie soll verschleißbeanspruchte Werkstücke vor Abnutzung schützen. Ein wichtiges Anwendungsgebiet ist die Verchromung von Werkzeugen der spanabhebenden und der spanlosen Formung. Die Haltbarkeit wird durch Verchromung häufig um mehrere hundert Prozent verbessert. Eine ähnliche Ersparnis wird bei zahlreichen hartverchromten Teilen, wie Achsen, Wellen, Zylindern von Verbrennungsmotoren usw., erzielt. Bei vielen Gegenständen kommt hinzu, daß man sie wieder auf Maß aufchromen kann, wenn die Maßhaltigkeit durch Abnutzung verloren gegangen ist.

Nur ganz kurz gestreift werden sollen die nichtmetallischen Überzüge, die durch anodische Oxydation auf Leichtmetall erhalten werden können (z. B. nach dem Eloxalverfahren). Den grundsätzlichen Unterschied zwischen dem Wachstum galvanischer Metallüberzüge und demjenigen oxydischer Schichten zeigt die schematische Darstellung Bild 6. Während der Metallüberzug außen auf der Oberfläche aufwächst, dringt die Oxydschicht von außen nach innen in den Werkstoff hinein. Es vollzieht sich hierbei eine chemische Umsetzung des Werkstoffes zu Oxyd, während die Abscheidung von Metallen ohne chemische Reaktion mit dem Grundmetall vor sich geht. Die anodisch erzeugte Oxydschicht schützt das Leichtmetall bekanntlich vor chemischem und mechanischem Angriff. Welchen starken Aufschwung das Eloxalverfahren in den sechs Jahren seiner Entwicklung in Deutschland erfahren hat, zeigt Bild 7. Dieses Verfahren ist ein Schrittmacher zur Einführung des Aluminiums und seiner Legierungen geworden, dem es durch Oberflächenveredlung neue Anwendungsgebiete erschloß. Auch zum Schutze des Magnesiums und seiner Legierungen sind ähnliche Verfahren ausge-

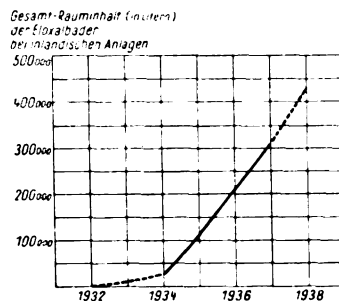


Bild 7. Entwicklung des Eloxalverfahrens.

arbeitet worden. Hier ist die Entwicklung noch nicht abgeschlossen. Die bisher auf Magnesium erzeugten Oxydschichten erreichen bei weitem noch nicht die guten Eigenschaften der Eloxalschichten.

Zur elektrolytischen Oberflächenbehandlung von Metallen gehören auch Reinigungsverfahren, wie elektrolytische Entfettung, Entzunderung und Beizung. Besonders das elektrolytische Entzundern hat heute wegen der Möglichkeit, Eisen zu sparen, wirtschaftliche Bedeutung gewonnen. Beim Entzundern und Beizen gehen häufig noch ein bis zwei Prozent des Blech- oder Drahtwerkstoffes durch Auflösung als Metall verloren. Bei der kathodischen Entzunderung wird praktisch nur der Zunder abgesprengt, während eine Auflösung von Metall vermieden wird. Außerdem kann dabei drei- bis viermal rascher als chemisch entzundert werden, wobei weniger Säure verbraucht wird und weniger Abwasser entsteht.

(Schluß folgt.)

## Die Drehzahlkennlinien des Universalmotors

Von G. Bolz VDE, Berlin

DK 621.313.14.012

**Übersicht.** An Schaltbildern wird der Verlauf der Drehzahlkennlinien des Universalmotors besprochen. Vermittels der gebotenen mathematisch-physikalischen Untersuchung ist es möglich, den Verlauf dieser Kennlinien vorauszuberechnen und Rückschlüsse auf das Verhalten des Universalmotors bei verschiedener Belastung zu ziehen.

### Einleitung

Einen Motor zu schaffen, der bei gleichem Nennwert sowohl an Gleich- als auch an Wechselspannung angeschlossen werden kann, war mit der Einführung der Elektrizität im Haushalt und Kleingewerbe zur gebieterischen Notwendigkeit geworden. Das Gleichspannungsnetz besteht vereinzelt auch heute noch, so daß mit der Verwendung beider Stromarten gerechnet werden muß.

Der Kleinst-Elektromaschinenbau stellte dazu für zahlreiche Antriebe den Universalmotor zur Verfügung,

dessen elektrische und mechanische Eigenschaften schon in den Grundzügen durch das deutsche Schrifttum von Arnold mit Forschungsarbeiten in den Jahren 1900 bis 1910 bekanntgegeben worden sind<sup>1)</sup>.

Unter den im vorerwähnten Schrifttum zusammenhängend erforschten elektrischen Maschinen erwies sich der Reihenschlußkommutatormotor für den beabsichtigten Zweck als ganz besonders geeignet. Da der Universalmotor seine Hauptverwendung im Kleinstmaschinenbau findet, stört sein Reihenschlußverhalten nicht. Es ist also nur nötig, den gewöhnlichen Gleichstromreihenschlußmotor zur Vermeidung hoher Eisenverluste mit durchweg lamelliertem Eisen auszuführen und für den jeweiligen Antrieb passend zu berechnen. Wendepole und Kompensationswicklung fallen für 95 % aller Motoren dieser Art weg.

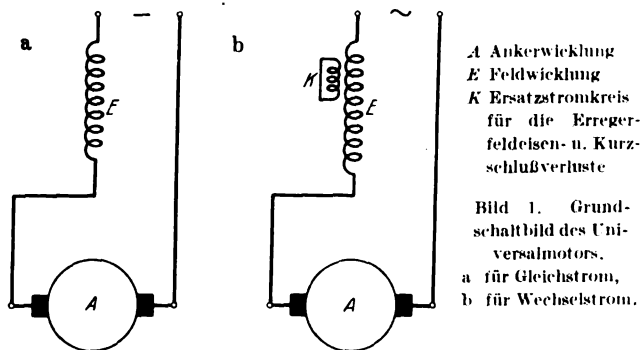
1) Verlag Julius Springer.

Auch das vom Gleichstromkleinstmotor bekannte Hilfsmittel der Bürstenverschiebung wird nur in beschränktem Umfang angewendet; wohl mehr als die Hälfte der gelieferten Universalmotoren hat eine neutrale Bürstenstellung. Bei dem restlichen Anteil kann die Bürstenverschiebung auch nicht immer als alleiniges Hilfsmittel zur Verbesserung der Motoreigenschaften angesehen werden.

**Theoretische Grundlagen und Verhalten des Universalmotors mit Reihenschlußschaltung**

**a) Voraussetzungen und Schaltungen**

Für die nun folgende Untersuchung soll als Voraussetzung die einfache Ausführung ohne die vorerwähnten Hilfsmittel und Stellung der Bürsten in die geometrisch neutrale Zone gelten. Es ergibt dies für den Universalmotor das Prinzipschaltbild (Bild 1), wobei 1 a für den



Gleichstrombetrieb, 1 b für Wechselstrom zu verwenden ist. Während Bild 1 a klar den Verlauf des Energieflusses vom Gleichstromnetz als elektrische, bis zur Welle als mechanische Arbeit versinnbildlicht, liegt bei der Umwandlung der Arbeit nach Bild 1 b noch ein verkappter, mit der Erregerwicklung induktiv gekoppelter Stromwandler vor, durch den elektrische Arbeit teils auf das Feldeisen in Form von Hysterisis- und Wirbelstromwärme, teils auf den mit der Erregerwicklung gleichachsig gekoppelten Stromkreis der im Kurzschluß liegenden Ankerspulen übertragen wird. Beide Energieverlustquellen tragen zur Schwächung des Erregerfeldes bei, da der offene Stromwandler ein wesentlich größeres gemeinsames Feld hat als der kurzgeschlossene. Die Rückwirkung beider in ihren räumlichen Bahnen nicht ganz genau erfassbaren Kurzschlußstromkreise verursacht bekanntlich eine Erhöhung des Wirkwiderstandes der im Ständer liegenden Feldwicklung und eine Verringerung von deren Gesamtinduktivität.

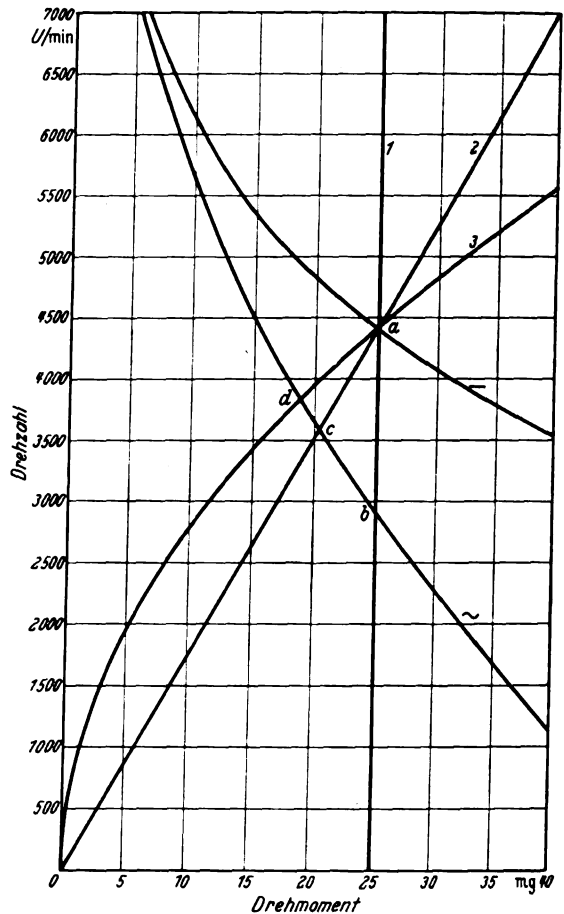
Alle unsere Betrachtungen setzen einen vollständigen Isolationszustand der Wicklungen voraus, der nötig ist, um den Begriff der Feldwindungszahl als zählbare Windungen eindeutig zu kennzeichnen. Im Bereich dieser Windungen bildet sich das magnetische Feld so aus, wie es beispielsweise bei Gleichstrom durch Feldbilder bestimmbar ist. Bei Wechselstrom kommt noch hinzu, daß durch die Wirkung des Stromkreises K (Bild 1 b) die Streuung erhöht wird.

**b) Drehzahlverhalten mit Beispielen**

Mit der Schaltung in Bild 1 erhält man einen genügend genauen Einblick in die Wirklichkeit. Die Drehzahl des Motors wird gegenüber dem Idealzustand widerstandsloser Wicklungen herabgedrückt; denn es ist vom Gleichstrommotor her bekannt und auch für Wechselstrom gültig, daß die elektrischen Spannungsabfälle bei gegebenem Drehmoment des Motors die Drehzahl senken, die Linienzahl des magnetischen Nutzfeldes diese dagegen heraufsetzen. Der sättigungslose Motor ohne Widerstand hat bei Gleichstrom eine Drehzahlkennlinie, die in linearen

Achsenmaßstäben in Abhängigkeit vom Strom eine gleichseitige Hyperbel darstellt.

Ein Universalmotor erzeugt bei Gleichstrom ein konstantes, bei Wechselstrom ein mit der doppelten Frequenz des Netzes pulsierendes Drehmoment, dessen Verlauf bei zeitlich sinusförmigem Strom und Feld eine Sinusquadratlinie ist, deren Mittelwert gleich der Hälfte des Höchstwertes sein muß. Oberschwingungen von Strom und Feld bei nicht sinusförmigem Verlauf geben zu mechanischen Resonanzerscheinungen des Läufers und Geräusch Anlaß.

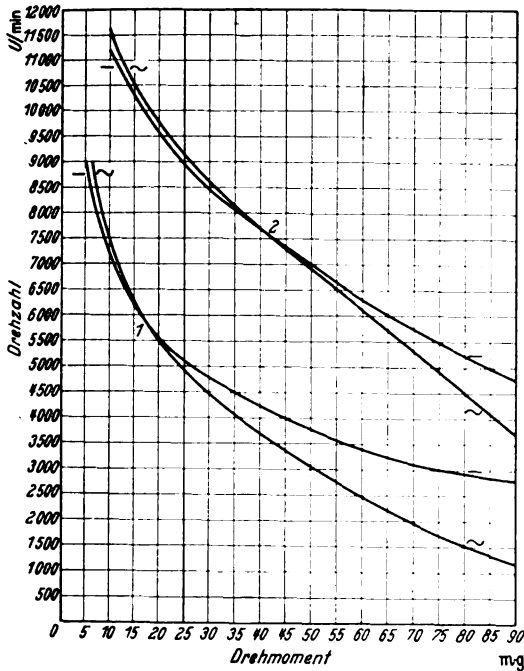


Kennlinien der Belastung für: 1 konstantes Belastungsmoment  
2 linear verlaufendes Belastungsmoment  
3 quadratisch verlaufendes Belastungsmoment

Bild 2. Motorkennlinien für Gleich- und Wechselstrom.

Die Betrachtungen seien vorläufig auf zweipolige Modelle mit gleicher Feldwindungszahl für beide Stromarten beschränkt, wobei ein angenähertes Zusammenfallen oder ein Überschneiden der Motorkennlinien möglichst erreicht werden soll. Bild 2 zeigt mit den beiden durch das Gleich- bzw. Wechselstromzeichen bezeichneten Kurven den Drehzahlverlauf eines Universalmotors kleiner Drehzahl in Abhängigkeit vom Nutzdrehmoment. Demgegenüber stellt die achsenparallele Linie 1 ein konstantes, Linie 2 ein linear veränderliches und Kurve 3 ein quadratisch verlaufendes Gegendrehmoment der Belastung dar. Bei allen 3 Belastungskennlinien sei für Gleichstrom derselbe Schnittpunkt a als normaler Arbeitspunkt gegeben. Für Wechselstrom ergibt dann Linie 1 den Arbeitspunkt b, 2 den Punkt c, 3 dagegen den Punkt d, der dann dem Fall des Staubsaugers angenähert entspricht. Daraus ist festzuhalten, daß die Motordrehzahl nicht allein von den Motorkennlinien, sondern von denen der angetriebenen Belastungsmaschine abhängt, da der Arbeitspunkt jeweils durch den Schnittpunkt dieser Kennlinie gegeben ist, wie Bild 2 zeigt.

In Bild 3 zeigt ebenfalls für gleiche Nennspannung das Kurvenpaar 1 die gemessenen Motorkennlinien eines Universalmotors, dessen Nenndrehmoment ebenso wie in Bild 2 zwar 25 mg beträgt, dessen Nenndrehzahl jedoch für Wechselstrom 70 % höher bei etwa 5000 U/min liegt. Während bei der kleineren Drehzahl in Bild 2 von etwa



Kurvenpaar 1: Nenndrehmoment 25 mg, Nenndrehzahl 5000 U/min  
 Kurvenpaar 2: gleiches Nenndrehmoment, jedoch Nenndrehzahl 9000 U/min

Bild 3. Drehzahlkennlinien von Universalmotoren.

3000 U/min beide Motorkennlinien bei Belastung stark auseinandergehen und die Gleichstromdrehzahl über jedem Drehmoment stets höher liegt als im Falle des Wechselstrombetriebes, überschneiden sich beide Kennlinien bei dem Kurvenpaar 1 in Bild 3 bei einem Drehmoment, das etwa 70 % des Nenndrehmoments von 25 mg beträgt. Der Unterschied geht offenbar auf die beim langsam laufenden Motor größer ausfallenden Spannungsabfälle in den beiden Wicklungen zurück. Bild 3 zeigt ferner mit dem Kurvenpaar 2 die Kennlinien für gleiches Nenndrehmoment von 25 mg, jedoch ist die Drehzahl dieses Motors für etwa 9000 U/min bemessen. Während in Bild 3 der Schnittpunkt der Kennlinien beim Kurvenpaar 1 bei 70 % Drehmoment liegt, tritt dieser beim Kurvenpaar 2 erst bei einem größeren Drehmoment von 40 mg oder 160 % des Nenndrehmoments auf.

Zusammenfassend sei festgehalten, daß die Kennlinien des Universalmotors bei gegebener Polzahl mit steigender Nenndrehzahl günstiger verlaufen und die Möglichkeit besteht, den Arbeitspunkt *a* in Bild 2 mit den Arbeitspunkten *b*, *c* und *d* zusammen in den Schnittpunkt beider Motorkennlinien zu legen. Der Motor hat dann für jeden beliebigen Verlauf der Belastungskennlinien bei Gleich- und Wechselstrom die gleiche Drehzahl und ist für die Ausnutzung der anzutreibenden Maschine besonders geeignet.

c) Gemeinsame Erscheinungen und Berechnung der Drehzahl bei Gleichstrom

Es fragt sich, wie es möglich ist, die Motorkennlinie allgemein gesetzmäßig festzulegen. Einfluß nehmen auf diese die elektrischen Spannungsabfälle in den Wicklungen und das mit der Ankerwicklung verkettete magnetische Nutzfeld. Erstere sind für Gleich- und Wechselstrom verschieden, bei Gleichstrom durch das ohmsche Gesetz, bei

Wechselstrom an Hand eines Diagramms ausrechenbar. Sowohl bei Gleich- als auch bei Wechselstrom wird die Drehzahl bei gegebenem Strom und Drehmoment bestimmt durch die im Anker erzeugte Rotationsspannung und durch das Nutzfeld des Ankers, das mit dem Strom das vom Anker ausgeübte elektrodynamische Drehmoment ergibt. Nach Abzug des Verlustmomentes durch Reibungs- und Ankereisenverluste bleibt an der Welle das Nutzdrehmoment übrig.

Die Größe des Nutzfeldes ist durch die magnetische Kennlinie des Motors gegeben, die durch Messung der Ankerleerspannung und des Erregerstromes bei Fremderregung versuchsmäßig sowohl für Gleich- als auch für Wechselstrom leicht ermittelbar ist. Ihre Berechnung kann nur bei Gleichstrom an vorliegenden magnetischen Blechproben und den mittleren Feldlinienweglängen erfolgen. Bei Wechselstromerregung muß bei gleichem Strom das zugehörige Magnetfeld wegen der Wirkung des Stromkreises *K* kleiner ausfallen, wie Bild 4 mit entsprechenden Versuchsergebnissen deutlich zeigt. Bei kleinen Strömen ist der Unterschied verhältnismäßig groß, woraus folgt, daß hier der Einfluß auf die für Wechselstrom gültige magnetische Kennlinie bedeutend ist, wäh-

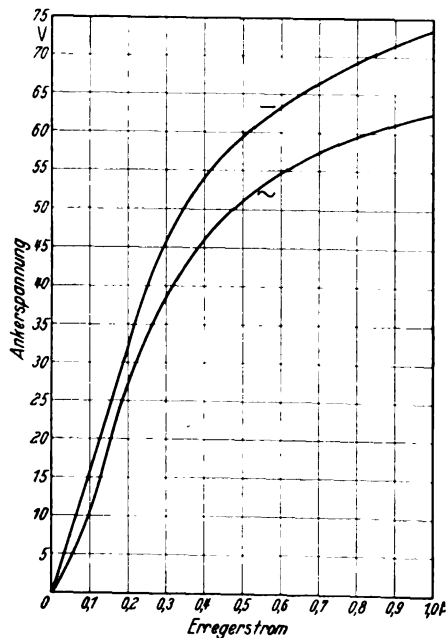


Bild 4. Ankerspannung bei konstanter Drehzahl in Abhängigkeit des Feldstromes für Gleich- und Wechselstrom.

rend bei größerem Strom die Unterschiede geringer ausfallen. Die Rückwirkung des Stromkreises *K* hat bei kleiner Last größeren Einfluß auf den Drehzahlverlauf als bei hoher Last und gesättigtem Eisen.

Der Spannungsabfall in den beiden Wicklungen ergibt sich beim Gleichstromwert  $I_g$  und dem Gesamtwiderstand  $R_g$  einschließlich Bürstenübergangswiderstand zu  $I_g R_g$ , die im Anker erzeugte Gleichspannung  $E_g$  bei der Klemmgleichspannung  $U_g$  als Differenz

$$E_g = U_g - I_g R_g.$$

Die EMK ist durch die Ankerkonstante *C*, die Schaltung und Drahtzahl des Ankers enthält, und den Fluß  $\Phi_g$  mit der Gleichstromdrehzahl  $n_g$  verknüpft. Es ist

$$E_g = U_g - I_g R_g = C \Phi_g n_g,$$

$$n_g = \frac{U_g - I_g R_g}{C \Phi_g} \quad (1)$$

Diese Formel dient zur Berechnung der Gleichstromdrehzahl für einen gegebenen Strom, das durch diesen bedingte Feld  $\Phi_g$  und das sich aus beiden ergebende Drehmoment.

Gegen die vorstehende Gl. (1) kann der Einwand gemacht werden, daß der Fluß  $\Phi_p$  bei Belastung wegen der Ankerquerfeldwirkung nicht vollständig vorhanden ist und sich aus Messungen ein kleinerer Wert und eine höhere Drehzahl wegen der Schwächung durch die Feldverzerrung ergeben muß. Die Berücksichtigung des Ankerquerfeldes ist durch das bekannte Verfahren mit Hilfe der Übertrittscharakteristik möglich, führt aber nach allen Erfahrungen des Verfassers auf eine zu große, tatsächlich nicht vorhandene Schwächung des magnetischen Flusses im Luftspalt. Eine Nichtbeachtung des Ankerquerfeldes kommt der Wirklichkeit näher, da die meisten Gleichstromkleinstmotoren sich praktisch wie kompen-sierte Motoren verhalten und das Auftreten des Anker-querfeldes bei vorliegender Eisensättigung der Zähne so gut wie nicht mehr nachweisbar ist. Es ist anzunehmen, daß das Querfeld schon bei Gleichstrom durch die Nutzung des Ankers und die an der Poloberfläche entstehenden Wirbelströme stark gedämpft wird, weil die Wirbelströme das Eindringen der Querfeldlinien in die Pole ebenso verhindern, wie es dann erst recht bei Wechselstrom durch den Kurzschlußstromkreis  $K$  in Bild 1 b teilweise schon für das Eindringen der Hauptfeldlinien in den Luftspalt der Fall ist, so daß sogar im letzteren Fall mit einer doppelten Abweisung der Feldlinien sowohl der Erregerwicklung aus dem Anker als auch der Ankerfeldlinien aus den Erregerpolen gerechnet werden muß. Unter Beachtung der vorstehend angegebenen Tatsachen ist also Formel (1) zur Berechnung hinreichend genau verwendbar.

d) Berechnung der Drehzahl bei Wechselstrom

Bei Betrieb mit Wechselstrom wird das magnetische Nutzfeld im Anker bei gleichem Strom kleiner sein als bei Gleichstrom wegen der Rückwirkung des Stromkreises  $K$ . Für sinusförmigen Strom ist der Effektivwert zwar das  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  fache des Höchstwertes, jedoch gehört zu letz-terem nach Bild 4 nicht der dem Gleichstromwert ent-sprechende Fluß, sondern der kleinere, von der Eisen-

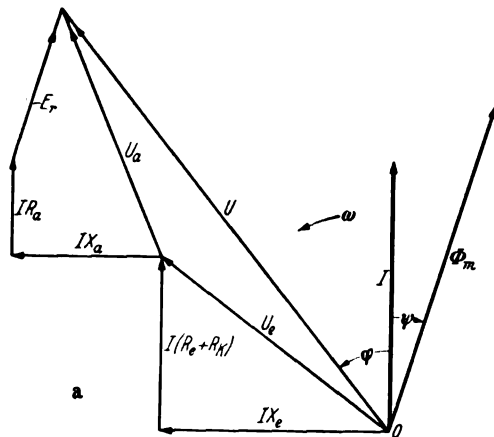


Bild 5a. Spannungsdiagramm des Universalmotors bei Berücksichtigung der Feldeisen- und der Kurzschlußverluste.

sättigung abhängige Höchstwert des Wechselflusses. Außer den Wirkspannungsabfällen der Wicklungen treten induktive Blindspannungsabfälle hinzu. Der Universal-motor verhält sich bei Wechselstrombetrieb im Stillstand wie zwei in Reihe geschaltete Scheinwiderstände. Bei Lauf wird im Anker eine Rotationsspannung erzeugt, zu deren Überwindung vom Netz ein entgegengesetzter Be-trag aufgewendet werden muß. Der Stromkreis  $K$  bewirkt eine Phasenverschiebung zwischen Nutzfeld und Strom, wie vom unbelasteten Transformator her bekannt ist. Mit diesen Darlegungen ist das für sinusförmige Größen gül-tige Diagramm Bild 5a verständlich. Es bezeichnen hierin,

alle Spannungen und Ströme effektiv, Felder als Maximalwert in Maxwell oder Voltsekunden gemessen:

- $I$  den Motornennstrom,
- $\Phi_m$  den Höchstwert des Nutzfeldes,
- $\psi'$  den Phasenwinkel zwischen Strom und Nutzfeld,
- $q$  den Phasenwinkel zwischen Klemmenspannung und Strom,
- $U, U_e, U_a$  die Klemmenspannung am Motor, an der Erreger- bzw. Ankerwicklung,
- $I(R_e + R_k)$  bzw.  $R_a$  den Wirkspannungsabfall in der Erreger- bzw. Ankerwicklung,
- $I X_e$  bzw.  $I X_a$  den induktiven Blindspannungsabfall dieser beiden Wicklungen,
- $E_r$  die im Anker vom Nutzfeld erzeugte EMK,
- $\omega = 2 \pi f$  die Kreisfrequenz des Netzes.

Bild 5 b zeigt das vereinfachte Diagramm für  $\psi = 0$  bzw.  $R_k = 0$  für den rückwirkungslosen Zustand, dem die Schaltung nach Bild 1 a entspricht. Da  $\psi$  klein ist, kann dieses einfachere Diagramm für die Berechnung der Rotations-

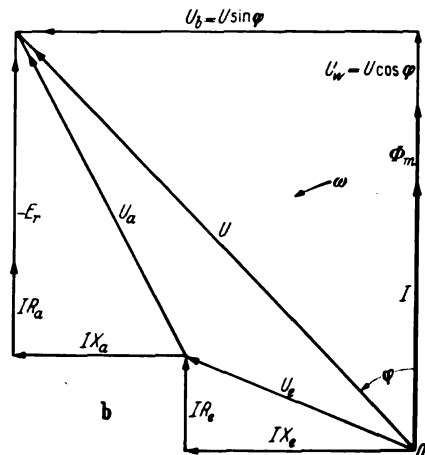


Bild 5b. Spannungsdiagramm bei Vernachlässigung der Feldeisen- und Kurzschlußverluste, Winkel  $\psi$  bzw.  $R_k$  gleich Null gesetzt.

spannung im Anker verwendet werden. Diese EMK liegt dann in Phasenopposition zum Strom bzw. Nutzfeld, und ihr Höchstwert berechnet sich ebenso wie bei Gleichstrom; es ist mit  $n_w$  als Wechselstromdrehzahl je min:

$$\sqrt{2} E_r = C \Phi_m n_w.$$

Aus dem Diagramm entnimmt man, daß andererseits

$$E_r = U \cos q \quad I R_w$$

ist, wobei  $R_w$  den Gesamtwirkwiderstand für Wechselstrom bedeutet. Damit ergibt sich die Drehzahl bei Wechselstrom zu:

$$n_w = \frac{(U \cos q - I R_w) \sqrt{2}}{C \Phi_m} \quad (2)$$

Die induktiven Spannungsabfälle treten in Gl. (2) nicht un-mittelbar auf, ihr Einfluß ist in  $\cos \varphi$  enthalten. Gl. (2) er-möglicht die Berechnung der Drehzahl für Wechselstrom und weist eine große Ähnlichkeit auf mit der für Gleich-strom gültigen Gl. (1). An Stelle der Motorklemmen-spannung tritt die Wirkspannung  $U_w = U \cos \varphi$ , an Stelle des Gleichstromwiderstandes  $R_g$  der größere Wirk-widerstand  $R_w$ , der die Stromverdrängung und Erhöhung durch den Stromkreis  $K$  berücksichtigen muß. Alle Größen sind für den betriebswarmen Zustand auszurechnen. Der Höchstwert des Nutzfeldes  $\Phi_m$  läßt sich mit Hilfe von Bild 4 angenähert festlegen, wobei bei schwacher Last ein Wechselstrom vom Effektivwert  $I$  des Gleich-stroms  $I_g$  sogar ein schwächeres Höchstwertfeld  $\Phi_m$  er-

zeugen kann, als es für Gleichstrom vorhanden ist, wie Bild 4 bei ungesättigtem Zustand zeigt.

Zur Bestimmung von  $U_w = U \cos \varphi$  aus dem Diagramm von Bild 5 b benötigen wir noch die induktiven Widerstände beider Wicklungen. Für die Erregerwicklung ist  $X_e = \omega L_e$  mit Hilfe von Bild 4 als Flußverkettung je Einheit der Stromstärke zu berechnen. Dieser Wert ist etwas zu klein und kann durch Schätzung des Streukoeffizienten, über den genaue Messungen bisher nicht bekannt sind, noch berichtigt werden.  $X_e$  ist also an Hand der magnetischen Kennlinie des Hauptfeldes für Wechselstrom genügend genau als Funktion des Stromes vorzubestimmen.

Viel schwieriger ist jedoch die Ermittlung der Ankerinduktivität  $X_a = \omega L_a$ . Der Verfasser hat versucht, an Hand der von Goerges und Thomälen gelehnten Verfahren zur Bestimmung der Flußverkettung für den ungesättigten Motor eine Formel zu finden, leider jedoch keine Übereinstimmung mit Messungen feststellen können. Die sich durch Rechnung ergebende Induktivität war viel zu groß und führte auf Leistungsfaktoren von 0,5, während die Messung 0,9 ergab. Unsere für den

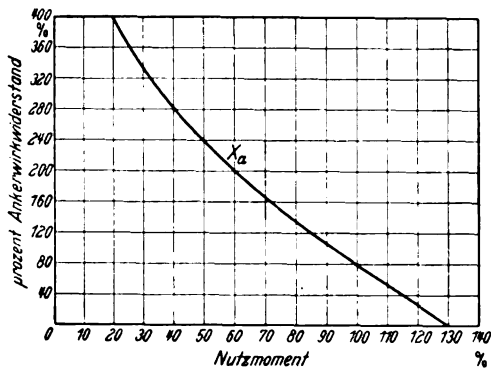


Bild 6. Ankerblindwiderstand  $X_a$  bei 50 Hz in % des Ankerwiderstandes als Funktion des Nutzdrehmoments, gemessen in % des Nennmomentes.

Gleichstrombetrieb oben angegebenen Behauptungen erhärten sich hiermit. Bei Wechselstrom ist nur noch eine verhältnismäßig geringe Ankerinduktivität nachweisbar, deren Wert etwa demjenigen der Streuinduktivität eines kompensierten Universalmotors entspricht. Es tritt also im Anker durch Stromdämpfungswirkung eine Selbstkompensation auf, die eine Aufhebung des Ankerquersfeldes durch eine Kompensationswicklung für alle Kleinstmaschinen überflüssig macht, soweit diese mit ausgeprägten Polen gebaut sind.

Bild 6 zeigt den ungefähren Verlauf des induktiven Blindwiderstandes der Ankerwicklung, wobei das Drehmoment in % des Nennmomentes waagrecht, der Blindwiderstand  $X_a$  in % des Ankerwiderstandes senkrecht aufgetragen ist. Aus Bild 6 ersieht man, daß schon bei normalem Drehmoment, bei dem der Motor ziemlich stark gesättigt ist, der Einfluß der Ankerinduktivität verschwindet. Unser Diagramm Bild 5 b kann somit ganz einfach mit nur einer Induktivität  $L_e$  gezeichnet werden, eine Behauptung, die bis herab zu 4000 U/min angenähert gültig bleibt. Mit diesen Ausführungen ist die Vorausbestimmung des Leistungsfaktors recht genau möglich.

e) Wirkungsgrad des Universalmotors

Der Wirkungsgrad des Universalmotors ist bei gleicher Wattabgabe für Gleichstrom höher als bei Wechselstrombetrieb und hängt von der Bemessung des Motors nicht nur in elektrischer, sondern auch in mechanischer Hinsicht ab. Die Einzelverluste sind bis auf die in dem unbekanntem Widerstand  $R_k$  enthaltenen Zusatzverluste der Rechnung zugänglich. Als Richtwerte für eine mitt-

lere Drehzahl von etwa 4500 U/min gibt Bild 7 zwei Kurven, denen die erreichbaren Werte für Leistungen bis 300 W zu entnehmen sind.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß der Universalmotor bis herab zu einer Drehzahl etwa 3000 U/min praktisch funkenlos ausführbar ist, wobei allerdings die Dreh-

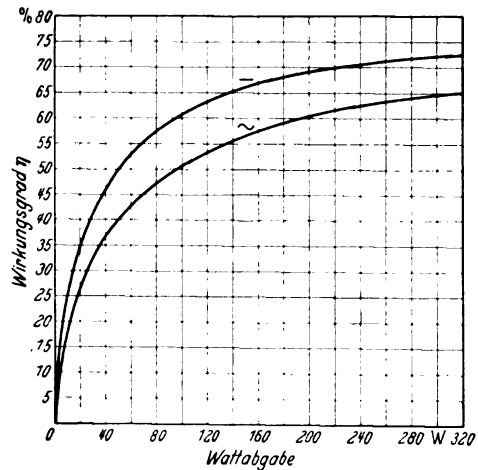


Bild 7. Richtwerte für die Wirkungsgrade von Universalmotoren, gültig für eine Nennzahl von etwa 4500 U/min.

zahl bei konstantem Gegendrehmoment und Speisung bei Gleichspannung gleichen Nennwerts nach Bild 2 auf 4400 U/min ansteigt, was bei manchen Antrieben störend empfunden wird. Um diesem Übelstand abzuwehren, schuf der Kleinstelektromaschinenbau einen Motor, der dennoch eine gute Stromwendung bei gleicher Nennzahl von etwa 3000 U/min aufweist. Dazu muß das Nutzfeld bei Wechselstrom nach Gleichung (2) geschwächt werden, um die Wechselstromdrehzahl auf den Gleichstromwert hochzuheben. Diese Überlegung führt auf die Prinzipschaltung Bild 8, aus der zu entnehmen ist, daß der mit 4 Klemmen gelieferte Motor bei Wechselstrom weniger

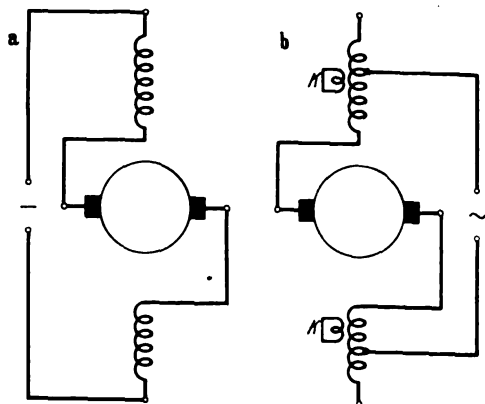


Bild 8. Ersatzwindungen zur Berücksichtigung der bei Wechselstrom auftretenden Feldeisen- und Kurzschlußverluste

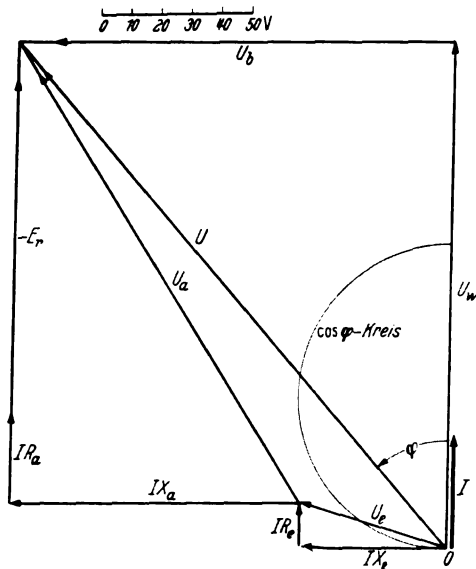
Bild 8. Grundschriftbild für verschiedene Feldwindungszahlen bei Gleich- und Wechselstrom mit symmetrisch zum Anker verteilten Feldspulen; a für Gleichstrom, b für Wechselstrom.

Feldwindungen erhält, deren Zahl so gewählt wird, daß die Übereinstimmung der Kennlinien beim Nennmoment auftritt, eine Eigenschaft, die bei Bild 3 schon angenähert, jedoch erst bei rd. 5000 U/min und gleicher Feldwindungszahl, erreicht wurde. Bild 8 zeigt die sogenannte symmetrische Schaltung der Feldspulen, deren Vorteil gegenüber Bild 1 darin besteht, daß vom Motor erzeugte elektromagnetische Wanderwellen in diesen Spulen schon teilweise unschädlich gemacht werden.



### Untersuchung einer gebauten Ausführung; Schlußfolgerungen

Wir gehen nun dazu über, den Entwurf eines nach Bild 8 geschalteten Motors an Hand der in Bild 5 b gezeichneten Spannungsbilder an dem Beispiel eines hierzu untersuchten 25 W-Motors mit 0,37 A Nennstrom zu über-



Abzulesen sind:

$$U_w = 166 \text{ V}, U_b = 145 \text{ V}, U_g = 50 \text{ V}, U_a = 178 \text{ V}, E_r = 121 \text{ V} \\ I R_a = 15 \text{ V}, I X_a = 48 \text{ V}, I R_g = 31 \text{ V}, I X_g = 95 \text{ V}, \cos \varphi = 0,755$$

Bild 9. Spannungsvektoren eines ausgeführten Universalmotors von 25 W, 3000 U/min, 220 V, 50 Hz, 0,37 A.

prüfen. Alle Spannungen an den Wicklungen und ebenso deren Wirk- und Blindwiderstände sind der Messung leicht zugänglich. Das Ergebnis einer mit genauen Meßgeräten ausgeführten Messung finden wir in Bild 9 ausgewertet. Bei dem geschwächten Nutzfeld fällt die Induktivität  $L_a$  der Ankerwicklung prozentual wesentlich größer aus als

der sich für das Nutzfeld ergebende Betrag  $L_r$ . Das Ankerquerfeld tritt stärker hervor, da seine magnetische Leitfähigkeit bei schwachem Nutzfeld größer ist. Dennoch hatte der Motor noch einen guten Leistungsfaktor von etwa 0,76; sein Wirkungsgrad ergab sich zu 40 %, im Vergleich zu unserem Richtwert von 30 % in Bild 7 also als recht gut. Der Widerstand  $R_k$  war Null; zusätzliche Verluste sind nicht nachzuweisen, und auch die Stromwendung erwies sich als vollständig funkenfrei. Offenbar ist die Schaltung nach Bild 8 für kleinere Drehzahlen vorteilhaft; der Nachteil von 4 Klemmen soll daher gegenüber dem erzielten Vorteil in Kauf genommen werden.

Es läßt sich daraus schließen, daß der zweipolige Motor oberhalb der sogenannten synchronen Drehzahl von 3000 U/min bei 50 Hz günstiger arbeitet. Jedoch soll zur Vermeidung von Trugschlüssen festgehalten werden, daß der Reihenschlußkommutatormotor keine ausgesprochene synchrone Drehzahl hat, da er kein Drehfeld aufweist, so lange der Winkel  $\psi$  bzw. der Widerstand  $R_k = 0$  angenommen werden. In Amerika wurden zur angeblichen Verbesserung der Motoreigenschaften mehrpolige Motoren auf den Markt gebracht; irgendwelche wissenschaftlichen Untersuchungen über derartige mehrpolige Universalmotoren sind bisher aber noch nicht im Fachschrifttum bekannt geworden.

### Zusammenfassung

Von der Reihenschlußschaltung des Universalmotors ausgehend fanden durch einen fiktiven Stromwandler die zusätzlichen Verluste bei Wechselstrom Berücksichtigung. Danach wurde das Verhalten eines Motors verhältnismäßig niedriger Nenndrehzahl in Zusammenarbeit mit dem Antrieb untersucht und die Kennlinien für Universalmotoren höherer Nenndrehzahlen betrachtet, aus denen Rückschlüsse über die günstigste Bemessung an Hand weiterer Kennlinien und Spannungsdiagramme gezogen wurden. Ferner wurden die sich bei Motoren mit für Gleich- und Wechselstrom verschiedener Feldwindungszahlen ergebenden physikalischen Vorgänge untersucht, wobei angedeutet wurde, daß durch Wahl mehrpoliger, etwa 4- oder 6poliger Modelle, vielleicht Verbesserungen erreichbar sind.

## Schalbertechnik in der Schweiz

DK 621.3.064(494)

Die behandelte Diskussionsversammlung<sup>1)</sup> des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins widmete sich ausschließlich dem Hochleistungs-Hochspannungsschalter. Einleitend gab E. Juillard einen Überblick über den Schaltvorgang, wobei er in großen Zügen das Entstehen und Löschen von Lichtbögen umriß. Zwei Vorträge waren der wiederkehrenden Spannung, und zwar besonders dem Einschwingvorgang, gewidmet. Sodann kamen Vertreter von Elektrizitätswerken zu Wort, die über Erfahrungen in städtischen Werken, Überlandwerken und Bahnnetzen berichteten. Schließlich wurde von den drei schaltbauenden Firmen Sprecher & Schuh, Oerlikon und BBC ein Querschnitt durch das derzeitige Bauprogramm gegeben.

In dem ersten Fachvortrag berichtet W. Wanger über den Spannungsverlauf beim Abschalten von größeren Kurzschlußströmen. Die Berechnung der Eigenfrequenz ist einfach, solange es sich um eine einzige Induktivität und Kapazität im Stromkreis handelt; sie ist aber auch möglich bei komplizierten Stromkreisen, da man sich auf die Berechnung der zwei wichtigsten Eigenfrequenzen beschränken kann. In diesem Fall ist auch die Angabe der

relativen Amplituden der einzelnen Schwingungen erforderlich. Eine gewisse Schwierigkeit besteht noch darin, daß Kapazitäten, die über eine Wicklung verteilt sind, durch entsprechende konzentriert gedachte Kapazitäten ersetzt werden müssen. Für die experimentelle Bestimmung der Eigenfrequenzen gibt es zwei Verfahren, bei denen Kurzschlüsse im Netz nicht ausgeführt zu werden brauchen: Bei dem Schwachstromverfahren nach Trencham und Wilkinson werden auf das Netz periodische Stromstöße gegeben, die sich einstellenden Schwingungen der Spannung an den Klemmen des in Rede stehenden Schalters verstärkt und sodann mit einer Braunschen Röhre gemessen. Während das Netz hierfür außer Betrieb genommen werden muß, kann das Hochfrequenzverfahren bei dem unter Spannung stehenden Netz angewandt werden. Man benutzt dann zum Anstoßen eine stetig veränderliche hochfrequente Schwingung und stellt die Resonanzzustände fest. Außer den einzelnen Eigenfrequenzen lassen sich die zugehörigen Amplituden und Dämpfungskoeffizienten bestimmen.

Um einen Überblick über die Höhe der Eigenfrequenzen in Netzen zu bekommen, wird eine Zusammenstellung zahlreicher Meßergebnisse gebracht. Danach haben Ge-

<sup>1)</sup> Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 321, 342, 653, 677, 702; 76 S., 145 B.

neratoren bei Klemmenkurzschluß Eigenfrequenzen von 15 bis 19 kHz bei 6 kV und von rd. 10 kHz bei 10 kV, wobei diese Werte nur wenig von der Leistung abhängig sind. Besonders langsam laufende Generatoren kommen jedoch auf etwa die Hälfte der obengenannten Werte. Arbeiten die Generatoren, wie das häufig der Fall ist, mit gleich großen Transformatoren zusammen, so ergeben sich bei Kurzschluß auf der Oberspannungsseite Frequenzen von etwa 8 kHz bei 50 kV und von etwa 4 kHz bei 150 kV. In Netzen wird die Eigenfrequenz um so kleiner, je weiter der Kurzschluß vom Kraftwerk entfernt liegt. Eine Ausnahme bilden solche Fälle, bei denen an einem starken Netz Abzweige über kleine Transformatoren oder über Drosselspulen großer Reaktanz angeschlossen sind. Man kommt dann auf Eigenfrequenzen von 60 bis 100 kHz bei 10 kV, 40 kHz bei 20 kV und 15 kHz bei 50 kV, also wesentlich höhere Werte als beim Klemmenkurzschluß von Generatoren. Aus diesem Grunde ist eine gewisse Vorsicht bei der Auswahl von hinter Drosselspulen liegenden Schaltern erforderlich.

Der Schalter kann den Spannungsverlauf in starkem Maße beeinflussen, und zwar macht der Druckluftschalter im allgemeinen größere Löschspitzen, während Flüssigkeitsschalter im wesentlichen die Dämpfung des Stromkreises vergrößern. Auch der Zeitpunkt, bei dem eine Rückzündung einsetzt, ist bei diesen Schaltern verschieden; es wurden Oszillogramme von Ölschaltern gezeigt, bei denen die Rückzündung erst 200 ms nach dem Stromnulldurchgang stattfindet, wobei die wiederkehrende Spannung durch die starke Dämpfung vollständig aperiodisch verläuft. Ein Kathodenstrahl-Oszillogramm des Stromes zeigte, daß in diesem Falle der Strom schon vor dem Zusammenbruch der Spannung anzusteigen beginnt.

Eine Prüfvorschrift über die Bewertung dieser verschiedenartigen Einschwingvorgänge gibt es noch nicht. Das liegt daran, daß man noch kein Verfahren gefunden hat, um den Einfluß der Schalterart auszumerzen. Den nach den obengenannten Berechnungsverfahren ermittelten Spannungsverlauf, der einem „idealen“ Schalter entspricht, gelten zu lassen, kann der Vortragende jedoch auch nicht empfehlen. Er glaubt, den wahren Spannungsverlauf in Prüffeldern am besten dadurch ermitteln zu können, daß er Oszillogramme von Druckluftschaltern ohne Widerstände aufnimmt, die den Schwingungsverlauf am wenigsten verändern.

Sehr wichtig ist die Frage, ob und wie man Schalter prüfen kann, deren Abschaltleistung die der Prüfanlage übersteigt. Das in den britischen Vorschriften niedergelegte Verfahren, die wiederkehrende Spannung entsprechend zu verkleinern, kann keinen richtigen Ersatz für einen Versuch mit voller Leistung bieten. Da kommen schon die anderen Verfahren der Wirklichkeit näher, die einen kurzen Augenblick nach dem Stromnulldurchgang einen Spannungsstoß auf die Schaltstrecke geben. Der Vortragende warnt jedoch davor, von diesem Verfahren allzu viel zu erwarten; auf jeden Fall muß die treibende Spannung des „Stromgenerators“ so groß sein, daß die Ausbildung der vollen Lichtbogenleistung im Schalter gewährleistet ist. Nicht zu übersehen ist der Einfluß des Schalters, der eine kurzzeitige Spannungsspitze u. U. leichter wegdampt, als wenn die Spannung wie beim richtigen Versuch starr gehalten wird. Auch macht die mehrmalige Wiederholung des Spannungsstoßes nach je einer Halbwelle noch erhebliche Schwierigkeiten. Die indirekte Prüfung hat daher vorläufig nur bei solchen Schaltern einige Aussicht, welche die wiederkehrende Spannung wenig beeinflussen und die eine Lichtbogendauer von nur einer Halbwelle haben.

Über den Spannungsverlauf bei kleineren Strömen unter 1000 A berichtet H. Puppikof er. Für die Ausbildung einer hohen Löschspitze ist vor allem der Umstand maßgebend, daß der Lichtbogen bei kleinen Stromwerten unstabil wird und plötzlich abreißt, so daß der Strom eine beträchtliche Zeit vor seinem Nulldurchgang auf die Parallelkapazität überspringt. Dadurch wird eine hohe Löschspitze erzeugt und bis zum Ansteigen der Spannung in umgekehrter Richtung eine gewisse Zeit gewonnen, die der Entionisierung der Lichtbogenstrecke zugute kommt. Andererseits entsteht aber durch die hohe Löschspitze auch ein entsprechend großer Scheitelwert der Einschwingspannung, der bei geringer Dämpfung beträchtlich über 200 % des Einschwingwertes (Scheitel-

wert der betriebsfrequenten wiederkehrenden Spannung) ansteigen kann. Ein Schalter mit sehr wirksamer Löschrichtung vergrößert also sowohl die Steilheit des Spannungsanstieges als auch die Spannungsspitze. Werden bei Schaltern Widerstände in den Stromkreis gebracht, so können dadurch die beiden genannten Größen beträchtlich reduziert werden. Während Wasserschalter infolge ihrer leitenden Schaltflüssigkeit diese Widerstände schon an sich besitzen, ist bei Druckluftschaltern die Anwendung von Stufenwiderständen sehr zweckmäßig, bei mit Niederdruck arbeitenden Luftschaltern sogar erforderlich. Besonders steile Spannungsanstiege und hohe Spitzen ergeben sich beim Abschalten leerlaufender Transformatoren; hier ist die Verwendung von Widerständen besonders zu empfehlen, außerdem sollen Transformatorschalter hinsichtlich ihrer Löschwirkung nicht überbemessen werden. Der Leerlaufstrom ist zweckmäßigerweise auf der Unterspannungsseite abzuschalten.

Von den Vertretern der Elektrizitätswerke berichtet H. Leuch über das Ergebnis einer Rundfrage bei zehn städtischen Elektrizitätswerken. Bei der Berechnung der Netzkurzschlußleistung werden Sicherheitszuschläge noch sehr verschieden beurteilt. Es ist nicht immer ganz klar, wie weit man mit dem Zusammentreffen aller erdenklichen ungünstigen Umstände rechnen soll. Würde man sich aber in jeder Beziehung auf die sichere Seite legen, so werden die Schalter wirtschaftlich nicht mehr tragbar. Bei der Auswahl der zahlreichen Schalterbauarten spielen die verschiedensten Gesichtspunkte eine Rolle. Hierbei glaubte der Vortragende, den Wasserschalter als überholt abtun zu können, während er dem Druckluftschalter für Spannungen über 50 kV, darunter dem Einkessel-Ölschalter, den Vorzug gab<sup>2)</sup>.

Von den 4000 erfaßten Leistungsschaltern waren noch rd. 90 % Ölschalter, 4,4 % Luftschalter und nur 2,4 % waren Wasserschalter. Im Mittel werden durch einen Schalter 292 Einwohner versorgt; die Zahl schwankt aber zwischen 100 und 700. Unter den Störungen sind rein mechanische am Schaltergetriebe und den bewegten Teilen am häufigsten. Ölaustritt und Kontaktverschweißungen kommen an zweiter Stelle. Insgesamt sind vier Schalterexplosionen und zwei Zerstörungen aus anderen Gründen aufgetreten. F. Hug berichtete über einige interessante Störungen an Hochspannungsschaltern, die zum Teil auf Überspannungen, zum Teil auf Undichtigkeit des Flüssigkeitsbehälters und auf andere mechanische Fehler zurückzuführen sind. Er verlangte noch mehr als bisher die Berücksichtigung der Forderungen des Betriebes nach Einfachheit und Übersichtlichkeit der Schalter und ihrer Anlagen.

Als letzter der Elektrizitätswerkvertreter gibt H. Habich eine Übersicht über die Betriebs- und Störungsstatistik des schweizerischen Bahnnetzes. Von rd. 400 Ölschaltern wurden im Mittel je Schalter und Jahr 29 Kurzschlüsse im 15 kV-Netz und etwa 1 Kurzschluß im 66- und 132 kV-Netz abgeschaltet. Nur 6 % aller Kurzschlüsse haben eine Unterbrechung der Fahrleitungsspeisung von mehr als 5 min hervorgerufen. Die Gründe für die Kurzschlüsse sind in erster Linie Gewittereinflüssen sowie fehlerhafter Bedienung durch ungeschultes Personal zuzuschreiben. Bei dieser großen Zahl von Kurzschlußabschaltungen traten insgesamt 121 Störungen an den Schaltern auf, wovon 75 Störungen auf die 15 kV-Schalter entfallen. Davon sind 24 % auf mangelhafte Lichtbogenlöschung zurückzuführen. Dies kommt daher, daß die Abschaltleistung beim Bau der Schalter nicht im Prüffeld festgestellt werden konnte. 19 bzw. 15 % der Störungen haben ihre Ursache in fehlerhafter Innen- und Außenisolation. Beide Fehler wurden durch weitgehende Änderungen der Schalter soweit wie möglich beseitigt.

Von den Firmenvertretern äußerte sich A. Roth (Sprecher & Schuh) über die Eigenschaften, nach denen Leistungsschalter beurteilt werden müssen. An die erste Stelle setzt er die Betriebssicherheit, unter der nicht nur die Sicherheit gegen Zerstörungen bei Kurzschlußschaltungen (Explosion), sondern auch die Möglichkeit und Häufigkeit von „gewöhnlichen“ Schalterstörungen zu verstehen ist, durch die das mechanische Arbeiten eines Schalters oft gerade im kritischen Augenblick verhindert

<sup>2)</sup> Eine Richtigstellung dieser Ansicht, die den tatsächlichen Verhältnissen keineswegs entspricht, wird in Form einer Veröffentlichung demnächst erfolgen. Der Ber.

wird. Im Zusammenhang hiermit steht auch die zweite Forderung nach der Einfachheit der Unterhaltung, die um so eher erreicht wird, je weniger verwickelt der Schalter ist. Die Verkürzung der Eigenzeit kann sich nur dann richtig auswirken, wenn auch die Relais ebenso schnell wie die Schalter arbeiten. Schließlich sind Form und Abmessungen der Geräte von besonderer Bedeutung, da hierdurch die Schaltungsanlage maßgebend bestimmt ist. Alle neuzeitlichen Schalterarten weichen in dieser Beziehung sehr zu ihrem Vorteil von dem klassischen Ölschalter ab. Unter diesem Gesichtspunkt glaubt Roth, die Aufgaben für die verschiedenen Schalterbauarten folgendermaßen verteilen zu müssen: Lasttrennschalter haben die Aufgabe, einige hundert Ampere bis Spannungen von 60 kV zu unterbrechen. Für die kleinen und mittleren Leistungen bis 100 oder 200 MVA und etwa 20 kV behält noch der alte Ölschalter seine Bedeutung. Über 30 kV ist der ölarme Schalter bis zu den höchsten Spannungen am Platz. Druckluftschalter werden zweckmäßigerweise dort verwendet, wo geschultes Personal zur Betriebsüberwachung zur Verfügung steht; für Freiluft seien sie jedoch wegen Kondenswasser- und Eisbildung weniger geeignet. Der Betriebsdruck soll nach Möglichkeit unter 10 atü liegen.

Die Bedeutung der kurzen Ausschaltzeiten und einer selbsttätigen Wiedereinschaltung wird von O. Naef (Oerlikon) ganz besonders hervorgehoben. An Hand einiger Beispiele mit Schaltern verschiedener Bauart wird gezeigt, daß Störungszeiten<sup>3)</sup> von 0,25 bis 0,5 s erreicht werden können und daß in den meisten Fällen dadurch ein ungestörter Betrieb aufrechterhalten werden kann. In der gleichen Richtung liegen die Ausführungen von H. Thommen (BBC), der die großen Vorteile der Lichtbogenlöschung durch Druckluft zum Erreichen kurzer Ausschaltzeiten hervorhebt. Für besonders schwere Abschaltbedingungen wird eine doppelstufige Löschung — Einschaltung eines Widerstandes durch Überblasen des Lichtbogens auf eine Hilfelektrode — angegeben, während im Gebiet der höchsten Betriebsspannungen mehrere einstufige Unterbrechungsstellen in Reihe verwendet werden. So stehen für alle Spannungen und Leistungen gut durchgeprobte Schalter mit Eigenschaften zur Verfügung, die gegenüber den früheren Bauarten einen bedeutenden Fortschritt darstellen. W. Kn.

<sup>3)</sup> Damit ist die Zeit vom Beginn des Kurzschlusses bis zum Wiedereinschalten gemeint.

### Richtlinien für den Bau von Turbogeneratoren in den V. S. Amerika

DK 621.313.322-81(73)

Von dem „National Defense Power Committee“ sind vor kurzem Richtlinien für den Bau von Dampfturbosätzen mit Leistungen über 10 000 kW angenommen worden, um die Herstellung dieser Maschinen zu fördern und ihre Kosten zu senken<sup>1)</sup>. Für Einheiten mit Leistungen unter 10 000 kW wird die Herausgabe ähnlicher Bestimmungen erwogen. Ebenso ist die Aufstellung von Richtlinien für Dampfkessel, Ventile und Zubehör zu erwarten.

Die vielen Sonderwünsche der Stromversorgungsunternehmen machten es bisher erforderlich, für jeden Einzelfall „Maßarbeit“ zu liefern, so daß wirtschaftliche Fertigungsverfahren nicht angewendet werden konnten. Die neuen Richtlinien für Dampf-Turbosätze, die in der Tafel I aufgeführt

Ein Ausschuß von Sachverständigen aus den Kreisen der Hersteller, Stromversorgungsunternehmen und der Regierung hat die Annahme der Richtlinien empfohlen und als Hauptziel angegeben, die Kraftversorgung durch Ausschaltung unnötiger Sonderkonstruktionen an Dampfturbosätzen in Friedenszeit zu erleichtern und Sicherungsvorkehrungen für den Kriegsfall zu schaffen. Die Tafel zeigt Richtlinien für 17 Modelle von Kondensations- und Vorschaltturbinen von 10 000 bis 100 000 kW Leistung. Die genormte Generatorspannung beträgt 13 800 V. Jedoch werden auch Spannungen von 11 000, 11 500, 12 000, 13 200 und 14 400 V nicht als Sonderausführung betrachtet, wenn diese Spannungen wegen bestehender Verteilungssysteme erforderlich sind.

Tafel I. Einheitsgrößen von Dampfturbinen. Vorschläge der amerikanischen Wehrwirtschaftskommission.

Allgemeines:		I. Kondensationsturbinen.								
		Gegendruck 25 bis 38 mm abs., Kurzschluß-Verhältnis 0,9, Generatorspannung 13,8 kV, Erregerspannung 250 V.								
Nr.		10 000	12 500	15 000	20 000	25 000	35 000	50 000	75 000	100 000
1	Leistung . . . . . in kW	10 000	12 500	15 000	20 000	25 000	35 000	50 000	75 000	100 000
2	Drehzahl . . . . . U/min	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	1 800	1 800
3	Eintrittsdruck . . . . . (atü)	46	46	46	60	60	60 od. 88	60 od. 88	60 od. 88	60 od. 88
4	Eintrittstemp. . . . . °C	440	440	440	480	480	480	480	480	480
5	Anzahl der Entnahmestellen . . . . .	3	3	3	3	3	4	4	4	4
6	Temperatur an d. Anzapfstellen (± 5,5°C) bezogen auf Normalleistung . . . . . °C	77/107/143	77/107/143	77/107/143	77/107/143	77/107/143	77/107/143/177	77/107/143/177	77/107/143/177	77/107/143/177
7	Überlastungsfähigkeit d. Turbine	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
8	cos φ	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
9	Kühlmittel (Luft oder Wasserstoff) . . . . .	Luft	Luft	Luft	Luft	Luft od. H	H	H	H	H
Allgemeines:		II. Vorschaltturbinen.								
		Drehzahl 3600 U/min. Eintrittsdruck und Eintrittstemp. 88 atü und 492°C. Gegendruck 14 bis 21 atü, Kurzschlußverhältnis 0,9, Generatorspannung 13 800 V, Erregerspannung 250 V.								
10	Leistung . . . . . in kW	10 000	12 500	15 000	20 000	25 000	35 000	50 000	60 000	
11	Überlastungsfähigkeit der Turbine . . . . .	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	
12	cos φ	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8 od. 0,9	
13	Kühlmittel (Luft oder Wasserstoff) . . . . .	Luft	Luft	Luft	Luft	Luft od. H	H	H	H	

sind, lassen dabei genügend Spielraum für Abänderungen, die beispielsweise notwendig werden, wenn neue Maschinen in bestehenden Anlagen aufgestellt werden sollen oder besondere technische Bedingungen vorliegen. Um die Weiterentwicklung auf dem Gebiete des Dampfturbinen- und Generatorenbaues nicht zu unterbinden, soll alljährlich überprüft werden, ob neue technische Fortschritte eine Änderung der Richtlinien erforderlich machen.

1) Pwr. Plant (Engug.) 43 (1939) S. 102; 2 S.

Den Elektrotechniker interessieren an dieser Aufstellung besonders die Angaben über das hohe Leerlaufkurzschlußverhältnis von 0,9 bei den Generatoren und die Tatsache, daß bei Maschinen über 25 000 kW Leistung Wasserstoff als Generator Kühlmittel verwendet wird.

In Deutschland sind Richtlinien (Ausgabe 1939) für die Wahl der Drücke, Temperaturen und Leistungen in Dampfkraftwerken von der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung herausgegeben worden, die, ähnlich wie in Amerika, den Zweck haben, die Lieferfristen abzukürzen und die Herstellung zu vereinfachen. I.kf.

RUNDSCHAU

Elektrische Maschinen

DK 621.3.012.8 : 621.314.21

**Die Ersatzschaltungen des Transformators.** [Nach H. Pitsch, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 384; 5 1/2 S., 6 B.]

Der Aufsatz gibt eine Zusammenstellung und eingehende Erläuterung aller im Schrifttum verstreut beschriebenen Ersatzschaltungen des Transformators und zeigt bisher nicht bekannte Zusammenhänge zwischen diesen Ersatzschaltungen. Man unterscheidet zwischen Ersatzschaltungen, bei denen der Belastungswiderstand selbst eingesetzt wird, und solchen, bei denen der Belastungswiderstand auf die Primärseite umgerechnet ist. Die Ersatzschaltungen mit nicht umgerechnetem Belastungswiderstand haben den Nachteil, daß bei fester Kopplung und großem Übersetzungsverhältnis eine der Induktivitäten der Ersatzschaltung negativ werden kann<sup>1)</sup>, wodurch der eigentliche Zweck der Ersatzschaltbilder, nämlich die Übersichtlichkeit, gestört wird. Deshalb kommen für die Praxis im allgemeinen nur die anderen Ersatzschaltungen mit umgerechnetem Belastungswiderstand  $R \cdot \ddot{u}^2$  in Betracht (Bild 1 bis 4).

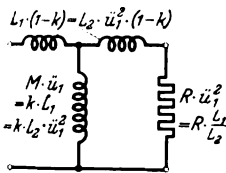


Bild 1. Symmetrisches T-Ersatzschaltbild für einen Umrechnungsfaktor  $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ .

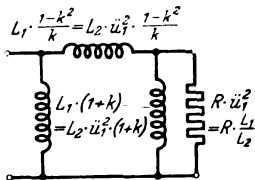


Bild 2. Symmetrisches pi-Ersatzschaltbild für einen Umrechnungsfaktor  $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ .

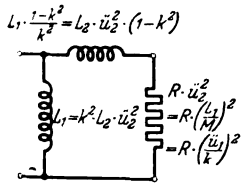


Bild 3. L-Ersatzschaltbild für einen Umrechnungsfaktor  $\ddot{u}_2 = \sqrt{L_1} : k \sqrt{L_2}$ .

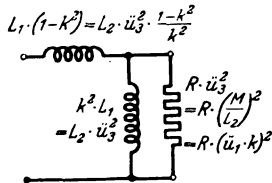


Bild 4. L-Ersatzschaltbild für einen Umrechnungsfaktor  $\ddot{u}_3 = k \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ .

Unabhängig von dieser Einteilung unterscheidet man zwischen T- und pi-Ersatzschaltungen (Stern- und Dreieckschaltungen). In der Gruppe der Ersatzschaltungen mit umgerechnetem Belastungswiderstand sind unendlich viele Ersatzschaltungen der T- und pi-Type möglich, welche sich durch die Wahl des Umrechnungsfaktors unterscheiden. Zu einem bestimmten Umrechnungsfaktor gehört jeweils ein einziges T-Ersatzschaltbild und ein entsprechendes pi-Ersatzschaltbild. Der Umrechnungsfaktor wird im Schrifttum mit „Übersetzungsverhältnis“ bezeichnet, was jedoch irreführend ist und besonders dem Anfänger das Verständnis der Ersatzschaltungen erschwert. Unter dem Übersetzungsverhältnis versteht man bekanntlich im allgemeinen das Verhältnis der Windungszahlen der beiden Transformatorwicklungen. Bei einem Transformator mit Streuung ist die Übersetzung der Spannung und des Stromes dagegen von der Größe des Belastungswiderstandes abhängig, weshalb man in der Starkstromtechnik nach den Regeln des VDE mit dem Verhältnis der Oberspannung zur Unterspannung bei Leerlauf rechnet. Der Umrechnungsfaktor kann gleich einem dieser Übersetzungsverhältnisse gewählt werden, ist jedoch daran nicht gebunden. Am bekanntesten ist der Umrechnungsfaktor  $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ , wenn  $L_1$  und  $L_2$  die Primär- und Sekundärinduktivitäten sind. Dieser Umrechnungsfaktor ist nämlich bei Eisenkern-Transformatoren gleich dem Ver-

hältnis der Windungszahlen und damit gleich dem erwähnten Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}_1$ , weil der magnetische Widerstand der magnetischen Kreise beider Wicklungen bei Eisenkern-Transformatoren praktisch gleich groß ist. Bei Lufttransformatoren ist dies z. B. bei verschiedenen Spulendurchmessern und Spulenhöhen nicht der Fall. Wählt man als Umrechnungsfaktor  $\ddot{u}_1 = \sqrt{L_1} : \sqrt{L_2}$ , so sind das T- und pi-Ersatzschaltbild (Bild 1 und 2) bei allen Arten von Transformatoren streng symmetrisch (gleiche Längs- bzw. Querinduktivitäten). Man kann den Umrechnungsfaktor auch so wählen, daß die linke oder rechte Längsinduktivität des T-Ersatzschaltbildes gleich Null wird, und erhält damit die L-Ersatzschaltbilder<sup>1)</sup> (Bild 3 und 4). Dieselben L-Ersatzschaltbilder ergeben sich für dieselben Umrechnungsfaktoren aus dem pi-Ersatzschaltbild. Die beiden Gruppen der T- und pi-Ersatzschaltbilder treffen sich also hier und gehen bei Verwendung eines größeren und kleineren Umrechnungsfaktors wieder auseinander und besitzen dann eine negative Längsinduktivität bzw. Querinduktivität. Diese letzteren Ersatzschaltbilder scheiden für die Praxis wieder aus. Die Umrechnungsfaktoren  $\ddot{u}_2$  und  $\ddot{u}_3$  für die L-Ersatzschaltbilder stehen zu dem erwähnten Umrechnungsfaktor  $\ddot{u}_1$  durch den Kopplungsfaktor  $k$  in Beziehung (siehe Bild 3 und 4). Statt des Kopplungsfaktors  $k$  kann man auch sinngemäß die Gegeninduktivität  $M$  in Rechnung setzen,  $\ddot{u}_2$  ist zugleich das Leerlaufspannungs-Übersetzungsverhältnis und  $\ddot{u}_3$  zugleich das Übersetzungsverhältnis der Ströme beim Kurzschluß. Die L-Ersatzschaltbilder sind wesentlich übersichtlicher als die bekannteren T-Ersatzschaltbilder und sollten deshalb bevorzugt werden.

In der Fernsprech- und Verstärkertechnik verwendet man vereinfachte Ersatzschaltbilder (nur eine Querinduktivität oder nur eine Längsinduktivität), um die untere bzw. obere Grenzfrequenz zu bestimmen<sup>2)</sup>. Die Verluste werden in bekannter Weise durch eingeschaltete ohmsche Widerstände berücksichtigt.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.229 : 669.71

**Zur Frage der Verwendung des Aluminium als Kabelmantel-Werkstoff.** [Nach A. Czempiel u. C. Haase, AEG-Mitt. (1939) S. 347; 6 1/2 S., 14 B. u. Aluminium 21 (1939) S. 521; 7 S., 17 B.]

Die Verfasser berichten über ausgeführte Versuche, Blei als Werkstoff für Kabelmäntel durch Heimstoffe, insbesondere Aluminium, auszutauschen. Die Werkstoffeigenschaften von Blei, Bleilegierungen und Aluminium werden miteinander verglichen, die technische Herstellung und die Eigenschaften des aluminiumummantelten Kabels beschrieben. Die ersten Arbeiten betrafen grundsätzliche Untersuchungen mit Reinstaluminium, die weiteren den Ummantelungsversuch. Bei den physikalischen Eigenschaften lassen die Werte der Zugversuche das Reinstaluminium dem Blei und seinen Legierungen benachbarter und ähnlicher erscheinen als dem technischen Aluminium mit 99,5 % Reinheitsgrad. Betrachtlich höher als beim Blei liegt nur die Elastizitäts- bzw. die Streckgrenze. Die Streckgrenze und Dehnung bestimmen die Biegsamkeit des Kabels; die Biegearbeit, also das Widerstandsmoment gegen Biegung, soll klein, die Hin- und Herbiegezahl bis zum Bruch groß sein. Das Verhalten bei Raumtemperatur, die Verfestigung und die Rekristallisation ist bei beiden Werkstoffen, Blei und Aluminium, sehr verschieden. Bei Reinblei ist eine Verfestigung nur unmittelbar nach geringen Kaltreckgraden festzustellen. Beim Blei-Antimon ist der Rückgang der Härte bei Zimmertemperatur geringer als bei Blei; dagegen ist die spanlose Verformung des technischen Reinstaluminiums bei Zimmertemperatur als Kaltverformung mit bleibender Verfestigung anzusprechen. Man wird bei Aluminium-Kabelmänteln mit Rekristallisationstemperaturen von 100 bis 200°C zu rechnen haben. Ein Aluminium-Kabelmantel wird deshalb stets beträchtlich

<sup>1)</sup> Hemmeter, Arch. Elektrotechn. 18 (1927) S. 32 u. 167. — H. Barkhausen, ETZ 52 (1931) S. 1463. — W. Kautter, Elektr. Nachr.-Techn. 6 (1931) S. 245.

<sup>2)</sup> Siehe z. B. K. K ü p f m ü l l e r, Schwachstromtechnik (1931) S. 340. — H. Barkhausen, Lehrbuch der Elektronenröhren, 2. Bd., S. 168. S. Hirzel, Leipzig 1933.

<sup>3)</sup> H. Barkhausen, Zur Theorie des Transformators, ETZ 52 (1931) S. 1403; K. K ü p f m ü l l e r, Einführung in die theoretische Elektrotechnik, S. 180; J. Springer, Berlin 1932.

steifer sein als ein Mantel aus Blei und Bleilegierungen. Da er aber mit geringerer Wandstärke hergestellt werden kann, wird dieser Nachteil zum Teil wieder ausgeglichen. Infolge der größeren Härte von Aluminium gegenüber Reinblei und Bleilegierungen ist die Gefahr einer mechanischen Verletzung des Mantels geringer. In der Dauerfestigkeit ist der Aluminiummantel den Bleimänteln weit überlegen; diese Eigenschaft spielt eine Rolle bei Luftkabeln und bei der Verlegung der Erdkabel unter Brücken. Für Kabel, die unter Druck von Öl oder Gas arbeiten, ist die Dauerstandfestigkeit des Aluminiums von großer Bedeutung. Die Kriechfestigkeit betrug bei Versuchen der Verfasser das 10fache von der des Bleis und das 5fache von derjenigen der Bleilegierung.

Zur Beurteilung der Preßbarkeit ist zu berücksichtigen, daß der Werkstoff in den Kabelpressen um  $90^\circ$  umgelenkt wird und daß sich das Mantelmetall in dem Preßzylinder in zwei Arme teilt, die sich kurz vor der Matrize wieder verschweißen müssen. Bei den Versuchen wurden zunächst die Stauchdiagramme aufgenommen und dann an einer Versuchspresse Kabel mit Aluminium umpreßt. Für  $400^\circ\text{C}$  Preßtemperatur bei Aluminium und  $200^\circ\text{C}$  bei Blei ergibt sich ein Preßdruckverhältnis von 1:3,5. Die Verschweißung gelang einwandfrei, wie an Schliffbildern gezeigt wird.

Die Versuche ergaben, daß ein einwandfreies Pressen nach dem bisherigen Herstellungsverfahren möglich ist. Trotz der starken Annäherung der Festigkeitseigenschaften von Reinstaluminium an die des Bleis kann von einer gleich guten oder annähernd gleichen Preßbarkeit noch nicht gesprochen werden. Die Preßtemperatur, die starken Einfluß auf die Haltbarkeit und wirtschaftliche Verwendung des Stahles der Formen hat, ist um mindestens  $150^\circ\text{C}$  zu erhöhen; trotzdem sind der Preßdruck zu steigern und die Preßgeschwindigkeit zu verringern. Die Versuche wurden mit einer eigens dazu gebauten Presse durchgeführt; das Kabel wurde waagrecht eingeführt, der Stempel war senkrecht angeordnet. Mit einer Füllung konnten mehrere Meter Kabel von Manteldurchmessern bis 25 mm umpreßt werden. Die Mäntel hatten Wandstärken von nur 0,75 mm bei 25 mm Außendurchmesser; die Wandstärke war gleichmäßig. Die Preßtemperatur lag bei  $350$  bis  $400^\circ\text{C}$ , der Einsatz war flüssig. Eine Verkohlung der Papierisolation trat trotz der hohen Temperatur nur an den Stellen des Kabels auf, die bei einer Neufüllung des Preßzylinders der Einwirkung der Temperatur längere Zeit ausgesetzt waren. Die Drücke beim Verpressen von Blei ( $220^\circ\text{C}$ ) zu Reinstaluminium und Aluminium  $99,5$  ( $360^\circ\text{C}$ ) verhalten sich wie 1:2:3. Vermutlich wird man somit statt des wertvollen Reinstaluminiums das technische Aluminium verwenden können, falls nicht auf besonders hohe Korrosionsbeständigkeit Wert gelegt wird. Schliffbilder ausgeführter Kabelmäntel beweisen eine gute Verschweißung von 2 verschiedenen Rezipientenfüllungen. Der Kabelmantel von 0,8 mm Wandstärke zeigte nach 30maligem Auf- und Abwickeln des Kabels auf eine 35 cm-Trommel zwar Ausbeulungen, aber keinen Nahtriß.

Die Verfasser schließen aus diesen Versuchen, daß Aluminium ein durchaus geeigneter metallischer Austauschwerkstoff für die Herstellung von Kabelmänteln ist. Es wird nötig sein, Aluminium bei einer um  $150$  bis  $200^\circ\text{C}$  über der Preßtemperatur des Bleies liegenden Temperatur zu verpressen. Die Preßgeschwindigkeit muß hoch, der Aluminiummantel dünn sein, um Verbrennung der Isolation zu vermeiden. Ein besonderer Vorteil des Aluminiummantels ist seine Festigkeit, die in vielen Fällen die Verwendung einer Armierung überflüssig erscheinen läßt. Die betriebsmäßige Herstellung aluminiumummantelter Kabel wird eine Frage der Konstruktion geeigneter Pressen sein. G. A. F.

DK 621.315.1.004(73)

**Allgemeine Betriebserfahrungen mit der Übertragungsleitung Boulder Dam — Los Angeles.** [Nach W. S. Peterson, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 131; 6 S., 4 B.]

Die seit Oktober 1936 in Betrieb befindliche Freileitung geht durch Gebiete unterschiedlichen Klimas und hatte dabei besondere Beanspruchungen durch Gewitter, Sturm, Eis und Wasser zu bestehen. Während über das elektrische Verhalten, Koronaverluste, Isolationszustand und Blitzschutz, Fernwirk-einrichtungen und Relaischutz in anderen Arbeiten berichtet wird, bringt der Verfasser einen zusammenfassenden Überblick über die Hauptwerte und das bisherige betriebliche Verhalten der über 400 km langen Freileitung für 287,5 kV Betriebs-spannung mit Doppelsystem, das auf dem größten Teil der Länge zu beiden Seiten der geerdeten Profilmasten mit je 24 Porzellanhängeisolatoren an den übereinander befindlichen Traversen mittels besonderer Klammern befestigt ist. Über

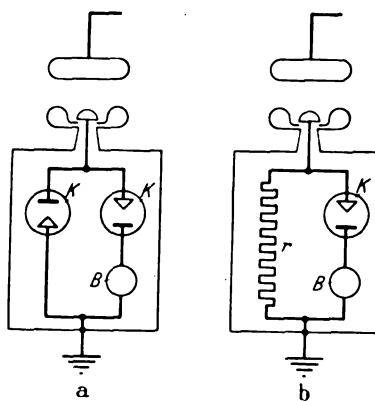
den Leitern befinden sich die beiden Erdseile<sup>1)</sup>. Im Zuge der Leitung sind zwei Schaltstationen angeordnet. Die zuletzt gemeldete Übertragungsleistung betrug etwa 300 MW. Bei der Inbetriebsetzung des ersten Leitungsteiles ergaben sich keine Schwierigkeiten; die Ladeleistung erreichte die errechneten Werte. Zur Inbetriebnahme waren besondere Maßnahmen für die Fernschaltung vorgesehen. In der Zeit der ersten schwachen Belastung konnte die Leitung gegen Mitternacht außer Betrieb gesetzt werden. Die Fernmeldeeinrichtungen wurden weiter ausgebaut. Im März 1937 gaben bereits vier Generatoren ihre Leistung über die Leitung weiter. In einer Übersicht ist die Zunahme der durchschnittlichen monatlichen Übertragungsleistung von Oktober 1936 bis April 1938 angegeben; der Übertragungswirkungsgrad erreichte dabei Werte zwischen 86,9 und 95,0%. Im Laufe der Betriebszeit fanden 5 unbeabsichtigte, im einzelnen beschriebene Unterbrechungen statt, wovon 4 auf Abschaltungen oder Ansprechen von Auslöseeinrichtungen, nicht aber auf Leitungsfehler zurückzuführen waren. Nur im März 1938 fand eine Auslösung infolge Umbruches eines durch Gründungsüberflutung beschädigten Mastes statt, wobei die Schutz-einrichtungen vorschriftsmäßig ansprachen. Die unterbrochene Leistung betrug dabei 170 MW. Bei den Abschaltungen traten kurzzeitige Spannungsspitzen von 385 kV auf, die gehalten wurden. Der Spannungsabfall entsprach den errechneten Werten. Trotz erheblicher Windgeschwindigkeiten und Eislasten traten keine Störungen durch Leiterbrüche auf. Gefährdete Gebiete erhielten Dämpfungseinrichtungen gegen die Seilschwingungen. Auch die verwendeten Aufhänge-teile bewährten sich. Die gesamte Leitungsanlage entsprach trotz der durch außergewöhnliche Überflutungen verursachten Schwierigkeiten allen Erwartungen. Tsch.

## Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.333.82 : 621.3.015.33

**Messung von Stoßspannungen.** [Nach Y. Ishiguro und Y. Goshō, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) 189; 2 S., 4 B.]

Der bekannte Scheitelspannungsmesser für Wechselspannungen, bei dem gemäß Bild 5 a ein mit Schutzring versehener Luftkondensator in Reihenschaltung mit zwei nebeneinander geschalteten, in entgegengesetztem Sinne wirkenden Ventilgleichrichtern angeordnet ist, kann auch zur Messung von Stoßspannungen verwendet werden, wenn der im Stromkreis



K Gleichrichterventile  
B ballistisches Galvanometer  
r Widerstand

Bild 5 a u. b. Anordnungen zur Messung von Stoßspannungen.

linearen Verhältnis, sondern liegt namentlich im ersten Teil des Frontanstieges erheblich unter diesem Wert. Je mehr sich die Unterbrechung der Spannungswelle auf deren Front der Scheitelspannung nähert, desto geringer wird dieser Einfluß und ist auch bei Unterbrechung der Stoßspannungswellen auf deren Rücken durch eine Spitzenfunkenstrecke, die bekanntlich einen größeren Entladeverzug aufweist, zu vernachlässigen. Abweichungen vom linearen Verhältnis ergeben sich auch, wenn während des Frontanstieges oder auch nach dem Abschneiden der Stoßspannungswelle Schwingungen im Meßkreis auftreten. Die störende Wirkung solcher Schwingungen entfällt, wenn eines der Gleichrichterventile gemäß Bild 5 b durch einen Widerstand  $r$

<sup>1)</sup> Zur Leitungsbeschreibung s. E. F. Scattergood, Electr. Engng. 54 (19:5) S. 361 u. 494.

von einigen Megohm ersetzt wird, über den sich die durch das verbleibende Ventil fließenden Ladungen während des Spannungsanstieges ausgleichen können. Es bleibt allerdings noch der Einfluß der Streukapazitäten im Gleichrichterkreis und des inneren Widerstandes des Ventils. Untersuchungen unter Hinzuziehen des Kathodenstrahl-Oszillographen ergaben, daß die neuartige Anordnung nach Bild 5 b zur Messung von Stoßspannungen mit einer Front von  $1,1 \mu\text{s}$  oder längerer Dauer mit befriedigendem Ergebnis verwendet werden kann. O. N.

DK 621.365.036.53 : 536.212.3 : 536.62

**Wärmeleitfähigkeitsmessungen an Isoliersteinen.** [Nach L. Beuken, Econom. Techn. Tijdschr. 18 (1939) S. 178; 3 1/2 S., 3 B.]

Es wird ein Betriebsmeßgerät für die Bestimmung der Wärmeleitzahl von Isoliersteinen für Öfen beschrieben. Das Gerät, das aus Halbkugelschalen aufgebaut ist, besteht aus zwei aus Chrom gegossenen, konzentrischen Kugeln, zwischen welchen der Isolierstein eingeschlossen ist. Hierzu werden mit besonderen Fräsern zwei Kugelschalen aus dem zu untersuchenden Werkstoff angefertigt und zwecks genauerer Anpassung in und auf den Chromschalen eingeschliffen. Der Heizkörper, der aus einer Kugel aus keramischem Stoff mit aufgewickelterm Heizdraht besteht, füllt mit Hilfe von ein wenig Zement den Hohlraum der inneren Chromkugel vollständig aus. Dieser Hohlraum hat einen Durchmesser von 36 mm, während die Wandungen der drei konzentrischen Kugeln 12 mm, 30 mm und 12 mm dick sind. Die beiden Thermoelemente sind zwischen Chrom und Isolierstein eingeklemmt. Die Handhabung und Art der Auswertung ist wie üblich. Die Meßergebnisse stimmen gut mit denen anderer Verfahren überein. v. d. St.

### Verkehrstechnik

DK 621.314.27 : 625.1 (494)

**Die Drehstrom - Drehstrom - Umrichteranlage Lüttschental der Jungfraubahn.** [Nach E. Kern, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 225; 4 S., 6 B.]

Das 40 Hz-Drehstromnetz der Jungfraubahn (JB-Netz) wurde mit dem 50 Hz-Drehstromnetz der Bernischen Kraftwerke (BKW-Netz) durch eine Drehstrom-Drehstrom-Umrichteranlage von 1600 kW Nennleistung elastisch gekuppelt. Die Anlage arbeitet mit einem einzigen 12anodigen Stromrichtergefäß, dessen Eingangs- und Ausgangstransformatoren in der bekannten B-Schaltung<sup>1)</sup> angeordnet sind. Die Frequenzen werden somit unmittelbar umgeformt, ohne daß eine Gleichspannung als Zwischenenergieform auftritt. Eine Ausgleichsdrosselspule, die, unterstützt durch eine zusätzliche Glättungsdrosselspule, alle von den asynchronen Netz-Spannungssystemen herrührenden Oberwellenausgleichströme genügend herabsetzt, bewirkt nicht nur eine gute Baustoffausnutzung der Anlage, sondern auch eine gleichförmige Belastung der drei Phasen von beiden Netzen. Die Gittersteuerung arbeitet ohne umlaufende Teile und Kontakte und wird von den Leistungs- und Frequenzreglern über kleine Steuergleichrichter beeinflußt<sup>2)</sup>. Die Umrichteranlage, die normalerweise für das JB-Netz den fehlenden Energiebedarf aus dem BKW-Netz bezieht, kann Leistungen nach beiden Richtungen hin liefern, und zwar entweder nach einem beliebigen Fahrplan unabhängig von Spannungs- und Frequenzschwankungen der Netze oder frequenzabhängig, wobei die Frequenz des einen Netzes durch den Umrichter gestützt wird. Eine Abgabe induktiver Blindleistung ist noch nicht möglich; der Umrichter bezieht daher induktive Blindleistung aus beiden Netzen entsprechend den mittleren Leistungsfaktoren von 0,91 für das speisende und von 0,8 für das gespeiste Netz. Die bezogenen und gelieferten Netzströme haben praktisch dieselbe Kurvenform und den gleichen Oberwellengehalt wie der Primärstrom eines gewöhnlichen Sechschphasen-Gleichrichters. Die Anlage ist um 30% während einer halben Stunde und um 50% während 2 min überlastbar; der Wirkungsgrad beträgt 91% bei Halb-, 91,8% bei Dreiviertel- und 91,6% bei Vollast. Die Inbetriebnahme der Anlage geschieht in wenigen Sekunden, da Spannungs- oder Frequenzvergleiche hierbei nicht erforderlich sind. Bei Rück- oder Fehlzündungen an den Steuergittern schaltet sich der Stromrichter selbsttätig für  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{2}{10}$  s ab, was vom Betrieb der gekuppelten Netze meist gar nicht bemerkt wird. Die Umrichteranlage ist völlig unempfindlich gegen Spannungs-

absenkungen im speisenden Netz. Die in beiden Netzen betriebsmäßig auftretenden Spannungsschwankungen werden in ihrem Einfluß auf die übertragene Leistung und bezogene Blindleistung unwirksam gemacht durch Regeln der Spannung von einem Transformator, dessen Stufenschalter von einem spannungsabhängigen Relais betätigt wird. Die Umrichteranlage ist seit Ende 1938 anstandslos in Betrieb; sie hat sämtliche bei der Planung gestellten Forderungen erfüllt, obwohl sie eine Erstaussführung ihrer Art ist. E. Schu.

### Fernmeldetechnik

DK 621.396 : 621.397(42)

**Die Entwicklung des Rundfunks und des Fernsehens in England.** [Nach N. Ashbridge, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 380; 8 S.]

Zunächst wird ein Überblick gegeben über den Ausbau des englischen Rundfunknetztes im Mittel- und Langwellenbereich, das 98% der Bevölkerung von England und Nordirland mit Rundfunk versorgt. Die gewaltige Entwicklung des Rundfunks in Europa geht aus folgenden Zahlen hervor: 1934 wurden in Europa 254 Rundfunksender mit einer Gesamtleistung von 4300 kW betrieben, was einer mittleren Senderleistung von 17 kW entspricht, 1938 dagegen 280 Mittel- und Langwellensender mit einer Gesamtleistung von mehr als 8100 kW, was eine Durchschnittsleistung von 29 kW ergibt. Die größte Senderleistung beträgt 500 kW. Sodann wird die Entwicklung des englischen Gleichwellenrundfunks kurz beschrieben. Die Synchronisierung mehrerer Sender, die auf gleicher Welle das gleiche Programm ausstrahlen, erfolgte zuerst mit einem Niederfrequenzton über Leitungen. Die neuzeitlichen Gleichwellensender haben eigene Quarzsteuerstufen und müssen täglich nur kurzzeitig nachsynchronisiert werden. Durch den hohen Gleichlauf der Gleichwellensender ist die Größe der ungestörten Empfangsgebiete stark erweitert worden. Bei gleichzeitigem Empfang zweier Gleichwellensender beginnt das Verwirrungsgebiet erst an den Orten, wo das Feldstärkenverhältnis zwischen den beiden Sendern kleiner als 2 : 1 ist. Auf die Wirkungsweise der verschiedenen Sendermodellungsverfahren mit hohem Wirkungsgrad wird näher eingegangen. Während die B-Modulation, Chireix- und Doherty-Verfahren bekannt sein dürften, soll das „Fortescue“-Verfahren näher erläutert werden. Bei diesem Modulationsverfahren ist die Endstufe in zwei Hochfrequenzkanäle aufgeteilt. Der eine Kanal verstärkt die ungemodelte Trägerfrequenz, während der andere Kanal als B-Verstärker im Takte der aufgedrückten Niederfrequenz arbeitet und die Seitenbänder verstärkt. In einer Impedanzumkehrschaltung wirken beide Kanäle ohne gegenseitige Beeinflussung gemeinsam auf die Antenne. Anschließend werden die nahschwundmindernden Antennen für Rundfunksender und die Energieleitungen besprochen.

Ein kurzes Kapitel ist der Bauweise der Aufnahmeräume der Rundfunksender gewidmet. Zur Erzielung von Resonanzfreiheit werden in England die Aufnahmeräume mit einem dicken Mauerwerk umgeben unter Vermeidung von Stahlkonstruktionen, die den Schall von einem Raum zum anderen weiterleiten würden. Für Aufnahmezwecke wurden zwei neue Arten von Bändchenmikrophonen entwickelt. Das eine ermöglicht als sogenanntes „Lippen“-Mikrofon eine Berichterstattung in geräuschvoller Umgebung. In Deutschland verwendet man dagegen Kondensatormikrophone, in Amerika außer den Bändchenmikrophonen noch Kristallmikrophone. Ferner wurden in Amerika und England verschiedene Arten von selbsttätigen Dynamikpressern und Lautstärkebegrenzern entwickelt, wodurch die Gefahr der Übersteuerung beseitigt und die mittlere Lautstärke erhöht wird. Das Verfahren der Stahlbandaufzeichnung ist für den Kurzwellenrundfunk besonders wertvoll, da das gleiche Programm mehrmals am Tage nach verschiedenen Richtungen ausgestrahlt wird. Die magnetischen Aufzeichnungen lassen sich wieder löschen, so daß ein Stahlband für verschiedene Programme verwendet werden kann. Außerdem entwickelte die British Broadcasting Corporation (B. B. C.) ein neues Verfahren der elektromechanischen Tonaufzeichnung auf einem Spezialfilm.

Ein weiteres Kapitel behandelt die Entwicklung des Kurzwellenrundfunkdienstes in England, Deutschland und Italien. Die englische Rundfunk-Großstation Daventry verfügt zur Zeit über fünf Kurzwellensender von je 100 kW Leistung und über drei weitere Sender von 10 bis 20 kW Leistung. Diese acht Kurzwellensender lassen sich durch einen Antennenwahlschalter wahlweise an 25 Richtstrahler anschließen. Deutschland betreibt in Zeesen acht Kurzwellensender von je

<sup>1)</sup> Brown Boveri Mitt. 21 (1934) S. 214.

<sup>2)</sup> Brown Boveri Mitt. 25 (1938) S. 103 u. 124.

50 kW und Italien in Prato Smeraldo bei Rom zwei 100 kW-Sender und drei 50 kW-Sender. Ein Abschnitt beschreibt die Überwachungseinrichtungen zur Frequenzkontrolle der Rundfunksender. Die Union Internationale de Radiodiffusion (U. I. R.) führt in Brüssel täglich etwa 600 Frequenzmessungen an Lang-, Mittel- und Kurzwellensendern mit einer Meßgenauigkeit von  $2 \cdot 10^{-7}$  aus. Die englische Postverwaltung besitzt eine Frequenzüberwachungsstelle in Baldock, und die B. B. C. überwacht mit quartzgesteuerten Frequenzmessern ihre Sender auf der Empfangsstelle Tatsfield. Anschließend werden die auf der Weltfunktagung in Kairo 1938 verschärften Frequenztoleranzbedingungen und der neue Frequenzverteilungsplan mitgeteilt.

Die letzten Kapitel bringen einen kurzen Überblick über die Entwicklung des Fernsehgrundfunks in England. Die B. B. C. wurde 1935 mit der Errichtung eines öffentlichen Fernsehdienstes auf Ultrakurzwellen betraut. Im August 1936 fanden die ersten Versuchsendungen statt. Die derzeitigen englischen Fernsehübertragungen werden nach dem Marconi-Fernsehverfahren durchgeführt. Die Bildauflösung erfolgt in 405 Zeilen nach dem Zeilensprungverfahren mit 50 Rastern in der Sekunde (25 volle Bildwechsel). Die im Alexandra-Palast in London errichtete Fernsehgrundfunkstation arbeitet mit einem Bildsender von 17 kW Maximalleistung auf 45 MHz und mit einem Tonsender von 3 kW ungemodelter Trägerleistung auf 41,5 MHz. Der Bildsender besitzt lineare Frequenz- und Phasencharakteristiken bis zu 3 MHz. Der gegenwärtige Stand der Fernsehtechnik in Amerika, Deutschland, Frankreich und Holland wird kurz erwähnt. In Holland laufen zur Zeit Versuchsendungen mit 567 Zeilen je Bild und 25 Bildwechseln in der Sekunde. *Mnl.*

DK 621.317.2 : 621.397.5(44)

**Das Fernschlaboratorium in Montrouge.** [Nach R. Barthélemy, Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 503; 14 S., 29 B.]

R. Barthélemy beschreibt in diesem Aufsatz die Fernschlaboratorien der „Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et du Matériel d'Usines à Gaz“ in Montrouge. Nach einer eingehenden Darstellung der einzelnen Entwicklungsstufen der Fernsehtechnik, gekennzeichnet durch Nipkow-Scheibe, Spiegelrad, Glimmlampe, Braunsche Röhre, Sekundärelektronenverstärker und Elektronenstrahlabtaster folgt eine Beschreibung des Fernsehdienstes der „Postes et Télégraphes“. Die Aufnahmerräume der „l'École supérieure des Postes et Télégraphes“ in der Rue de Grenelle sind über ein koaxiales Modulationskabel mit dem Eiffelturmsender (Welle 37 500 kHz, 20 kW Oberstrichleistung) verbunden. Nach einer Zwischenlösung mit 240 Zeilen und 50 Bildwechseln wurden als Bildnorm 450 Zeilen mit Zeilensprung in Anlehnung an Deutschland, England und V. S. Amerika gewählt. Zur Erweiterung der fernsehtechnischen Entwicklungsarbeiten wurden die Fernseh-Zentrallaboratorien von Montrouge gegründet. Sie umfassen 4000 m<sup>2</sup> Laboratoriumsfläche und beschäftigen 20 Ingenieure und etwa 40 Mann Hilfspersonal. Mit der Gründung dieser Laboratorien sollte die französische Fernsehtechnik vom Ausland unabhängig gemacht werden. Um die in den Laboratorien entwickelten Fernsehgeräte erproben zu können, ist hier eine vollständige Sende- und Empfangsanlage errichtet worden.

Der Aufnahmerraum ist 7 m hoch. Die in zahlreiche kleine Einheiten aufgeteilte Szenenbeleuchtung enthält Filter gegen die Wärmelichtstrahlen. Die Beleuchtungskörper werden von 10 Rollbrücken getragen, so daß der Boden weitgehend für den Szenenablauf freibleibt. Die erforderliche akustische Raumdämpfung wird durch Wandverkleidungen erreicht. Der Ablauf der Sendungen wird von einer Regiekabine aus geleitet, die hierzu mit den nötigen Überwachungs- und Mischgeräten für Bild und Ton ausgerüstet ist. Von einem angrenzenden Freigelände können auch Außenaufnahmen eingeblendet werden. Die Bildfänger sind in bekannter Weise über bewegliche 32-adrige Kabel mit ihren Speise- und Verstärkergestellen verbunden. Die Filmzerlegung erfolgt ebenfalls über Elektronenstrahlabtaster. Die Modulationskabel sind koaxial und mit einem Wellenwiderstand von 150  $\Omega$  ausgeführt.

Der Sender ist quartzgesteuert und arbeitet mit zwei wassergekühlten 3 kW-Röhren auf der Welle 8 m. Die Hochspannungen werden von Quecksilberdampfgleichrichtern, die Hilfsspannungen von Maschinensätzen geliefert. Der Sender nimmt aus dem Netz 43 kVA und gibt 6 bis 8 kW Hochfrequenzleistung ab. Mit der in 50 m Höhe angebrachten Sendeantenne wird eine Reichweite von 20 bis 30 km erzielt.

Als Fernsehempfänger dient ein Großbildgerät mit 40 kV Anodenspannung und durchscheinender Projektion bei 1,20 m Seitenlänge. Außerdem wird an der Entwicklung von Heim-

projektionsempfängern sowie an Heimempfängern mit Braunschen Röhren von 36 cm und 18 cm Dmr. gearbeitet. Wie überall ist auch hier das Ziel ein möglichst billiger Heimempfänger. Der Verfasser hält nach eingehenden Ausführungen über die für den Heimempfänger erforderliche Bildgröße eine solche von 25 cm Seitenlänge für völlig ausreichend. Abschließend weist der Verfasser auf den heutigen Stand des englischen Fernsehdienstes mit (angeblich) 30 000 Fernsehteilnehmern (spectateurs) hin und gibt der Hoffnung Ausdruck, daß nunmehr auch in Frankreich die bisher zurückgebliebene Fernsehtechnik schnellere Fortschritte macht. *W. Sch.*

DK 621.396.932.029.63

**Hinderniserkennung bei Navigation ohne Sicht.** [Nach Elie, H. Gutton, Hugen und Ponte, Bull. Soc. franç. Electr. 9 (1939) S. 345; 9 S., 4 B.]

Um bei Nebel Eisberge oder Schiffe auf eine Entfernung von mindestens 10 km wahrzunehmen sowie deren Richtung und Entfernung zu messen, benutzen die Verfasser die Reflexion von dm-Wellen ( $\lambda = 16$  cm) an dem Hindernis. Als Vorteile dieser Welle geben sie an, daß die Ausbreitung durch Nebel und Regen nicht beeinflußt wird, daß das unterste Maximum des Strahlungsdiagramms in geringer Höhe über der Wasseroberfläche sich ausbildet und daß durch den Vorteil der bequemen Bündelungsmöglichkeit die direkte Kopplung zwischen Sender und Empfänger kleingehalten und die Lage des Hindernisses genau ermittelt werden kann.

Wenn die Wellenlänge sehr groß ist im Vergleich zu den Dimensionen des Reflektors, wird die reflektierte Feldstärke durch die Rayleighsche Beugungsformel dargestellt; die Feldstärke nimmt umgekehrt proportional dem Quadrat der Wellenlänge ab. Ist dagegen die Wellenlänge sehr klein, so kann man mit optischer Reflexion rechnen: Die Empfangsfeldstärke ist unabhängig von der Wellenlänge und schwankt sehr stark mit der Richtung des Reflektors. Je größer der scheinbare Durchmesser des Reflektors ist, desto größer ist die Feldstärke und desto kleiner sind die Schwankungen.

Es wird mit Impulsen gesendet. Der reflektierte Impuls wird hinter dem Empfänger an der Braunschen Röhre beobachtet. Die Impulsfrequenz ist 15 kHz. Der direkte Impuls vom Sender wird durch Blockierung des Empfängers unterdrückt. Es können Entfernungen innerhalb 0,2 bis 10 km gemessen werden mit einer Genauigkeit von etlichen 10 Meter. Die Richtungsbestimmung erfolgt mit der Richtcharakteristik der Spiegel von 1 m Dmr. mit einer Genauigkeit von  $\pm 1^\circ$ . Reflexionsversuche wurden bei le Havre durchgeführt. Mit einer Senderleistung von 10 W wurden innerhalb einer Entfernung von 3 km Schiffe sämtlicher Größen bis herab zu Fischerbooten festgestellt. Bei kleinen Schiffen sind die Reflexionen sehr schwankend. Bei 8 km Entfernung sind nur große Schiffe wahrzunehmen mit ebenso schwankender Reflexionsfeldstärke.

Nach Angabe der Verfasser kann das Gerät ebenso für die Feststellung von Flugzeugen eingesetzt werden. *W. Pf.*

### Theoretische Elektrotechnik

DK 538.566 : 621.315.5

**Die Gesetze der Abstrahlung elektromagnetischer Wellen in hohlen Ultrakurzwellenleitern von rechteckigem Querschnitt.** [Nach H. Buchholz, Jb. AEG-Forschg. (1939) S. 53; 16 S., 11 B.]

In letzter Zeit sind viele theoretische Arbeiten über das Verhalten der elektromagnetischen Wellen in hohlen Metallröhren bekanntgeworden<sup>1)</sup>. Hierbei wurden die Frequenzbedingungen und die Dämpfungsverhältnisse erörtert, die ein den bestimmten Bedingungen genügender Wellenzug bei seinem Verlauf durch ein Rohr erfährt. Selten wird aber die Abhängigkeit der Wellenamplitude vom Aufbau der Sendevorrichtung und von der Lage der Wellen innerhalb des vom Sender beeinflussten Frequenzspektrums betrachtet. Diese und damit weitere zusammenhängende Fragen werden von H. Buchholz mathematisch eingehend behandelt, und zwar wird als Beispiel der rechteckige Hohlleiter gewählt, da gerade für diesen Rohrquerschnitt die Möglichkeit besteht, die Abstrahlungsvorgänge sowohl für einen zur Rohrachse senkrechten als auch für einen zu ihm parallelen Dipol zu bestimmen.

Zunächst werden die verschiedenen Wellenarten untersucht, die in einem rechteckigen Hohlleiter zustande kommen,

<sup>1)</sup> ETZ 60 (1939) S. 817, 938 u. 1239.

wenn die Erregung des Wellenfeldes von einem magnetischen und elektrischen Dipol ausgeht. Dabei ist es dann gleichgültig, ob der Dipol parallel oder senkrecht zur Rohrachse steht. Im einzelnen erhält man auf diese Weise folgende Wellenbildungen: Diejenigen Dipole, die zur Rohrachse parallel liegen, erzeugen stets transversale Felder magnetischer und elektrischer Art, je nachdem ein magnetischer oder elektrischer Dipol das Feld erregt. Dipole, die zur Achse senkrecht stehen, also parallel zu den Kanten des Querschnittes angeordnet sind, erzeugen stets Längsschnittwellen magnetischer und elektrischer Art bei elektrischen oder magnetischen Erregern. Liegt aber der Dipol genau in der Rohrachse, so haben alle vier entstehenden Wellenarten ein verschiedenes Frequenzspektrum.

Bei der gesamten theoretischen Untersuchung wird von Buchholz als Urbild der Strahlungsquelle der magnetische oder elektrische Dipol verwandt, und obwohl dadurch die Wiedergabe der Kennzeichen eines wirklichen Senders doch noch ziemlich roh ist, reicht dies schon zur Beantwortung der Frage aller qualitativen Eigenschaften der erzeugten Wellenfelder aus. In diesen Fragenkomplex gehören die Betrachtungen über das Spektrum der Eigenfrequenzen und die Art der Einlagerung des Knotenliniennetzes in dem Querschnitt hinein. Sollen jedoch auch quantitative Fragen, wie die Größen der Amplituden der Partialwellen und die Angabe der gesamten Strahlungsleistung behandelt werden, so ist unbedingt eine Berücksichtigung der endlichen Abmessungen des Senders erforderlich, da die vereinfachte Untersuchung nach dem Dipolverfahren nur so lange hierauf eine zuverlässige Antwort geben kann, als die abgestrahlte Wellenlänge groß gegenüber der linearen Abmessung eines Senders ist. In dem betrachteten Fall ist diese Voraussetzung wegen der Höhe der kritischen Grenzfrequenzen kaum erfüllt. Die dann in der Arbeit hergeleiteten Gleichungen gestatten infolge der für sie gewählten Darstellung, den Einfluß der endlichen Senderabmessungen zu berücksichtigen, wenn wenigstens einigermaßen zutreffende Angaben über die Stromverteilung im Sender gemacht werden können. Bei der Untersuchung der Stromverteilung macht Buchholz die gleichen Annahmen, wie sie sich bei den Antennen der drahtlosen Telegraphie bewährt haben. Hierdurch können keine wesentlichen Abweichungen von den wirklichen Verhältnissen auftreten, da die Gesetze der Stromverteilung in den Antennendrähten sich in allem aus der Vorstellung herleiten, daß Kapazität und Induktivität gleichmäßig über die Länge des Senders verteilt sind. Diese Verhältnisse sind aber bei einem Hohlsender auf jeden Fall erfüllt. *Hsr.*

DK 512.8 : 621.3.025

**Anwendung der Matrizenrechnung auf Wechselstromvorgänge.** [Nach S. Noda, Mem. Ryojun Coll. Engng. 12 (1939) H. 1; 31 S., 1 B.]

Der Verfasser stellt mehrwellige periodische Schwingungen mit Hilfe von Matrizen in der kanonischen Form dar. Diese nennt man auch Diagonalmatrizen, weil bei ihnen die Elemente außerhalb der Hauptdiagonale verschwinden. Es ist also z. B.

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & a_{22} & 0 & 0 & \dots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Wenn man sich grundsätzlich auf solche Matrizen beschränkt, kann man sie einfacher schreiben in der Form

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (2)$$

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_n).$$

Die Ausführungen des Verfassers beziehen sich nur auf solche Matrizen, deren Elemente im allgemeinen komplexe Zahlen sind. Zum Unterschied von der allgemeinen Matrizenrechnung ist in diesem Falle  $AB = BA$ , d. h. während man im allgemeinen die Reihenfolge der Faktoren nicht vertauschen darf, darf man das bei Diagonalmatrizen tun. Infolgedessen kann man auch den Begriff der Division von Matrizen beibehalten, während man im allgemeinen die vordere oder hintere Multiplikation mit dem reziproken Wert einer Matrix unterscheiden muß. Wie alle Rechenregeln wird auch die Divisionsregel für Matrizen in der kanonischen Form sehr einfach. Es gilt nämlich

$$C = \frac{A}{B} = \left( \frac{a_1}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \dots, \frac{a_n}{b_n} \right). \quad (3)$$

Der Verfasser definiert weiter die ganzzahlige Potenz und die Bruchpotenz der Matrix und die unendliche Potenzreihe. Auch

hierfür gelten grundsätzlich dieselben Regeln wie für allgemeine Matrizen, nur sind sie einfacher auszuführen. So ist z. B. die Exponentialfunktion definiert durch die Gl. (4):

$$e^A = (e^{a_1}, e^{a_2}, \dots). \quad (4)$$

Zum Schluß wird noch das Differenzieren und Integrieren erläutert.

Solange das Überlagerungsgesetz gilt, kann man eine periodische mehrwellige Schwingung durch ein System von mit verschiedener Winkelgeschwindigkeit umlaufenden Vektoren in der komplexen Ebene darstellen. Diese lassen sich geordnet nach der Ordnungszahl der Harmonischen als Elemente einer Diagonalmatrix schreiben, so daß die mehrwellige Schwingung durch eine einzige Matrix dargestellt wird. Auf diese Weise lassen sich zunächst die elektromotorischen Kräfte, Spannungen und Ströme darstellen. Da nun für diese Matrizen die Division durchführbar ist, erhält man den Scheinwiderstand für mehrwellige Ströme als Matrix, deren Elemente die Scheinwiderstände für die Harmonischen in steigender Ordnung sind. Nachdem eine Anzahl solcher Rechenregeln abgeleitet sind, wird an einem Schaltungsbeispiel mit einer Stromverzweigung gezeigt, daß man mit den Matrizen für mehrwellige Ströme so rechnen kann wie mit Vektoren für einwellige Ströme. Auch Wirk- und Scheinleistung lassen sich als Produkt der Spannungs- und Strommatrix und der konjugierten zur Strommatrix berechnen.

Zum Schluß werden noch zwei Beispiele der räumlichen Stromverteilung in Leitern behandelt, nämlich die Fortpflanzung von Schwingungen auf homogenen Leitungen und Wirbelströme in Blechen. *Srk.*

## Physik

DK 537.533.7

**Elektronenoptische Spektralanalyse von Hochfrequenzschwingungen.** [Nach H. E. Hollmann u. A. Thoma, Z. Phys. 112 (1939) S. 377; 18 S., 6 B.]

Der Hollmannsche Inversionsspektrograph<sup>1)</sup> unterscheidet sich dadurch von einer gewöhnlichen Kathodenstrahlröhre, daß die Anodenspannung periodisch um einen Ruhewert gewobelt wird. Diese Wobbelung erreicht man am einfachsten dadurch, daß man einer mittleren Gleichspannung eine geeignete niederfrequente Wechselspannung überlagert. Das periodische Überstreichen eines bestimmten Geschwindigkeitsintervalles der Strahlektronen erweckt den Anschein eines „weißen“ Elektronenstrahles, d. h. eines Strahles, welcher Elektronen mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten enthält und dessen Spektrum sich kontinuierlich zwischen dem niedrigsten und höchsten Momentwert der Anodenspannung erstreckt. Der weiße Elektronenstrahl tritt zunächst durch ein Kondensatorfeld, das von der zu untersuchenden Hochfrequenzspannung erzeugt wird, und wird dann durch eine magnetische oder elektrische Zerstreulinse spektral zerlegt. Beim Durchgang durch ein ultrahochfrequentes Querfeld beschreibt der Strahl ein Inversionsspektrum mit periodischen Verbreiterungen und Einschnürungen (Nullstellen), die durch die bekannten Inversionseigenschaften der Quersteuerung gegeben sind. Legt man an die Ablenkplatten eine unharmonische Wechselspannung, so ändert sich die Gestalt des Spektrums.

Das von dem Inversionsspektrographen erzeugte Spektrum wird in der Arbeit auf die in einem ultrahochfrequenten Querfeld enthaltenen Oberwellen hin analysiert, wozu zuerst die Quersteuerformeln für ein unharmonisches Ablenkfeld, das sich durch eine allgemeine Fourierreihe darstellen läßt, ohne und mit Berücksichtigung der Austrittsverschiebung abgeleitet werden. Im Anschluß daran wird gezeigt, wie sich das Zeitoszilogramm der Steuerspannung aus den experimentell gewonnenen Spektren bestimmen läßt. Die durch Liniensteuerung bedingte Helligkeitsverteilung in einem unharmonischen Spektrum wird ebenfalls behandelt. Um die elektronenoptische Spektralanalyse auch in ihrer praktischen Anwendung zu zeigen, wird ein Magnetfeldsender untersucht, der bei Veränderung seiner Betriebsparameter nacheinander mehrere Schwingungszustände durchläuft. Der Übergang von der Grundwelle zur Oberwelle eines geeignet bemessenen Außenkreises erfolgt zunächst über eine unharmonische Verzerrung der Senderspannung und dann über Doppelwelligkeiten des Senders. Auch für den Fall, daß die Oberwellen nicht in ganzzahligem Frequenzverhältnis stehen, können aus den auftretenden Doppelspektren Frequenz und Amplitude der Oberwelle ermittelt werden. *A. Th.*

1) Hollmann, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 259.



DK 621.317.32 : 537-533-9

**Eine einfache Anordnung zur Messung der Aufladepotentiale elektronenbestrahlter Leuchtstoffschichten.** [R. Frerichs u. E. Krautz, Phys. Z. 40 (1939) S. 229; 1 S., 1 B.]

Die Verfasser beschreiben eine besonders einfache Anordnung zum Nachweisen und Messen von Aufladepotentiale elektronenbestrahlter, isolierter Leuchtstoffschichten. Der Aufbau dieser Anordnung ist folgender: Die Außenseite des zu untersuchenden Leuchtschirms ist mit einem leitenden Belag, z. B. Aquadag, versehen, der mit der Nadel eines Braunschweig Elektrometers von geringer Kapazität verbunden wird. Vergleichsmessungen haben nun bewiesen, daß innerhalb einer Genauigkeit von 4% mit einer solchen Anordnung das Innenpotential meßbar ist. Die notwendigen Ladeströme für das Elektrometer müssen also durch die durch Anregung hervorgerufene Leitfähigkeit des Phosphors zusammen mit der Leitfähigkeit der Glasplatte bedingt sein. Der Vorteil dieses Meßverfahrens liegt vor allen Dingen darin, daß keine besonderen Vorkehrungen innerhalb der Röhre zu treffen sind und daß der umfaßte Meßbereich groß und nur durch den Spannungsbereich des verwandten Elektrometers gegeben ist. Die gute Übereinstimmung

ist durchaus befriedigend; man kann daraus schließen, daß als nicht-stromproportionale Zusatzionisation in erster Linie die Ionisation bei den gegenseitigen Stößen metastabil angeregter Atome eine Rolle spielt. Ein Abschnitt über die Zündspannung in Edelgasgemischen (Penningeffekt) ergänzt den Inhalt der Arbeit in erwünschter Weise. *Slg.*

**Chemie**

DK 621.315.614.6.004.6

**Chemische Beständigkeit von Hartpapieren.** [Nach W. Paul, Kunststoffe 29 (1939) S. 109; 2 1/2 S.]

Hartpapiere auf Basis von Harnstoffharz (Harnstoff natur-transparent, Harnstoff braun, Harnstoff mehrschichtig und auf Phenolharz-Grundlage (A Sonderqualität, E normal) werden vergleichenden Untersuchungen unterzogen auf ihr Verhalten gegenüber einer Reihe von Chemikalien bei Raumtemperatur (15 bis 32° C) und bis zu 90tägiger Einwirkungsdauer. Die folgende Zusammenstellung, die der Arbeit entnommen ist, gibt eine gute Übersicht über das Verhalten der verschiedenen Hartpapiere:

	konzentrierte anorgan. Säuren u. Laugen	Wasserstoffsuperoxyd	ein- und mehrwertige Alkohole, einfache oder substituierte Kohlenwasserstoffe, organische Säuren, Öle	Äther, Azeton, Methylchlorid
gehärtete geschichtete Aminoplaste	stark zerstörend	Harzsubstanz vollständig zerstört, Trägerlagen freigelegt	ohne Einfluß	ohne Einwirkung
gehärtete geschichtete Phenoplaste	stark zerstörend	ohne Einwirkung Wasseraufnahme normal	ohne Einfluß	ohne Einwirkung auf „E normal“ schwache Blasenbildung bei „A Sonderqualität“

der nach diesem Verfahren erhaltenen Kurven mit solchen nach anderen Verfahren, z. B. von Bey<sup>1)</sup> ermittelten im Auftreten und in der Lage des oberen Knickpunktes und in dem anschließenden linearen Anstieg lassen erwarten, daß bei Verwendung von Elektrometern großen Spannungsbereichs sich die Aufladepotentiale von Leuchtstoffschichten herauf bis zur höchsten, zur Zeit gebräuchlichen Spannung bestimmen lassen. *H. Th.*

DK 537-564

**Die Anfangscharakteristik der Townsendentladung in Edelgasen.** [Nach H. Büttner, Z. Phys. III (1939) S. 750; 20 S., 11 B.]

Die Arbeit liegt im Rahmen der von Schade und Mitarbeitern durchgeführten Untersuchungen<sup>2)</sup> zur Theorie der Zündung. Sie bringt eine vorwiegend experimentelle Bestimmung der Anfangsneigung ( $V : A, cm^2$ ) der Charakteristik der Townsendentladung in reinsten Edelgasen und in Edelgasgemischen; diese Anfangsneigung zu kennen, ist von grundsätzlicher Bedeutung für die Bewertung und Auswertung der von Schade vorgeschlagenen Ergänzung des klassischen Ionisierungsansatzes durch ein Glied, das mit dem Quadrat der Stromdichte wächst. Methodisch von Interesse ist die Herstellung der benötigten extrem reinen Edelgase nach dem Schema des Hertzschen Diffusionsverfahrens zur Isotopentrennung und die zur Aufnahme der Charakteristik benutzte Schaltung mit einer Photozelle zur Strombegrenzung. Die Ergebnisse sind in Schaubildern niedergelegt; hervorgehoben sei, daß -- wie zu erwarten -- für die Charakteristik das Holmsche Ähnlichkeitsgesetz nicht gilt. Die Diskussion der augenscheinlich sehr sauberen und zuverlässigen Meßergebnisse läßt sich zwar quantitativ zur Zeit noch nicht durchführen, da die Ausbeuten der in Betracht kommenden Elementarprozesse (stufenweise Ionisation) nicht bekannt sind, es läßt sich aber immerhin für die Anfangsneigung ein der Nachprüfung zugänglicher Ausdruck ableiten, und es läßt sich abschätzen, wie weit so die experimentell realisierbaren Verhältnisse wiedergegeben werden. Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Meßergebnissen

1) H. Bey, Phys. Z. 30 (1938) S. 605.  
2) R. Schade, Z. Phys. 105 (1937) S. 595.

Im allgemeinen haben sich die Harnstoffkondensate den Phenolkondensaten, mit Ausnahme bei Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd, überlegen gezeigt.

Auch zwischen den verschiedenen Qualitäten von Schichtstoffen gleicher Kunstharzgrundlage bestehen erhebliche Unterschiede. *Pno.*

**AUS LETZTER ZEIT**

DK 621.331.001.2 : 625.2 (494)

**Die Elektrisierung der Brünigbahn.**

Der Verwaltungsrat der Schweizerischen Bundesbahnen hat in seiner Sitzung vom 27. 6. 1939 den Plan für die Elektrisierung der Brünigbahn genehmigt<sup>1)</sup>. Bei dem Kostenaufwand für die Bundesbahnen wird der elektrische Betrieb auf der Brünigbahn ungefähr gleich teuer sein wie der Dampftrieb. Doch bietet der elektrische Betrieb mancherlei rechnerisch nicht erfaßbare Vorteile. Die elektrischen Lokomotiven werden für die Tal- und Bergfahrt so gebaut werden, daß die Züge zwischen Luzern und Interlaken ohne Lokomotivwechsel wie jetzt im Dampftrieb geführt werden können. Diese gestatten auf den Talstrecken ein Zuggewicht von 240 t mit der Höchstgeschwindigkeit von 75 km/h und auf den Bergstrecken ein solches von 60 t mit einer Geschwindigkeit von 25 bis 33 km/h zu befördern. Die Leistungsfähigkeit der Bahn wird dadurch wesentlich gesteigert. Es verkürzt sich die Reisedauer gegenüber dem Dampftrieb zwischen Luzern und Interlaken-Ost für Schnellzüge von 2 1/2 h auf rd. 2 h und für Personenzüge von rd. 3 3/4 h auf rd. 3 h. Die 74 km lange Bahn mit 96,7 Geleisekilometer erhält eine Fahrleitung mit 85 mm<sup>2</sup> Querschnitt. Ihre Speisung mit Einphasenwechselstrom 15 kV erfolgt aus dem Unterwerk Emmenbrücke. Der Betrieb erfolgt mit 16 elektrischen Lokomotiven. 5 Dampflokomotiven werden als Reserve und zur Bewältigung des Stoßverkehrs beibehalten. Die Baukosten stellen sich auf rd. 8 Mill RM<sup>2)</sup>. Die Umstellung auf elektrischen Betrieb ist für Oktober 1941 in Aussicht genommen. *Pge.*

1) H. Eggenberger, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 662  
2) 100 schw. Fr. = 56 RM.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

##### Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

#### Berichtigung

##### VDE 0530 U/I. 40 „Umstellvorschriften für elektrische Maschinen“

An dem in ETZ 61 (1940) H. 4, S. 84 veröffentlichten endgültigen Wortlaut von VDE 0530 U/I. 40 „Umstellvorschriften für elektrische Maschinen“ ist nachstehende Druckfehler-Berichtigung vorzunehmen:

#### § 87

##### Zulässige Abweichungen

In der waagerechten Spalte 7 muß es für die zulässige Abweichung des Leistungsfaktors  $\cos \varphi$  von Asynchronmaschinen „höchstens 0,06“ statt 0,6 heißen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung  
Viefhaus

#### ETZ - Einbanddecken

Die Einbanddecken für den Jahrgang 1939 der ETZ sind jetzt in der gleichen Ausführung wie bisher lieferbar. Die beiden Halbjahresbände kosten zusammen RM 3,20, für VDE-Mitglieder jedoch nur RM 2,40. Die Versandkosten betragen RM 0,40 für einen einzelnen Satz.

Die Decken sind durch jede Buchhandlung oder von der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, zu beziehen.

Einbanddecken der ETZ-Jahrgänge 1934 und 1935 sind ebenfalls noch erhältlich. Für die Jahrgänge 1936, 1937 und 1938 sind Blankodecken vorrätig, die vom Buchbinder leicht mit der entsprechenden Jahreszahl versehen werden können. Die Preise sind die gleichen wie oben angegeben.

#### Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

#### Jahresversammlung

am Dienstag, dem 13. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, im Großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Kurfürstenallee 20/22.

#### Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen
2. Jahresbericht
3. Wahl der Rechnungsprüfer für die Prüfung des Geschäftsjahres 1939
4. Vortrag des Herrn Dr. W. Leukert VDE, Berlin, über das Thema:  
„Neuerungen bei Synchronmaschinen“

#### Inhaltsangabe:

Neuzeitliche Ständerwicklungen für Turbogeneratoren und Wasserkraftgeneratoren  
Synchronmaschinen mit ausgeprägten Polen oder verteilter Erregerwicklung für mehrere Drehzahlen  
Polumschaltbare Synchrongeneratoren für Wasserkraftanlagen  
Blechkettenläufer mit verteilter Erregerwicklung  
Kompondierungsanordnungen  
Eintritt und Kleiderablage frei.

#### Gemeinsame Fachversammlung

der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (DLTG) Bezirksgruppe Berlin und des VDE Bezirk Berlin am Donnerstag, dem 22. Februar 1940, 17<sup>30</sup>, Saal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vortrag des Herrn Dr. Th. Meyer VDE, Berlin, über das Thema:  
„Film und Technik“

Eintritt und Kleiderablage frei.

#### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.  
13. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe:  
„Bremsen“ (Anordnung, Wirkungsweise und Kennlinien) „Druckluftbremsen“. Vortragender: Reichsbahnrat Dipl.-Ing. F. Röhrs.

#### Vortragsverlegung

Der in der Arbeitsgemeinschaft „Hochspannungstechnik“ für den 16. Februar 1940 angesetzte Vortrag des Herrn Dr. von Mangold VDE: „Die Stromverteilung in neu entstehenden Großstädten“ ist auf den

23. Februar 1940

verlegt worden.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

#### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau.** 13. 2. (Di.), 20<sup>00</sup>, T. H. El. Inst.: „Der Langstab-Isolator, insbes. sein Verhalten im elektrischen Hochleistungslichtbogen“. Dr.-Ing. H. Ziegler VDE.

**VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz.** 15. 2. (Do.), 20<sup>00</sup>, Staatl. Akademie für Technik: „Drehstrommotorenantrieb unter bes. Berücks. der in der Papierindustrie gestellten regeltechnischen Aufgaben“. Obering. Rupprecht.

**VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart.** 8. 2. (Do.), 20<sup>00</sup>, Technische Werke, Lautenschlagerstr. 21: „Konstruktive Maßnahmen bei der Planung elektrischer Maschinen und Apparate im Zeichen der Rationalisierung“. Dipl.-Ing. Grünwald.

#### PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**G. Troll †** — Am 17. Januar ds. J. starb Herr Betriebsdirektor i. R. Georg Troll an einem Schlaganfall. Er wurde am 1. 2. 1863 in Nördlingen geboren, trat 1879 bei der damaligen Physikalischen Werkstätte von Eugen Hartmann in Würzburg ein und war viele Jahrzehnte lang Betriebsdirektor der Firma Hartmann & Braun A.G. in Frankfurt a. M. Dabei war es seinem Organisationstalent mit zu verdanken, daß sich aus den einfachen Werkstätten eine leistungsfähige Fabrik entwickelte. Im Jahre 1938 konnte er das seltene Jubiläum seiner 50jährigen Zugehörigkeit zum VDE feiern. Lange Jahre hat er dem Vorstand der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a. M.,

deren Ehrenmitglied Herr Troll seit 1928 war, angehört, und hat stets an deren Sitzungen und Tagungen regen Anteil genommen. Auch in anderen technischen und gemeinnützigen Gesellschaften war er führend tätig. Manche glückliche Konstruktion auf dem Gebiet der Feinmechanik war von ihm erdacht und wurde durch seine Tatkraft zum Erfolg geführt. Herr Troll wird seinen vielen Mitarbeitern in Erinnerung bleiben als ein großer, aufrechter Mann von starkem Charakter, der es ausgezeichnet verstand, mit Menschen umzugehen.

A. Palm VDE

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.39

**Mitteilungen aus der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost (RPF).** Bd. 4 mit den Arbeiten vom 1. 1. 1939 bis 30. 6. 1939. Mit zahlr. Abb. u. 79 S. im Format A 4. Sept. 1939. Alleinvertrieb durch Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost, Berlin-Tempelhof.

Der Band 4 der „Mitteilungen der Forschungsanstalt der DRP“ gibt einen Ausschnitt aus der Tätigkeit der Forschungsanstalt in der ersten Hälfte des Jahres 1939. Er enthält Arbeiten aus den Gebieten der Ionosphärenforschung, der Ausbreitung ultrakurzer Wellen, der Antennentechnik, des drahtlosen Einseitenbandbetriebes, des Funkfernprechens und des Fernsehens.

In der Arbeit „Über streuende Reflexionen der Ionosphäre“ von B. Beckmann, W. Menzel und F. Vilbig wird über intermittierende Reflexionen in der scheinbaren Höhe der F-Schicht auf Grund von Echoaufnahmen berichtet, deren Auftreten danach durch Streuung an Ionenwolken in Höhe des E-Gebietes wahrscheinlich ist. Als Ursache für die Entstehung dieser Ionenwolken werden Nachwirkungen von Nordlichterscheinungen angesehen. Ein weiterer Beitrag von B. Beckmann, W. Menzel und F. Vilbig befaßt sich mit der Frage der Grenzwellenmessungen. Darin wird auf die Möglichkeit von Fehlmessungen der Grenzwellen hingewiesen, die durch Streuung an Ionenwolken im E-Gebiet verursacht werden. Auch die häufig beobachteten großen Ultrakurzwellen-Reichweiten können hiernach durch Vergrößerung des Einfallswinkels in die F-Schicht auf Grund streuender Reflexion an solchen Ionenwolken erklärt werden. In einer Arbeit von W. Scholz und L. Egersdörfer wird auf Grund von Versuchen mit Ultrakurzwellen über große Entfernungen festgestellt, daß Luftschichten mit großem Temperaturgradienten in Bodennähe die Feldstärke am Empfangsort sowohl verkleinern als auch steigern können. In einem Aufsatz über den Scheinwiderstand gespreizter Doppelleitungen zeigt Großkopf, daß bei vermiedener Fehlanpassung am Leitungsende die restliche innere Reflexion überwiegend auf dem ersten Teil der gespreizten Leitung erfolgt. An einem Beispiel wird die Reflexionsverkleinerung für den Fall berechnet, daß Leitungen mit verschiedenen Wellenwiderständen durch ein kurzes Übergangsstück, wie es in der Kurzwellentechnik häufiger geschieht, aneinander angeschlossen werden. Die elektrischen Eigenschaften der als frequenzunabhängige Antenne benutzten Rhombusleitung werden berechnet und dabei gefunden, daß bei Anpassung am Leitungsende (äußere Reflexion = 0) der Scheinwiderstand einen großen Frequenzgang aufweist, der durch Fehlanpassung mittels des in der Arbeit berechneten Abschlußwiderstandes weitgehend unterdrückt wird. Über den Schein- und Wirkwiderstand von Vertikalstrahlern bis zur Länge  $\lambda/4$  bei verschiedenen Durchmessern und Wellenwiderständen berichten G. Rösseler, F. Vilbig und K. Vogt. Es ergibt sich bei wachsendem Durchmesser und abnehmendem Wellenwiderstand eine scheinbare Antennenverlängerung, eine Verkleinerung des Strahlungswiderstandes gegenüber dem theoretischen Wert und ein größerer Antennenwirkungswinkel bei großem Durchmesser und kleinem Winkelmaß. Die Frage der niederfrequenten Verzerrung bei Einseitenbandtelephonie haben E. Haberkant und E. Meinel rechnerisch und experimentell an Empfangsrichtern mit linearer und quadratischer Kennlinie nach dem Doppeltonverfahren untersucht und gelangen zu dem Ergebnis, daß die quadratische Gleichrichtung bei großen Modulationsgraden (über 100%) überlegen ist. W. Reusse beschreibt eine Sondenbeanordnung, die die Ladungsverteilung über den Querschnitt eines Elektronenstrahls zu ermitteln gestattet. P. Barkow und W. Künzel beschreiben ein Überwachungsgestell, das der Betriebskontrolle in den Vermittlungskämtern kleiner Funkfernprechanlagen dient. Der zusammenfassende Bericht von A. Gehrt, „Entwicklung und Stand der Fernsichttechnik“

behandelt alle mit der Bildabtastung, der Übertragung der Bildfrequenzen über Leitungen und deren rundfunkmäßige Aussendung zusammenhängenden Fragen nach dem Stand zu Anfang des Jahres 1939. Die deutsche Fernsehnorm wird erläutert und die für den Fernsehempfang maßgebenden Gesichtspunkte erörtert.

G. Brauer

DK 621.3.025 : 518

**Wechselstromaufgaben** und ihre rechnerische, symbolische und zeichnerische Lösung. Von Prof. Dr.-Ing. P. B. A. Linker. Mit 66 Abb., VI u. 106 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1939. Preis kart. 2,80 RM.

Linker hat seinem Lehrbuch „Grundlagen der Wechselstromtheorie“<sup>1)</sup> einen praktischen Anhang in Form des vorliegenden Büchleins gegeben, das etwa 40 Lösungen von Wechselstromaufgaben enthält. Der Verfasser verwendet hierin dieselben Formelzeichen wie im Lehrbuch und greift auf die dort gebrachten Ableitungen zurück. Eine kurze Wiederholung der Grundrechnungsarten mit ebenen Vektoren bildet die Einleitung. Dann folgen die Aufgaben, die beim einfachen Stromkreis beginnen und dann zu den verzweigten Stromkreisen führen, an denen die reziproke Darstellung von Vektoren sowie die Inversion von Ortskurven geübt wird. Alle Aufgaben werden einmal durch die symbolische Rechnung, zum andern durch das zeichnerische Verfahren gelöst. Die gute Auswahl und zweckmäßige Anordnung der Aufgaben sowie die saubere Ausführung der Bilder vermitteln eine gründliche Beherrschung des in Linkers Lehrbuch gebotenen Stoffes und eine Sicherheit in der Berechnung von Wechselstromgrößen verzweigter Stromkreise.

M. Zorn VDE

DK 620.2 : 669.73

**Magnesium und seine Legierungen.** Herausg. von Dr.-Ing. E. h. A. Beck. Mit 524 Abb., XVI u. 520 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 54 RM, geb. 56,70 RM.

Werkstoffkenntnis wird immer wichtiger. Der Konstrukteur war bis vor kurzem gewohnt, seine Konstruktionen in Eisen und Stahl auszuführen. Aber der notwendige Leichtbau im Flugzeug-, Fahrzeug- und Apparatewesen zwang ihn, sich mit den Leichtmetall-Legierungen vertraut zu machen. Neben das Aluminium, das nur ein Drittel des Eisens wiegt, ist noch das Magnesium getreten, das nur ein Viertel des Eisengewichtes aufweist. In enger Zusammenarbeit maßgebender Fachleute wurden in den letzten Jahren die Magnesium-Legierungen gründlich durchforscht und die Ergebnisse in dem vorliegenden Buch „Magnesium und seine Legierungen“ in übersichtlicher Form herausgebracht. Berichtet wird über: Rohstoffe und Herstellung, physikalische Eigenschaften des Magnesium-Einkristalls und ihre Bedeutung für den Vielkristall; Metallographie des Magnesiums und seiner Legierungen; physikalische Eigenschaften; Festigkeitseigenschaften, chemisches Verhalten, Korrosion und Oberflächenschutz; Schmelzen und Gießen; Technologie des Pressens, Schmiedens, Walzens; spangebende Bearbeitung; Konstruktionsrichtlinien, stoffgerechte Werkstattbehandlung und Anwendungsbeispiele; Magnesium als Legierungselement; Verwendung des Magnesiums für Pyrotechnik und Thermochemie; wirtschaftliche Bedeutung des Magnesiums; chemische Analyse von Magnesium und seinen Legierungen; Übersicht über Patente betr. Herstellung, Verarbeitung und Verwendung von Magnesium und seinen Legierungen.

Das Buch zeichnet sich dadurch aus, daß es nach den neuesten, fortgeschrittensten Gesichtspunkten der Werkstoffkunde geschrieben ist. Vorbildlich ist in dieser Beziehung neben anderen Kapiteln das über Festigkeitseigenschaften.

Der Springer-Verlag hat das Buch in bekannter Weise vorzüglich ausgestattet. Es ist nur zu wünschen, daß dieses treffliche Buch in recht viele Hände gelangt. A. Thum

<sup>1)</sup> ETZ 53 (1932) S. 879.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. H. Fischer VDE, Berlin-Charlottenburg, Savignyplatz 9/10.  
Dr.-Ing. G. Bolz VDE, Berlin-Lichterfelde-Ost, Gellnerweg 11.

Abschluß des Heftes: 2. Februar 1940.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 56.  
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 15. Februar 1940

Heft 7

## Beziehungen zwischen Trägerstromsystem und Leitung

Von M. Kluge VDE, Berlin.

DK 621.3.052.7 : 621.395.44

**Übersicht\*).** Die Übertragungstechnischen Gesichtspunkte werden besprochen, nach denen ein Trägerstromsystem an die Eigenschaften der Übertragungsleitung angepaßt werden muß. Einige praktisch ausgeführte Trägerstromsysteme verdeutlichen als Beispiel die allgemeinen Überlegungen.

lich ein Anstieg der Dämpfung mit der Wurzel aus der Frequenz. Dabei beträgt der Spielraum der Leitungsdämpfungen von der für Zwecke der Elektrizitätswerktelephonie benutzten Hochspannungs-Aluminiumleitung bis zu dem mit Drahtfunksendungen belegten Ortsleitungskabel zwei Zehnerpotenzen.

### Einleitung

In zahlreichen Veröffentlichungen der letzten Jahre sind einzelne Trägerstromsysteme ausführlich behandelt worden. Es dürfte daher von Interesse sein, eine vergleichende Betrachtung verschiedener Systeme ohne technische Einzelheiten zu entwerfen. Als Rahmen für einen derartigen Querschnitt sollen im folgenden die wechselseitigen Beziehungen zwischen Trägerstromsystem und Übertragungsleitung dienen, und zwar sollen zunächst einige allgemeine Gesichtspunkte und danach kennzeichnende Beispiele behandelt werden.

### 1. Allgemeine Gesichtspunkte

Die Wechselwirkungen zwischen Trägerstromsystem und Leitung ergeben sich aus der allgemeinen Aufgabenstellung der Trägerstromtechnik, die — schematisch dargestellt — darin besteht, erstens je Gespräch eine möglichst große Reichweite zu erzielen, zweitens möglichst viele Aderpaare eines Gestänges oder Kabels mehrfach auszunutzen, drittens auf einem Aderpaar möglichst viele Kanäle unterzubringen.

#### a) Reichweite

Die Reichweite eines Systems ohne Zwischenverstärker bzw. der Verstärkerabstand eines Systems mit Zwischenverstärkern ist

$$l = \frac{p_s - p_e}{\beta} \text{ in km.} \quad (1)$$

Dabei ist  $\beta$  die kilometrische Dämpfung der Übertragungsleitung,  $p_s$  der anwendbare Sendepiegel,  $p_e$  der ausnutzbare Empfangspegel. Der Sendepiegel ist in erster Linie durch den apparativen Aufwand bedingt, während Leitungsdämpfung und Empfangspegel kennzeichnende Eigenschaften der Übertragungsleitung sind. Bild 1 stellt für eine größere Anzahl von Leitungsarten, die für die Trägerstromausnutzung verwendet werden, die kilometrischen Leitungsdämpfungen im Frequenzbereich von 10 bis 1000 kHz dar. Soweit die Leitungen mit den im zweiten Teil als Beispiel behandelten Systemen ausgenutzt werden, sind ihre Dämpfungskurven verstärkt gezeichnet. Man erkennt, daß das Gesetz der Frequenzabhängigkeit bei allen Leitungsarten im Verlauf das gleiche ist, näm-

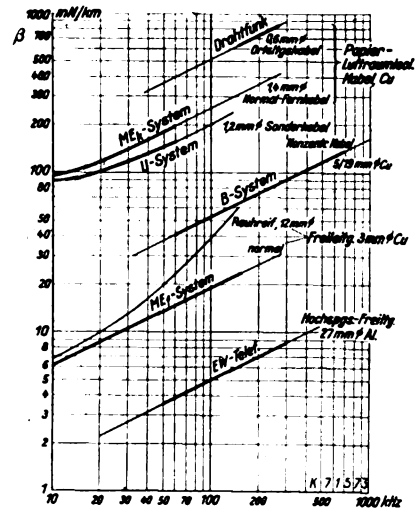


Bild 1. Kilometrische Dämpfung verschiedener Leitungen und Kabel.

Der Dämpfungsverlauf entspricht dem Anstieg des Längswiderstandes infolge des Hauteffektes und beweist, daß die Ableitungsverluste gegenüber den Längswiderstandsverlusten in diesem Frequenzbereich meist vernachlässigbar sind. Eine Ausnahme hiervon macht die Dämpfungskurve der Freileitung bei Rauhreif. Der Eisbelag verursacht dielektrische Verluste, wodurch sich die Dämpfung bei 100 kHz im gewählten Beispiel etwa verdoppelt. Es ist weiter von Interesse, zu beobachten, daß die Dämpfung eines 1,2 mm-Trägerstrom-Sonderkabels infolge Erhöhung des Wellenwiderstandes kleiner ist als die einer 1,4 mm starken normalen Fernkabelader.

Der Empfangspegel  $p_e$  soll hinreichend über dem Störpegel der Leitung liegen. Für zwischenstaatliche Fernleitungen gilt als Abstand zwischen Nutz- und Störpegel ein Wert von etwa 4,5 N als ausreichend; in manchen Fällen ist man jedoch gezwungen, kleinere Abstände zuzulassen. Der Störpegel der Leitung ist auf die vom Empfänger wirksam aufgenommene Bandbreite zu beziehen und hat bei verschiedenen Leitungen je nach den

\* Gekürzt nach einem Vortrag auf dem Sprechabend des Institut für Schwingungsforschung am 26. 4. 39.

Verhältnissen um Größenordnungen verschiedene Werte (vgl. nachstehende Tafel 1).

Tafel 1. Störpegel verschiedener Leitungen.

Hochspannungsleitung 220 kV $p_{stör} =$	- 1 N
Fernsprechleitung	8 ... 10 N
Kabel mit Bleimantel	12 ... 15,0 N
Widerstandsrauschen	15,5 N

Die Angaben gelten oberhalb von 10 kHz und sind auf eine Nutzbandsbreite von 3 kHz bezogen. Es ist interessant, daß die untere Grenze des in hochwertigen Kabeln gemessenen Störbelags ganz in der Nähe der durch das Widerstandsrauschen gezogenen physikalischen Grenze liegt. Bei gegebenem Störpegel ist nach Gl. (1) eine Steigerung der Reichweite durch Erhöhung des Sendepiegels  $p_s$  möglich. Der Spielraum, der hierbei zur Verfügung steht, ist jedoch begrenzt, da eine Steigerung des Sendepiegels um 1 N eine rd. achtfache Ausgangsleistung verlangt, was sich in dem Aufwand der Geräte und insbesondere durch größeren Stromverbrauch erheblich auswirkt. Soweit es sich um die Verstärkung einzelner Kanäle handelt, sind Leistungen der Größenordnung von 10 W noch tragbar. Die Anforderungen an die Verstärker erhöhen sich jedoch außerordentlich, wenn sie zur gleichzeitigen Verstärkung mehrerer Kanäle benutzt werden, wie es bei den Breitbandverstärkern der hochwertigen Trägerstromsysteme der Fall ist. Mit Rücksicht auf die Gefahr der Kreuzmodulation und der nichtlinearen Geräuschbeeinflussungen müssen hier wesentlich kleinere Sendepiegel eingehalten werden; Tafel 2 gibt zur Erläuterung einige Beispiele:

Tafel 2. Verschiedene Sendepiegel.

Einzelkanalverstärker für EW-Telephonie $p_s =$	+ 4,5 N
Breitbandverstärker für 12 Kanäle	$p_s =$ + 1 N
„ „ 200 „	$p_s =$ - 0,5 N

Bei der Hintereinanderschaltung mehrerer Verstärker ist zu berücksichtigen, daß sich die Störleistungen, die von den einzelnen Leitungsabschnitten und Verstärkern herrühren, addieren. Daraus ergibt sich eine theoretische Grenze für die erzielbare Höchstreichweite eines Systems [1]\*).

b) Übersprechen

Die Ausnutzung mehrerer Paare eines Kabels oder Freileitungsgestänges mit Trägerstrom erfordert Rücksichtnahme auf die Übersprecheigenschaften der Leitungen. Bild 2 zeigt als Beispiel die Übersprechdämpfung

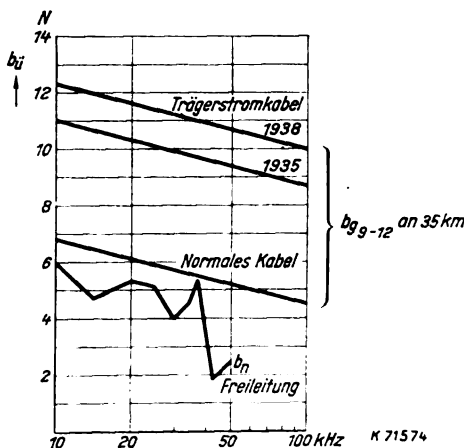


Bild 2. Übersprechdämpfung verschiedener Leitungen und Kabel.

gen verschiedener Leitungs- und Kabellängen. Die Kopplungen nehmen etwa verhältnismäßig mit der Frequenz zu; entsprechend fallen die Dämpfungen ab. Das Bild zeigt sehr anschaulich die Verbesserungen, welche als

\* Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schrittungsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

Ergebnis der Untersuchungen über magnetische und elektrische Kopplungen an Kabeln erzielt werden konnten [2]. Die Nebensprechdämpfung der Freileitung zeigt einen unregelmäßigen Verlauf, der im einzelnen durch die Art der Kreuzung zwischen den beiden sich beeinflussenden Leitungen und koppelnden Nachbarleitungen bedingt ist [3]. Das trägerfrequente Gegensprechen erfolgt in allen wichtigen Fällen im Vierdrahtbetrieb. Mit diesem Ausdruck soll jede Art von Trennung zwischen Hin- und Rückleitung gemeint sein, d. h. sowohl die galvanische Trennung (echter Vierdrahtbetrieb) als auch die frequenzmäßige Trennung, wobei beide Richtungen auf demselben Drahtpaar, aber mit verschiedenen Frequenzen, übertragen

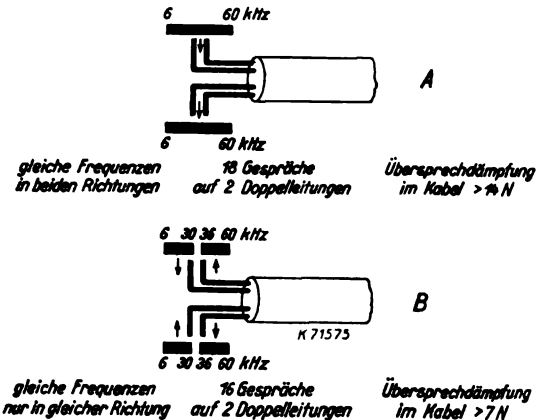


Bild 3. Trägerfrequenter Vier- und Zweidrahtbetrieb.

werden (äquivalenter Vierdrahtbetrieb). Die zwischen verschiedenen Paaren einer Leitergruppe bestehenden kapazitiven und induktiven Kopplungen verursachen eine gegenseitige Beeinflussung in Form des Nebensprechens oder des Gegennebensprechens. Eine einfache Betrachtung zeigt, daß bei gegebener Nebensprechdämpfung  $b_n$  zwischen zwei Leitungen, die mit gleicher Dämpfung und gleichem Sendepiegel betrieben werden, das wirksame Nebensprechen um die Differenz zwischen Sendepiegel und Empfangspegel kleiner ist als  $b_n$ :

$$b_{n_{eff}} = b_n (p_s - p_e) \tag{2}$$

Die Felddämpfung  $b = p_s - p_e$ , die wir mit Rücksicht auf die Reichweite möglichst groß zu machen bestrebt waren, gewinnt demnach hier einen unerwünschten Einfluß auf die gegenseitige Störung verschiedener Leitungen; denn da die wirksame Nebensprechdämpfung zur Wahrung des Fernsprecheheimnisses nicht unter etwa 7 N absinken darf, ergibt sich für die Nebensprechdämpfung  $b_n$  die Forderung, daß sie um 7 N größer sein soll als die Leitungsdämpfung  $b$ .

Einfacher liegen die Verhältnisse bei dem Gegennebensprechen, wo der wirksame Wert  $b_{n_{eff}}$ , von besonderen Störfällen abgesehen, unmittelbar gleich der Gegensprechdämpfung  $b_n$  ist. Dazu kommt, daß infolge einer Gegeneinanderwirkung von magnetischen und elektrischen Kopplungen  $b_n$  im allgemeinen größer ist als  $b_n$ . Man bemüht sich daher, bei der Trägerstromausnutzung das Nebensprechen überhaupt unwirksam zu machen, indem man entweder die Leitungen verschiedener Richtung in einem Kabel gegen einander abschirmt bzw. getrennte Kabel für beide Richtungen verlegt, oder indem man dafür sorgt, daß in verschiedenen Übertragungsrichtungen nur verschiedene Frequenzen laufen. In diesem Fall ist das Nebensprechen unschädlich, da es von den Empfangsfiltern der gestörten Leitung nicht hindurchgelassen wird. Bild 3 zeigt vergleichsweise die Trägerstromausnutzung eines Kabels im echten und im äquivalenten Vierdrahtbetrieb. Es zeigt sich, daß die Anforderungen an die Kopplungsfreiheit der Leitung im zweiten Fall ganz wesentlich geringer sind. Dafür muß allerdings zur

Trennung der Gesprächsrichtungen auf jedem Aderpaar ein gewisses Frequenzband geopfert werden. Der Verlust von etwa 12 % ist jedoch völlig belanglos, wenn man berücksichtigt, daß in normalen Kabeln die Trägerstromausnutzung im Bereich höherer Frequenzen überhaupt erst durch diesen Kunstgriff ermöglicht wird. Durch die angegebenen Mittel ist das Nebensprechen jedoch noch nicht völlig unschädlich gemacht. Es besteht die Gefahr, daß die durch Nebensprechen auf die gestörte Leitung gelangten Fremdspannungen am nahen Leitungsende reflektiert werden und dann als reflektiertes Gegennebensprechen am fernen Ende stören. Um diese Wirkung des reflektierten Gegennebensprechens zu vermeiden, ist eine sorgfältige Anpassung der Endgeräte an die Leitungen erforderlich.

### c) Bandausnutzung

Aus den unter a) und b) genannten Leitungseigenschaften und Überlegungen ergibt sich im allgemeinen ein gewisser, praktisch mit Trägerfrequenz ausnutzbarer Frequenzbereich für jede Leitungsart. Das Ziel besteht

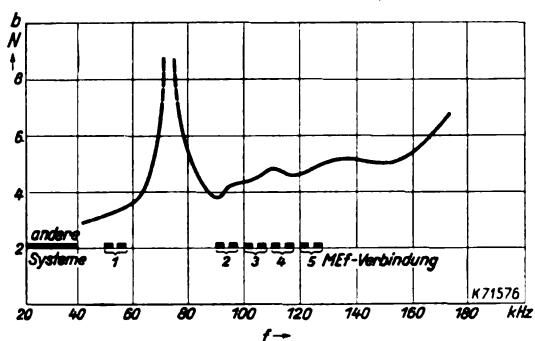


Bild 4. Ausnutzung einer Freileitung mit MEF-Verbindungen  
( $l = 180 \text{ km} + 12 \text{ km}$  Kabel).

zun bei den hochwertigen Trägerstromsystemen darin, dieses Band möglichst lückenlos mit Trägerstromgesprächen auszunutzen. Wieweit sich das praktisch verwirklichen läßt, hängt von dem Aufwand an Filterelementen und der Technik der Modulation, also von dem Trägerstromsystem als solchem, ab [4]. Es lassen sich aber auch hier Wechselbeziehungen zwischen dem System und den Eigenschaften der Leitung aufzeigen. In Fällen, in denen es auf höchste Ausnutzung der Leitung ankommt, wird man nur ein Seitenband übertragen und den Träger unterdrücken. Es gibt jedoch Aufgaben, bei denen die Rücksicht auf vorhandene Empfänger, die Forderung nach einfachem und unempfindlichem Aufbau des Gerätes, die Möglichkeit einfacher Überwachung und ähnliches wichtiger sind als die Frequenzbandersparnis. In diesen Fällen hat die Übertragung beider Seitenbänder und des Trägers Berechtigung und Vorteile,

Bei Leitungen, deren Kopplungsverhältnisse die Anwendung des echten Vierdrahtbetriebes nicht erlauben, bedingt die Notwendigkeit, Kanäle verschiedener Richtung zu trennen, eine geringere Bandausnutzung. Das im allgemeinen übliche Verfahren besteht darin, die Kanäle verschiedener Übertragungsrichtung zu Frequenzgruppen zusammenzufassen und, wie in Bild 3 gezeigt, die tiefen Frequenzen in der einen, die hohen in der Gegenrichtung zu übertragen. Diese Gruppierung ist bei Leitungen mit definierten Übertragungseigenschaften und von vornherein festliegender Gesprächszahl durchaus zweckmäßig. Es gibt jedoch andere Fälle, wo es vorteilhaft sein kann, die beiden Kanäle eines Gespräches unmittelbar nebeneinander anzuordnen. Dies trifft insbesondere für Freileitungen mit ihren in Abhängigkeit von Frequenz und Zeit sehr schwankenden Übertragungseigenschaften zu. Dabei ist es dann möglich, die Leitung nach Maßgabe der geforderten Gesprächszahl und der vorliegenden Dämpfungsverhältnisse schrittweise auszubauen, wobei stets für

die Gespräche tieferer Frequenz die günstigeren Übertragungseigenschaften dieses Bereiches wirksam sind und wobei durch Dämpfungsspitzen, Störsender und Rauhreif stets nur eine kleinere Anzahl von Gesprächen betroffen wird. Bild 4 zeigt an einem praktischen Beispiel, daß durch diese Kanalanordnung eine große Anpassungsfähigkeit an verschiedene Verhältnisse erzielt wird. Natürlich bedingt die unmittelbare Aneinanderreihung von Sendern und Empfangskanälen verschärfte Anforderungen an die Filter.

## 2. Beispiele

Die praktische Bedeutung der vorstehend umrissenen allgemeinen Überlegungen soll nunmehr an einigen Beispielen erläutert werden. Dabei werden getrennt der Trägerstrombetrieb auf Fremdnetzen, die Trägerstromausnutzung normaler, nicht für Trägerstrombetrieb gebauter Leitungen und die Trägerstromausnutzung von Sonderleitungen behandelt.

### a) Trägerstrombetrieb auf Fremdnetzen

Als Beispiel hierfür soll der Trägerstromverkehr zwischen Elektrizitätswerken auf Hochspannungsleitungen (EW-Telephonie) und der hochfrequente Drahtfunk auf Fernsprechleitungen, wie ihn die Deutsche Reichspost zur Zeit einführt, betrachtet werden. In den beiden genannten Fällen tritt die Bedeutung der bisher angestellten quantitativen Überlegungen zurück gegenüber der Aufgabe, eine einwandfreie Entkopplung zwischen dem hochfrequenten Betrieb und dem Normalbetrieb der Leitungen zu erzielen. Bei der EW-Telephonie handelt es sich darum, einem niederfrequenten Verteilungsnetz eine hochfrequente Sprechverbindung zwischen zwei festen Endpunkten zu überlagern. Umgekehrt besteht die Aufgabe beim Drahtfunk darin, eine Fernsprechverbindung zur Verteilung von Hochfrequenzenergie an verschiedene Abnehmer mitzubenutzen. Bild 5 zeigt den grundsätzlichen Aufbau bei-

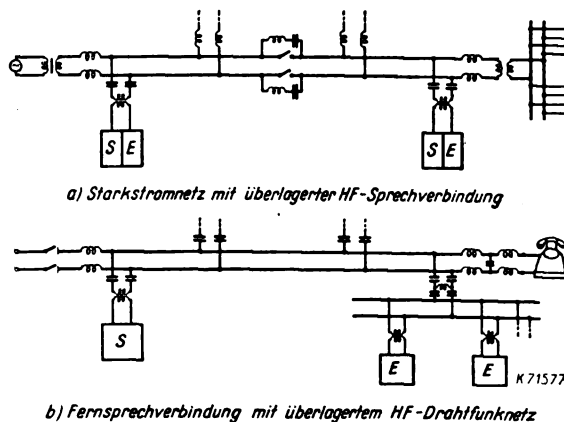


Bild 5. Leitungs-ausrüstung bei HF-Überlagerung.

der Verbindungsarten. Beide Übertragungsarten sind dadurch gekennzeichnet, daß die eigentlichen Endgeräte (Sender und Empfänger) verhältnismäßig einfach sind, daß dagegen die Leitungs-ausrüstung, die durch den Betrieb auf einem andersartigen Netz bedingt ist, umfangreiche Entwicklungsarbeiten erforderte.

Eine für EW-Telephonie bestimmte Leitung muß, damit die Übertragungsdämpfung von dem starkstrommäßigen Schaltzustand unabhängig wird, an beiden Enden und an allen abgehenden Stichleitungen gegen Abfluß der Hochfrequenz durch Sperren verriegelt werden. Der Anschluß der Hochfrequenzgeräte erfolgt über Koppelkapazitäten und Übertrager unter Wahrung aller Forderungen der hochspannungstechnischen Sicherheit. Trennstellen der Hochspannungsleitung müssen erforderlichenfalls für Hochfrequenz überbrückt werden. Alle ge-

nannten Schaltelemente müssen den erheblichen Spannungen und Überströmen des Starkstrombetriebes gewachsen sein; deswegen ist es schwer, den Spulen und Kondensatoren die aus hochfrequenztechnischen Gründen erwünschte Kapazität bzw. Induktivität zu geben. Die Größenordnung der Kapazitäten liegt bei 2000 pF, die der Spulen bei 0,2 mH; dabei müssen die Elemente Blindleistungen von etwa 0,15 bzw. 60 MVA gewachsen sein. Dementsprechend sind ihre Abmessungen fast größer als die der an die Leitung angeschlossenen Geräte (vgl. Bild 6). Die angegebene Induktivität der Sperrn genügt nicht ohne weiteres, um den Abfluß von Hochfrequenzenergie wirksam zu unterbinden. Dazu ist es vielmehr erforderlich, die Spule auf die Übertragungsfrequenzen durch parallelgeschaltete Kapazitäten abzustimmen. Infolge der beschränkten Größe der Induktivitäten und Kapazitäten ist das nutzbare Übertragungsfrequenzband der EW-Telephonie nach unten bei etwa 50 kHz begrenzt. Durch die abgestimmten Sperrn wird der Übertragungscharakter von Leitung plus Sperre selektiv, da die Dämpfung für nicht gesperrte Frequenzen bei geeignetem Schaltzustand bei Starkstromleitung außerordentlich groß werden kann. Als Abhilfe hiergegen wäre vom Hochfrequenzstandpunkt die Allwellensperre anzustreben, deren Induktivität so groß gemacht wird, daß im ganzen für EW-Telephonie verwendbaren Frequenzband die Reaktanz groß gegen den Wellenwiderstand der Leitung ist. Zur praktischen Entwicklung dieser Sperre müssen die oben angegebenen Schwierigkeiten überwunden und insbesondere die großen Kurzschlußkräfte einwandfrei beherrscht werden.

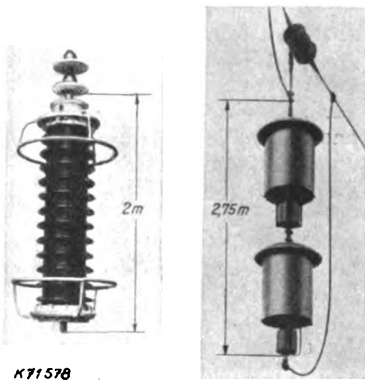


Bild 6. Kopplungskondensator und Hochfrequenzsperrn für EW-Telephonieanlagen.

Es ist schon oben gesagt worden, daß der Störpegel auf Hochspannungsleitungen, besonders wenn auf 220 kV-Leitungen mit der Betriebsspannung in die Nähe der Koronaspannung gegangen wird, sehr hoch ist. Infolgedessen ist die Reichweite einer Verbindung bzw. die Dämpfung eines Verstärkerabschnittes bei 220 kV-Leitungen auf etwa 2,5 N, bei 100 kV-Leitungen auf 3,5 bis 4 N begrenzt. Man hat in neuerer Zeit gelernt, für größere Reichweiten Zwischenverstärker betriebssicher einzusetzen, so daß Verbindungen von mehreren hundert Kilometern Länge unter Benutzung nur eines einzigen Frequenzpaares mit gutem Störspiegelabstand überbrückt werden können. Das Hauptproblem bei der Einführung des Zwischenverstärkers war ebenfalls eine Frage der Entkopplung: Es galt u. a., durch Sperrung der nicht an der Hochfrequenzübertragung beteiligten Starkstromphasen eine Rückkopplung und damit verbundene Labilität zwischen Verstärkerausgang und -eingang zu unterbinden [5]. Es sei erwähnt, daß die Hochfrequenzkanäle in neuerer Zeit auch zur Übertragung von Kriterien für den Selektivschutz, d. h. also zur Überwachung des Leitungszustandes, benutzt werden.

Der Hochfrequenz-Drahtfunk, dessen technische Hilfsmittel zur Leitungssperrung auf dem grundsätzlichen Schaltbild dem der EW-Telephonie völlig ähneln, zeichnet sich im Gegensatz dazu durch äußerste räumliche Kleinheit der besonderen Schaltelemente aus. Die Aufgabe bestand hier darin, Weichenschaltungen aus Spulen und Kondensatoren sowohl bei den Ämtern als auch bei den Teilnehmern unterzubringen, wobei insbesondere auf

den Ämtern kein zusätzlicher Platz beansprucht werden durfte. Dazu kamen die hohen Anforderungen an die Sperrdämpfungen der Weichen für die Wahrung des Fernsprecheheimnisses einerseits und die Bedingung weitgehender Störfreiheit der HF-Sendung andererseits, wobei



Bild 7. Drahtfunk-Amtsweiche mit Tiefpaß und Hochpaß (vorn).

die Durchlaßdämpfungen möglichst klein bleiben sollten. Auch diese Fragen haben eine umfangreiche Entwicklungsarbeit erfordert, von der Bild 7 ein Ergebnis zeigt. Die Drahtfunk-Amtsweiche ist nicht wesentlich größer als eine Streichholzschachtel. Übertragungstechnisch ist die Aufgabe des Drahtfunks dadurch einfach, daß die Sendung nur in einer Richtung übertragen wird. Es wird eine Empfangsspannung von wenigstens 25 mV beim Teilnehmer zur Verfügung gestellt. Die Sendespannungen werden je nach Dämpfung der Teilnehmerleitung so gestaffelt, daß diese Spannung angenähert erreicht wird. Die Reichweite von Drahtfunkverbindungsleitungen beträgt etwa 7 N. Wegen der hohen spezifischen Dämpfungen der für den Drahtfunk benutzten Ortsleitungen entspricht dem eine Entfernung von nur etwa 15 km [6].

b) Trägerstrombetrieb auf normalen Fernsprechleitungen

Die Kopplungseigenschaften normaler, nicht für Trägerstromzwecke verlegter Leitungen erlauben im Frequenzbereich oberhalb von 10 kHz die Anwendung des

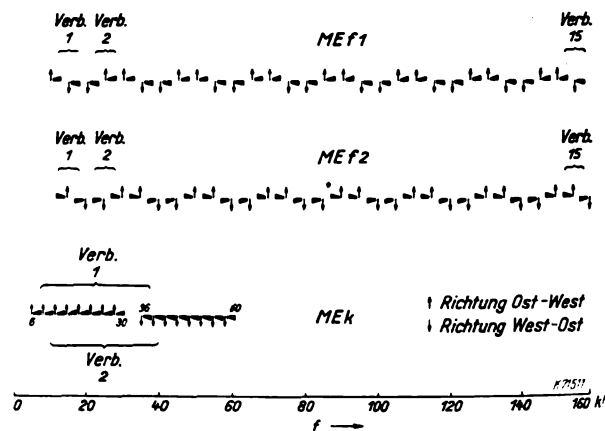


Bild 8. Frequenzplan der ME-Systeme.

äquivalenten Vierdrahtbetriebes. Es sei hier von dem Sonderfall abgesehen, daß zwischen zwei Orten zwei ganz unabhängige Leitungsstränge oder Kabel verlegt sind, die echten Trägerstrom-Vierdrahtbetrieb ermöglichen würden. Aus der Fülle der für derartige Verhältnisse entwickelten Trägerstromsysteme sollen als Beispiel zwei Systeme her-

ausgegriffen werden, die in besonderem Maße der Forderung entsprechen, an vorgegebene Leitungsverhältnisse anpaßbar zu sein: Das MEf- und MEk-System. Bild 8 zeigt den Frequenzplan beider Systeme. Das MEf-System arbeitet mit benachbarten Gegenrichtungskanälen und bietet damit die oben im Zusammenhang mit Bild 4 besprochenen Vorteile, insbesondere bei Betrieb auf Freileitungen. Es erlaubt die Belegung eines Paares mit fünfzehn Gesprächen im Frequenzbereich von 10 bis 160 kHz. Die Frequenzbandausnutzung beträgt 50 %, die Reich-

Systems entwickelt worden; es ist u. a. dazu geeignet, auf Kabelleitungen, die nur im Stamm pupinisiert sind, eine Trägerstromausnutzung der Vierer zu ermöglichen. Dämpfungsmessungen haben ergeben, daß bei derartigen Leitungen, die häufig anzutreffen sind, die Streuinduktivität der Stammspulen so gering ist, daß ein Band bis

30 kHz mit einem Verstärkerabstand von etwa 30 km überbrückt werden kann. Es ist in diesem Fall also möglich, ohne jede Entspulung je Vierer mit dem MEk<sub>3</sub>-System drei zusätzliche Gesprächswege zu schaffen.

Der elektrische und konstruktive Aufbau sämtlicher genannten ME-Systeme ist bis auf die durch die verschiedenen Frequenzen bedingten Unterschiede übereinstimmend. Bild 10 zeigt das grundsätzliche Schaltbild für die Endstelle eines Gespräches. Die Geräte arbeiten mit unterdrücktem Träger und Übertragung eines Seitenbandes. Mit Rücksicht auf die Anwendung auf Freileitungen ist eine Pegelregelung eingebaut, die Pegelschwankungen von 0 bis 6 N auf etwa 0,2 N selbsttätig ausregelt. Als Steuertone für die Pegelregelung wird eine Hilfsfrequenz von 2,9 kHz in beiden Richtungen übertragen, deren Amplitude die Stellung eines Motor-

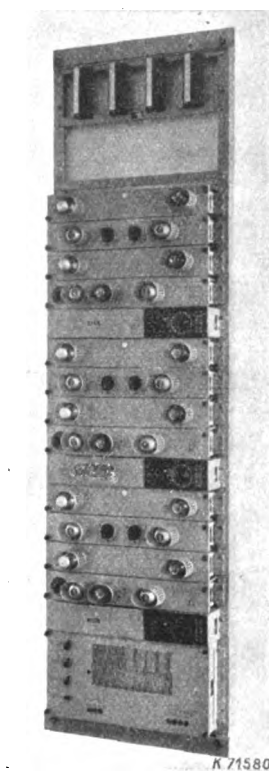


Bild 11. Endgestell mit drei ME-Geräten.

Leitungsämpfung

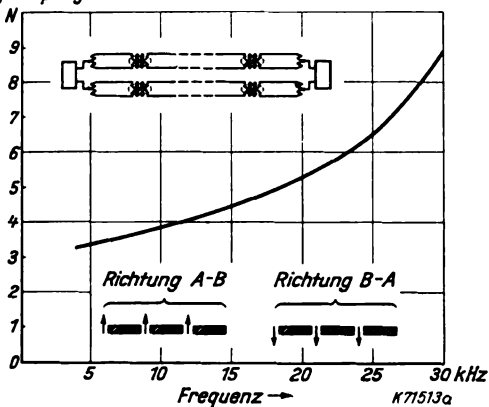


Bild 9. Trägerfrequente Ausnutzung einer Phantomleitung mit dem MEk<sub>3</sub>-System (Länge 35 km).

weite ohne Verstärkung ist 5 N, dem entsprechen auf 3 mm Kupferleitungen 500 km für das unterste und 180 km für das oberste Gespräch. Wenn mehr als fünfzehn Gespräche auf einem Gestänge geführt werden müssen, kann ein zweites System mit verlagerten Trägern auf einem zweiten Aderpaar eingesetzt werden. Für die Übertragung größerer Gesprächszahlen auf Kabeln ist das MEk-System entwickelt worden. Auf Kabeln kann infolge

potentiometers steuert. Der gleiche Ton wird zur Übertragung von Ruf- und Wahlimpulsen benutzt. Die Geräte können daher niederfrequenzseitig auch an selbsttätige Wähleinrichtungen angeschaltet werden. Bild 11 zeigt den konstruktiven Aufbau eines Gestells mit drei ME-Geräten.

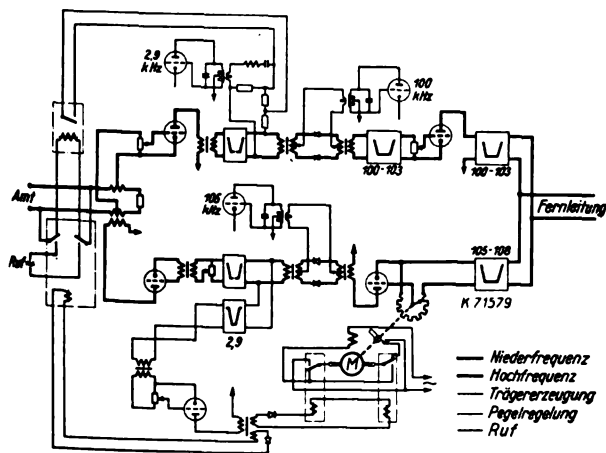


Bild 10. Grundsätzliches Schaltbild einer für Handvermittlung geschalteten Endstelle.

c) System für Trägerstrom-Sonderleitungen

In neuerer Zeit werden Kabel verlegt, die für die Anforderungen einer hochwertigen Trägerstromausnutzung besonders bemessen sind [7]. Das sind einmal papierlufttraumisierte Mehrleiterkabel, deren Dämpfungseigenschaften auf Grund umfangreicher Untersuchungen gegenüber normalen Kabeln wesentlich verbessert worden sind und die bis 60 kHz mit den zwölf Kanälen des U-Systems betrieben werden. Daneben gibt es bereits ein Netz konzentrischer Kabel, die oberhalb von 1 MHz für Fernzwecke, darunter für Vielband-Fernsprechzwecke, benutzt werden sollen; das hierfür in Arbeit befindliche Trägerstromsystem wird nach dem Breitbandkabel als B-System bezeichnet und im Bereich von 60 bis 700 kHz etwa 150 Gespräche übermitteln. Beide Systeme arbeiten im echten Vierdrahtbetrieb. Zur Zeit werden für beide Richtungen getrennte Kabel benutzt; es sind jedoch Kabel entwickelt worden, die durch geeignete Abschirmmaßnahmen die Zusammenlegung beider Richtungen unter dem gleichen Mantel erlauben [7].

der gleichmäßigen Leitungseigenschaften ohne Bedenken die Zusammenfassung der verschieden gerichteten Kanäle zu Gruppen erfolgen. Im Frequenzband von 6 bis 60 kHz können auf diese Weise acht Gegengespräche geführt werden. Die obere Grenze von 60 kHz wurde so gewählt, daß bei normalen entspulten Kabeladern von etwa 1,4 mm Dmr. mit einer Felddämpfung von 6 N sich Verstärkerabstände von etwa 35 km ergeben; das ist etwa die Hälfte der bisher üblichen Abstände. Eine Weiterentwicklung für Leitungen ungünstiger Dämpfungseigenschaften stellt das in Bild 9 dargestellte MEk<sub>3</sub>-System dar. Dieses System ist unter Benutzung der unteren Kanäle des MEk-

Die Hochwertigkeit der U- und B-Leitungen rechtfertigt das Bestreben, die Frequenzbandausnutzung der auf diesen Leitungen betriebenen Systeme möglichst hochzutreiben. Hierzu sind neben besonders hochwertigen Filteranordnungen, die zum Teil mit normalen Spulen



und Kondensatoren, zum Teil auch mit Quarzkristallen aufgebaut werden, besondere Verfahren der Modulation entwickelt worden. Es handelt sich um die Kunstgriffe der Mehrfach- und Gruppenmodulation. Beide verringern die Anforderungen, die an die Filter gestellt werden müssen. Durch ihre Anwendung wird es beispielsweise beim B-System möglich, das verfügbare Frequenzband zu 80% mit übertragenen Sprachbändern auszunutzen. Wegen Einzelheiten dieser interessanten Technik muß auf die Sonderliteratur [8] verwiesen werden.

#### Zusammenfassung

Der technische Aufbau eines Trägerstromgerätes ist u. a. bedingt durch die Forderungen der Reichweite, der Übersprechfreiheit und der Frequenzbandausnutzung. Diese Größen sind ihrerseits abhängig von den Eigenschaften und der Wertigkeit der Übertragungsleitung. Es ist versucht worden, die daraus folgenden Wechselbeziehungen zwischen Trägerstromsystem und Leitung zu zeigen. Von praktisch wichtigen Trägerstromsystemen werden als Beispiele behandelt: Die Telephonie auf Hoch-

spannungsleitungen und der Drahtfunk als Vertreter des Trägerstrombetriebes auf Fremdnetzen, die ME-Systeme als Trägerstromgeräte für normale Fernsprechleitungen. Die neuesten Systeme für die trägerfrequente Ausnutzung hochwertiger Trägerstrom-Sonderleitungen konnten in diesem Rahmen nur kurz gestreift werden.

#### Schrifttum

1. H. F. Mayer u. D. Thierbach, Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 48, S. 6. — M. Kluge, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 192.
2. G. Wuckel, Europ. Fernsprechdienst (1934) H. 34, S. 18 u. H. 36, S. 157.
3. H. Kaden u. K. Kaufmann, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 27 (1938) S. 566.
4. G. Häbber, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 217; Europ. Fernsprechdienst (1938) H. 49, S. 147.
5. R. Baranowsky, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 179; R. Baranowsky, AEG-Mitt. (1938) S. 260.
6. F. Gladenbeck, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 24 (1935) S. 55; Europ. Fernsprechdienst (1935) H. 38, S. 26. — E. Budischin u. E. Dehlotz, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 26 (1937) S. 226. — E. Buchmann, Siemens-Z. 17 (1937) S. 197. — O. Lürcher, AEG-Mitt. (1938) S. 62.
7. G. Wuckel, Europ. Fernsprechdienst (1937) H. 47, S. 209; G. Wuckel VDE-Fachber. 10 (1938) S. 87.
8. L. Espenschied u. M. E. Strieby, Bell Syst. techn. J. 13 (1934) S. 523. — K. Höpfner u. H. F. Mayer, Europ. Fernsprechdienst (1937) H. 46, S. 101. — M. E. Strieby, Bell Syst. techn. J. 16 (1937) S. 1.

### Lange Energieleitungen zur Übertragung weiter Seitenbänder

DK 621.397.242 : 621.392

Die frequenzgetreue Übertragung von Hochfrequenz über lange Speiseleitungen macht Schwierigkeiten, wenn die Modulationsfrequenzen wie beim Fernsehen so hoch sind, daß die Laufzeit für eine reflektierte Welle nicht mehr klein gegen eine Periode ist<sup>1)</sup>. Die geringste Unsymmetrie, die kleinste Fehlanpassung, wie sie beim Antennenbetrieb teilweise unvermeidlich sind, macht sich sofort stark bemerkbar. Aus diesem Grunde sind auch der Errichtung der 135 m langen Speiseleitung des britischen Fernsehsenders auf dem Alexandrapalast bei London umfangreiche Versuche in Hayes durch die Research Laboratories for Electrical and Musical Industries Ltd. vorgegangen, während deren die hier vorliegenden Fragen gründlich geklärt wurden. Von diesen Versuchen handelt die obige Arbeit, wie auch von den späteren Ergebnissen beim endgültigen Aufbau. Im Endergebnis gelang es, den Widerstand am Speiseleitungseingang am Sender zusammen mit Antenne usw. im Bereich 43 bis 47 MHz auf  $\pm 5\%$  konstant zu halten. Die Tonsenderfrequenz ist 41,5 MHz, die Bildsenderfrequenz 45 MHz, bei einer Zeilenzahl von 405 und 25 Bildern je Sekunde mit Zeilensprung, entsprechend einer Modulationsfrequenz von max. 2,5 MHz. Bei der großen Kabellänge trifft eine etwa reflektierte Welle erst nach 1  $\mu$ s am Sender wieder ein, d. h. etwa 4 Linien (etwa 1 mm) weiter und wird sofort wieder nach der Antenne zu reflektiert, da der Sender nur leistungsmäßig, nicht aber hinsichtlich des Scheinwiderstandes angepaßt ist. Bei einem plötzlichen „Weiß-Schwarz-Sprung“ liefert die Antenne Schwingenergie ans Kabel zurück, die ihrerseits verspätet als reflektierte Welle wieder an der Antenne erscheint. Es hat sich nun gezeigt, daß man die Wirkung von Reflexionsstellen weitgehend durch eine ebensolche Reflexionsstelle eine Viertelwellenlänge davor aufheben kann. Allerdings wird die erste Halbwelle der reflektierten Welle nicht aufgehoben. Isolatoren in Viertelwellenabstand gleichmäßig verteilt heben sich in ihrer Störwirkung praktisch auf und dies auch noch genügend genau bei den Seitenfrequenzen, während Halbwellenabstand verhängnisvoll wirkt. — Man kann sagen, daß die linearen Verzerrungen verschwunden sind, sobald der Eingangswiderstand am Senderende im wesentlichen konstant ist. Man arbeitete daher auf diese Konstanz hin. Die Scheinwiderstandsmessungen erfolgten nach dem bekannten Verfahren, bei dem der unbekannte Widerstand einem Schwingkreis parallelgeschaltet und einerseits dessen Verstimmung beobachtet wird, andererseits nach Wegnahme des unbekannten Widerstandes derjenige Normalwiderstand gesucht wird, der dieselbe Dämpfung ergibt. Den besonderen Verhältnissen bei Ultrakurzwellen entsprechend arbeiteten die Verfasser mit Quecksilberkontakten. Kleine Fehlanpassungen bzw. Störstellen machen sich durch einen periodischen Verlauf des

Eingangswiderstandes abhängig von der Frequenz bemerkbar, mit großer Näherung läßt sich die Gesamtwirkung einer Reihe derartiger Störstellen auf den Eingangswiderstand durch die Summe dieser Glieder darstellen. Man kann in geeigneten Fällen aus dem Widerstandsverlauf den Ort der Störung feststellen und sie entweder beseitigen oder durch eine Gegenstörung aufheben, wovon bei den unvermeidlichen Eckstellen Gebrauch gemacht wurde. An den Eckstellen sind einstellbare Scheibenkondensatoren 0,2 bis 1 pF eingeschaltet und solche sind auch an einzelnen Stellen der Leitung zu Ausgleichzwecken angebracht. Die Leitung wurde Stück für Stück fertiggestellt und jedes Stück abgeglichen, bis das nächste angesetzt wurde. Besondere Sorgfalt wurde auf die Herstellung eines phasensaubereren Leitungsabschlusses für diese Versuche verwendet. Er besteht aus einer Rohrverlängerung mit einer Reihe eingesetzter Halbwattkohlewiderstände, deren Größe so lange geändert wurde, bis der Eingangswiderstand sich immer als derselbe ergab, gleichgültig ob eine Viertel- oder Halbwellenlänge dazwischen lag. Die zum Ausgleich von Längenänderungen eingesetzten Fugen mit übergeschobenen Hülsen gaben starke Reflexionen, obgleich die Hülse auf dem Innenleiter nur 0,8 mm stark war. Sie mußte auf die Innenseite des Innenleiters verlegt werden. Exzentrizität des Innenrohres war ebenfalls von Bedeutung. Oft half hier bereits eine passende Drehung des Innenleiters. — Die mit dem Wellenwiderstand abgeschlossene Speiseleitung war im Enderfolg auf  $\pm 0,5 \Omega$  im Bereich 41,5 bis 47,5 MHz frequenzunabhängig. Die Antennen selbst hatten einen stark frequenzabhängigen Scheinwiderstand, der am Koppelkasten gemessen beispielsweise  $18 + 19 \Omega$  betrug. Durch ein Anpassungsstück, dessen Berechnung vorgeführt wird (135 cm lang, normaler Außenleiter, aber Innenleiter 40 mm Dmr.), wurde dieser Scheinwiderstand auf reell  $78 \Omega$  umgeformt, wobei sich auch ein Teil der Frequenzabhängigkeit heraushebt. Die restlichen Frequenzabhängigkeiten werden durch zwei Ausgleichglieder in  $2 \frac{3}{4}$  Wellenlängen Abstand dem Sender kompensiert, bestehend aus zwei Viertelwellenstücken, das eine kurzgeschlossen, das andere offen. Mit diesen Maßnahmen wurde die oben erwähnte Konstanz erreicht. Das Kabel selbst ist unsymmetrisch und setzt erst im Koppelkasten mit Hilfe einer Umkehrleitung auf die symmetrischen Antennen um. Der Wellenwiderstand der Speiseleitung ist  $78 \Omega$ , Innen- bzw. Außendurchmesser 35 bzw. 127 mm, die Dämpfung 0,12 N/km. Gehaltert wird der Innenleiter durch durchgesteckte Steatitstäbe. Das Kabel kann notfalls durch einen starken 50 Hz-Strom erwärmt und getrocknet werden, diese Einrichtung brauchte aber in den vergangenen beiden Jahren noch nie in Anspruch genommen zu werden, da der Isolationswiderstand auch bei nassem Wetter nie unter  $30000 \Omega$  herunterging, während er bei trockener Witterung über  $10 \text{ M}\Omega$  betrug.

<sup>1)</sup> Nach E. C. Cork u. I. L. Pawsey, J. Inst. electr. Engrs. 84 (1939) S. 448; 20. S., 35. B.

Kur.

## Neuzeitliche Probleme und Verfahren der Elektrochemie

Von Hellmut Fischer VDE, Berlin

(Schluß von S. 125)

### 4. Gewinnung von Nichtmetallen

Die elektrolytische Welterzeugung von Nichtmetallen hatte 1937 einen Energieverbrauch von etwa 10 Mrd kWh, der zum größten Teil auf die beiden wichtigsten Verfahren der Chloralkalielektrolyse

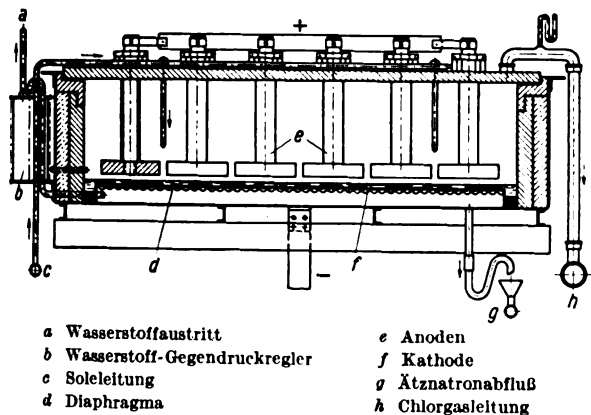


Bild 8. Schnitt durch die Billiter-Zelle.

(etwa 6 Mrd kWh) und der elektrolytischen Wasserzersetzung (etwa 4 Mrd kWh) entfiel.

Bei der Chloralkalielektrolyse werden bekanntlich Kochsalz oder Kaliumchlorid zerlegt. An der

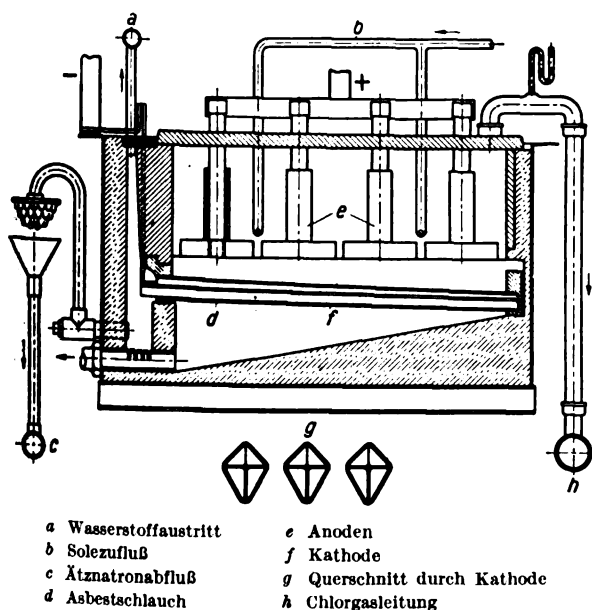


Bild 9. Anordnung der Pestalozza-Zelle.

Kathode entstehen Natron- oder Kalilauge und Wasserstoff, an der Anode Chlor. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Elektrolyse ist das Gelingen einer sorgfältigen Trennung der Elektrodenprodukte voneinander, da sonst die Stromausbeute beträchtlich sinkt. Man erreicht dies z. B. durch das Diaphragmenverfahren. Die

DK 621.35

trennende poröse Scheidewand, das Diaphragma, kann senkrecht oder waagrecht angeordnet sein. Die senkrechten Zellen nehmen weniger Platz als die waagerechten ein; dafür haben aber letztere eine erheblich größere Lebensdauer. In Europa werden fast ausschließlich waagerechte Zellen verwendet. Bild 8 zeigt die am meisten verwendete Bauart der Billiter-Zelle mit waagerechter Anordnung. Der Elektrolyt strömt von oben nach unten durch die Zelle. Damit wird zugleich der Abwanderung der in der Umgebung der Kathode gebildeten Hydroxylionen zur Anode entgegengewirkt.

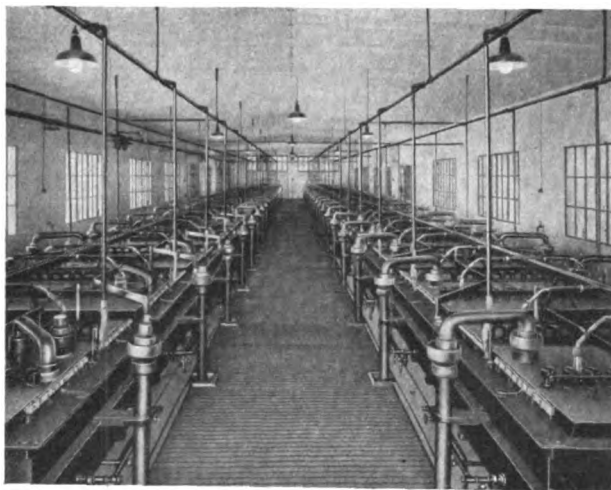


Bild 10. Chlorätznatronanlage mit Pestalozza-Zellen.

Bild 9 zeigt das Schema der sog. Pestalozza-Zelle und Bild 10 eine technische Anlage mit solchen Zellen. Bei diesen waagerechten Zellen wird ein Gasschirm als Scheidewand verwendet, der zum Unterschied vom flüssigkeits- und gasundurchlässigen Diaphragma die Ionenwanderung noch nicht hindert. Derartige Zellen können beliebig oft ohne Störung stillgelegt werden, während die Diaphragmenzellen eine ununterbrochene Arbeitsweise verlangen.

Die Diaphragmen- und die Gasschirmzellen liefern eine stets noch etwas chloridhaltige Lauge. Den Bedarf der Kunstseide-Industrie an vollständig chloridfreier Lauge decken die sog. Quecksilberzellen. Sie arbeiten mit einer Kathode aus flüssigem Quecksilber, an der sich Alkaliamalgam bildet. Die Umsetzung des Amalgams zu Alkalilauge wird getrennt von der Elektrolysezelle in einem zweiten Behälter vorgenommen, durch den das amalgamhaltige Quecksilber hindurchfließt, um nach der Umsetzung wieder in die Elektrolysezelle zurückzukehren. Der Betrieb verlangt besonders sorgfältige Wartung, damit nicht bereits in der Elektrolysezelle eine vorzeitige teilweise Umsetzung des Amalgams vor sich geht.

Bei der großindustriell ebenfalls wichtigen Wasserzersetzung zur Gewinnung von Wasserstoff und Sauerstoff spielt der Strompreis eine entscheidende Rolle. Gegenüber dem Wassergasverfahren, das Wasserstoff aus Kohle und Wasserdampf liefert, ist die Elektrolyse nur bei billigstem Strompreis oder in kohlearmen Gegenden

wettbewerbsfähig. In Italien wird fast ausschließlich Elektrolytwasserstoff gewonnen. Während das chemische Verfahren nur in großindustriellem Ausmaß wirtschaftlich arbeitet, büßen elektrolytische Anlagen auch in kleinerem Umfange noch nicht ihre Wirtschaftlichkeit ein. Für manche technischen Zwecke, z. B. Glühungen von bestimmten Legierungen, ist nur der hochreine Elektrolytwasserstoff verwendbar. Auch die Wasserelektrolyse erfordert ein Diaphragma zur Trennung der elektrolytisch abgetrennten Gase Wasserstoff und Sauerstoff. Als Elektrolyt dient konzentrierte Kalilauge von besonders guter elektrischer Leitfähigkeit.

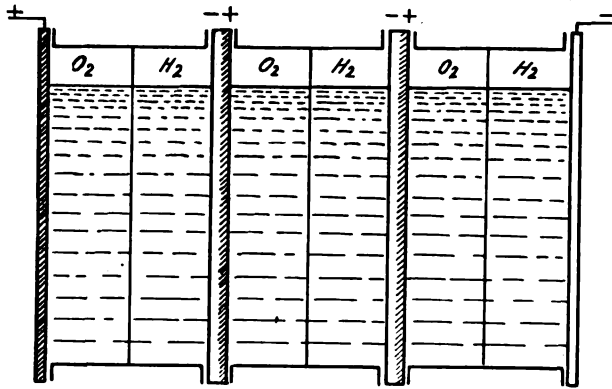


Bild 11. Bipolare Filterpressenzelle.

Die elektrolytische Wasserzersetzung ist ebenso wie die Chloralkalielektrolyse ein Gebiet, wo der konstruktiven vor der verfahrensmäßigen Entwicklung der Vorrang gebührt. Entscheidend ist diese Entwicklung durch Einführung der Bipolarzellen beeinflusst worden. In



Bild 12. Wasserzersetzer runder Bauart mit bipolar geschalteten Elektroden gleicher Oberfläche.

Bild 11 ist die bipolare Anordnung schematisch wiedergegeben. Der Strom wird zwei Endelektroden zugeführt, zwischen welche eine große Zahl Mittleiterelektroden ohne Stromzuführung geschaltet ist, die auf der einen Seite als Anode, auf der anderen als Kathode wirken. Die Bipolarzelle brachte eine erhebliche Werkstoff- und Platzersparnis. Auch heute ist die Entwicklung der Wasserelektrolyse noch nicht abgeschlossen. Sie erstrebt eine immer weitere Herabsetzung des Energieaufwandes, eine Erhöhung der Lebensdauer und eine Verringerung des Raumbedarfes.

Die Zersetzungsspannung des Wassers beträgt 1,23 V. Neuzeitliche Zersetzerzellen erfordern heute etwa 0,5 V mehr, während früher ein Überschuß von 1 bis 1,3 V aufgewendet werden mußte. Der Hauptanteil dieses

Mehraufwandes an Spannung entfällt auf die Überspannung beim Abscheiden von Wasserstoff und Sauerstoff an den Elektroden. Durch passende Auswahl von Sonderwerkstoffen und geeignete Formgebung zur Erzielung einer großen Elektrodenoberfläche konnte die Überspannung merklich herabgesetzt werden. Bei dem starken

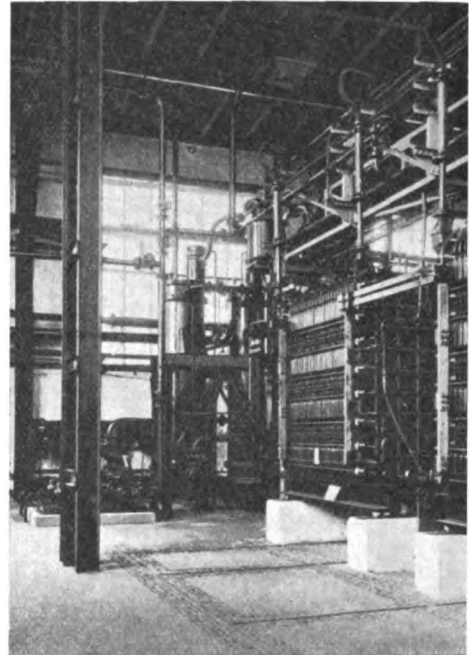


Bild 13. Wasserzersetzer nach Filterpressenbauart mit bipolar geschalteten Elektroden.

chemischen Angriff der heißen Lauge ist die Haltbarkeit der Zersetzer wichtig, die durch neue laugenfeste Stoffe, insbesondere Dichtungswerkstoffe, und auch durch konstruktive Maßnahmen erhöht wurde.

Die erzeugte Wasserstoffmenge je  $m^2$  Bodenfläche beträgt heute in der gedrängten Bauart der neuzeitlichen

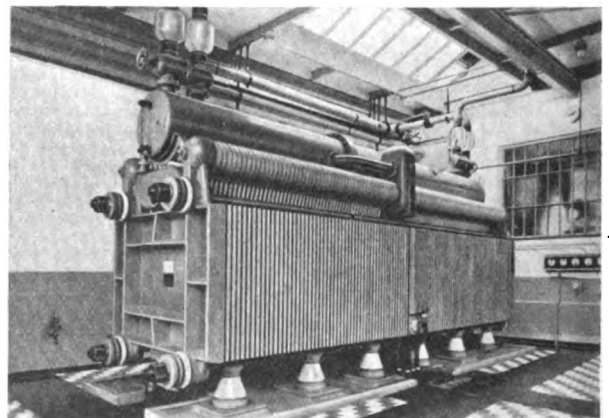


Bild 14. Wasserzersetzer nach Filterpressenbauart mit bipolar geschalteten Elektroden.

Bipolarzersetzer bei Anwendung hoher Stromdichten von  $4000 A/m^2$  z. B.  $16 m^3 H_2$ , während sie früher etwa nur 1 bis  $5 m^3$  betrug. Bild 12 zeigt bipolare Rundzersetzer, die besonders in kleineren Anlagen verwendet werden. In Bild 13 ist der großindustriell wichtige Bipolarzersetzer mit Filterpressenzellen (Bauart Roth) wiedergegeben. Besonders bemerkenswert ist die Hochbauart, bei welcher vier Zellsysteme übereinander angeordnet sind. Bild 14 zeigt die sog. bipolaren Filterpressenzellen (Bauart

Zdansky), die ebenfalls in Großanlagen verwendet werden.

Noch im Versuchsstadium befindet sich die Elektrolyse unter erhöhtem Druck (z. B. etwa 150 at), deren technisches Ziel ebenfalls eine weitere Belastungsmöglichkeit ist, die durch Platzersparnis (Fortfall der Kompressionsanlage) und durch weitere Stromdichtesteigerung erreicht werden soll. Ein endgültiges Urteil über die Brauchbarkeit läßt sich heute noch nicht fällen, da die Dauerhaltbarkeit der Werkstoffe bei erhöhten Anforderungen noch nachzuweisen ist.

Die Beispiele in diesem Aufsatz mögen gezeigt haben, welche wichtige Rolle heute die Elektrochemie in der Rohstoff- und Energiewirtschaft spielt. In den verschiedenen Ländern, die ihre unterschiedlichen Rohstoffaufgaben haben, ist die Elektrochemie durch ihre Anpassungsfähigkeit sicherlich dazu berufen, noch manche ungelösten Fragen der Technik und Großindustrie erfolgreich zu lösen.

**Zusammenfassung**

1937 wurden in der Welt schätzungsweise etwa 24 Mrd kWh für elektrochemische Zwecke verbraucht. Am stärksten beteiligt (mit etwa 13,5 Mrd kWh) ist dabei das Gebiet der Elektrometallurgie mit seinen beiden Zweigen, der elektrolytischen Raffination und der unmittelbaren Gewinnung von Metallen aus armen Rohstoffen oder Zwischenerzeugnissen. Der Raffination ist das neue Gebiet der Erzeugung von Reinstaluminium (99,999 %) er-

schlossen worden. Kupfer läßt sich aus Abfallbeizen, kupferplattierten Schrottabfällen und dergleichen elektrolytisch zurückgewinnen.

Auf dem Gebiet der Galvanotechnik sind der Austausch von Nickelüberzügen gegen andere, insbesondere Zinküberzüge, Umstellung von Feuergalvanisierung auf die sparsamere Elektroverzinkung oder -verzinnung, Ausbau der Hartverchromung usw. lebhaft im Gange. Die erhebliche Steigerung der Verschleißfestigkeit metallischer Oberflächen durch Verchromung ermöglicht bedeutende Werkstoffersparnisse. Die vor Korrosion und Verschleiß schützende anodische Oxydation von Leichtmetallwerkstoffen ist der Schrittmacher für die so rasche Ausdehnung der Anwendung von Leichtmetalllegierungen geworden. Auch die elektrolytischen Verfahren zur Reinigung von Metalloberflächen (Entzunderung, Entfettung usw.) finden wegen ihrer Werkstoff und Zeit sparenden intensiven Wirkung immer mehr Anwendung.

Die elektrolytische Gewinnung von Chlor und Alkali hat durch vermehrten Bedarf (insbesondere reinsten Alkalilauge für die Kunstseidenindustrie) einen Aufschwung erfahren. Auf dem Gebiet der elektrolytischen Wasszersetzung wurden die Zersetzer konstruktiv vervollkommenet, wodurch ihre Leistung und Haltbarkeit gesteigert und die Energiekosten erheblich gesenkt werden konnten. Über weitere Möglichkeiten der Verbesserung durch Hochdruckelektrolyse läßt sich bis zum Abschluß der laufenden Dauerversuche heute noch kein endgültiges Urteil fällen.

## Wechselstrombrücke zur Bestimmung des inneren Widerstandes und der inneren Kapazität von Trockenelementen

Von Walter Hübner, Berlin

DK 621.317.33 : 621.352.3

Mit der nachstehend beschriebenen Wechselstrombrücke ist es möglich,  $R_i$  im Leerlauf und unter Be-

**Übersicht.** Das Verhalten des inneren Widerstandes und der inneren Kapazität einer Trockenbatterie im Leerlauf, bei Belastung und im aussetzenden Betrieb in Abhängigkeit von der Zeit und der Frequenz wird mit Hilfe einer Wechselstrombrücke untersucht, deren Gleichgewichtsbedingungen unter Berücksichtigung der Fehlermittel der Kondensatoren abgeleitet werden.

**Einleitung**

Bei der Untersuchung von Trockenbatterien ist unter anderem die Kenntnis des Verlaufes des inneren Widerstandes in Abhängigkeit von der Zeit und der Belastung wichtig. Entsprechend der Gleichung

$$E = I_a \cdot (R_i + R_a)$$

ergibt sich  $R_i$  durch Messung von  $E$ ,  $I_a$  und  $R_a$  nach bekannten Verfahren. Zur Vermeidung der indirekten Bestimmung von  $R_i$  sind eine Reihe von Wechselstrombrücken entwickelt worden<sup>1)</sup>. Diese Brücken sind aber entweder nicht in der Lage, die Batterien sowohl im Leerlauf wie unter einfach definierter Belastung zu messen, da über einzelne Brückenzweige Gleichstrom fließt, so daß sich beim Abgleichen die Belastung ändert, oder es fehlt der Abgleich für die Phase, und schließlich fehlt die Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen unter Berücksichtigung der Fehler, die selbst durch geringe Verluste in den Kondensatoren entstehen können.

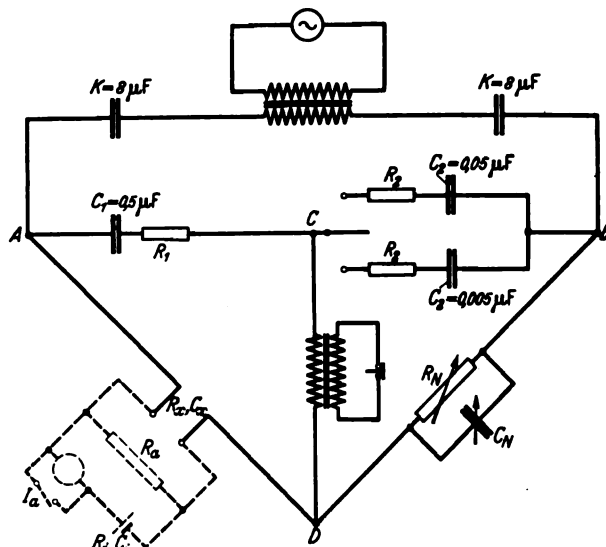


Bild 1. Schaltung der Meßbrücke.

lastung genau zu bestimmen. Gleichzeitig ergibt die Messung auch die Größe der inneren Kapazität  $C_i$ . Die Kenntnis der Größe von  $R_i$  und  $C_i$  und ihre Abhängigkeit

<sup>1)</sup> Eine Zusammenstellung mit weiteren Schrifttumsangaben findet sich bei J. Krönert, Meßbrücken und Kompensatoren, Bd. 1, S. 206 ff. Berlin, R. Oldenbourg 1935.

von der Zeit, Belastung und Frequenz ist nun nicht nur für die Untersuchungen der Batterie selbst, sondern auch für deren Verwendung von Wichtigkeit. Bei mehrstufigen Verstärkern hängt z. B. die Rückkopplung über die Batterien von  $R_i$  und  $C_i$  in der Weise ab, daß die Pfeifneigung mit größerem  $R_i$  und kleinerem  $C_i$  wächst. Ferner rührt die Frequenzabhängigkeit von Gleichstromverstärkern zum Teil von der Größe von  $R_i$  und  $C_i$  her.

1. Schaltung der Brücke

Um  $R_i$  und  $C_i$  auch im Leerlauf messen zu können, werden als Brückenverzweigungswiderstände Kondensatoren ( $C_1$  und  $C_2$ ) verwendet (Bild 1), die geeignete feste Werte erhalten. Mit Hilfe des Widerstandes  $R_N$  und der Kapazität  $C_N$  wird die Brücke abgeglichen. Die beiden Kondensatoren  $K$  sperren den Weg des Gleichstromes über die Wechselstromquelle.

2. Ableitung der Gleichgewichtsbedingungen

Die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  stellen die Verlustwiderstände der Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  dar. Es gilt nun:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_x}{Z_N} \quad (1) \quad \frac{1}{Z_x} = \frac{1}{R_x} + j \omega C_x \quad (4)$$

$$Z_1 = R_1 - \frac{j}{\omega C_1} \quad (2) \quad \frac{1}{Z_N} = \frac{1}{R_N} + j \omega C_N \quad (5)$$

$$Z_2 = R_2 - \frac{j}{\omega C_2} \quad (3)$$

Setzt man Gl. (2) bis (5) in (1) ein und trennt Real- und Imaginärteile, so erhält man die beiden Gleichungen:

$$R_1 + \frac{C_x}{C_1} = \frac{R_2}{R_N} + \frac{C_N}{C_2} \quad (6)$$

$$R_1 \omega C_x - \frac{1}{R_x \omega C_1} = R_2 \omega C_N - \frac{1}{R_N \omega C_2} \quad (7)$$

Erweitert man die Gl. (6) und (7) mit den Werten unter (a), subtrahiert die neuen Gleichungen und führt die folgenden Beziehungen ein:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_1 &= R_1 \omega C_1; & \operatorname{tg} \delta_2 &= R_2 \omega C_2; & \operatorname{tg} \delta_N &= \frac{1}{R_N \omega C_N}, \\ \operatorname{tg} \delta_2 &= R_2 \omega C_2; & \operatorname{tg} \delta_1 &= R_1 \omega C_1; & & \end{aligned}$$

so erhält man nach einigen Umformungen:

$$R_x = \frac{C_2 R_N}{C_1} \frac{\operatorname{tg}^2 \delta_1 + 1}{\operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} \delta_2 + 1 + \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_N} (\operatorname{tg} \delta_1 - \operatorname{tg} \delta_2)} \quad (8)$$

Durch die gleichen Operationen mit den Werten unter (b) ergibt sich:

$$C_x = \frac{C_1 C_N}{C_2} \frac{\operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} \delta_2 + 1 + \operatorname{tg} \delta_N (\operatorname{tg} \delta_2 - \operatorname{tg} \delta_1)}{\operatorname{tg}^2 \delta_1 + 1} \quad (9)$$

Mit Glimmer als Dielektrikum für die Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$ , das einen Verlustwinkel  $\operatorname{tg} \delta \leq 10^{-3}$  hat, kann man  $\operatorname{tg}^2 \delta_1$  und  $\operatorname{tg} \delta_1 \operatorname{tg} \delta_2$  gegen 1 vernachlässigen. Aus (8) und (9) ergeben sich dann die Gl. (10) und (11):

$$R_x = \frac{C_2 R_N}{C_1} \frac{1}{1 + \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_N} (\operatorname{tg} \delta_1 - \operatorname{tg} \delta_2)} = \frac{C_2}{C_1} R_N k_R, \quad (10)$$

$$C_x = \frac{C_1}{C_2} C_N [1 - \operatorname{tg} \delta_N (\operatorname{tg} \delta_1 - \operatorname{tg} \delta_2)] = \frac{C_1}{C_2} C_N k_C. \quad (11)$$

Für  $\operatorname{tg} \delta_1 = \operatorname{tg} \delta_2$  entstehen die Gl. (12) und (13), die aus dem Schaltbild ohne weiteres abgelesen werden können.

$$R_x = \frac{C_2}{C_1} R_N, \quad (12)$$

$$C_x = \frac{C_1}{C_2} C_N. \quad (13)$$

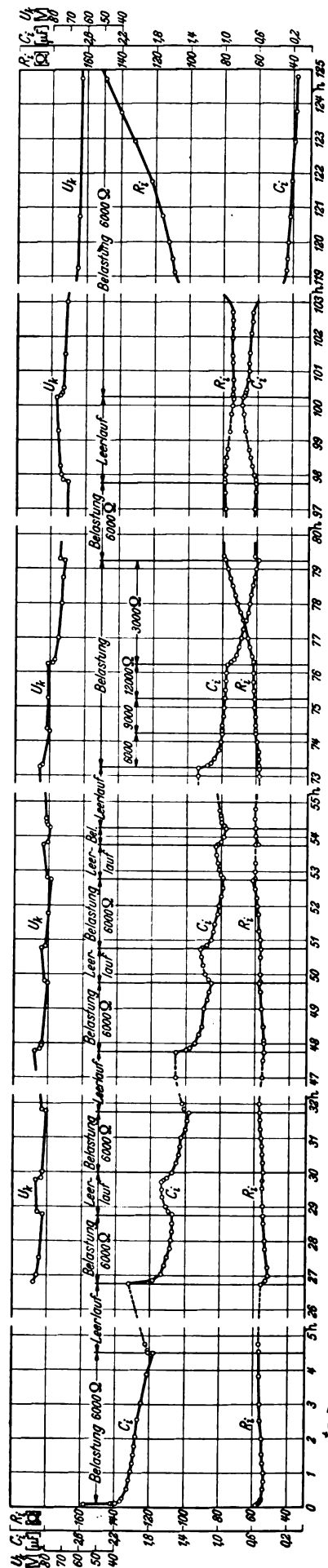


Bild 2. Innerer Widerstand  $R_i$ , innere Kapazität  $C_i$  und Klemmenspannung  $U_x$  einer 90 V-Trockenbatterie bei Leerlauf und verschiedener Belastung in Abhängigkeit von der Zeit t.

Ist also  $\text{tg } \delta_1 \neq \text{tg } \delta_2$ , so haben die Ausdrücke

$$k_R = \frac{1}{1 + \text{tg } \delta_N (\text{tg } \delta_1 - \text{tg } \delta_2)} \quad \text{und}$$

$$k_C = 1 - \text{tg } \delta_N (\text{tg } \delta_1 - \text{tg } \delta_2),$$

die in den Gl. (10) und (11) Korrektionsfaktoren darstellen, einen von 1 abweichenden Wert. Um sich darüber klar zu werden, bei welchen Werten von  $\text{tg } \delta_N = \frac{1}{R_N \omega C_N}$  sowie  $\text{tg } \delta_2$  diese Glieder berücksichtigt werden müssen, sind die Werte für  $k_R$  und  $k$  in Tafel 1 zusammengestellt.

Tafel 1. Korrektionsfaktoren.  
 $\text{tg } \delta_1 = 1 \cdot 10^{-3}$

$\text{tg } \delta_2$ $\text{tg } \delta_1$	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1
$k_R$							
0,01	10,000	1,667	1,250	1,000	0,952	0,926	0,918
0,02	1,820	1,250	1,161	1,000	0,975	0,962	0,957
0,05	1,220	1,087	1,042	1,000	0,990	0,984	0,982
0,10	1,100	1,042	1,020	1,000	0,995	0,992	0,991
0,20	1,047	1,020	1,010	1,000	0,998	0,996	0,995
0,50	1,018	1,008	1,004	1,000	0,999	0,998	0,998
1	1,009	1,004	1,002	1,000	0,999	0,999	0,999
2	1,005	1,002	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000
5	1,002	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
10	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
20	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
50	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$k_C$							
0,01	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,02	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,05	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,10	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,20	1,002	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,50	1,005	1,002	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000
1	1,009	1,004	1,002	1,000	1,000	0,999	0,999
2	1,018	1,008	1,004	1,000	0,999	0,998	0,998
5	1,045	1,020	1,010	1,000	0,998	0,996	0,995
10	1,090	1,040	1,020	1,000	0,995	0,992	0,991
20	1,180	1,080	1,040	1,000	0,990	0,984	0,982
50	1,450	1,200	1,100	1,000	0,975	0,960	0,955
100	1,900	1,400	1,200	1,000	0,950	0,920	0,910

Dabei ist  $\text{tg } \delta_1 = 10^{-3}$ , also verhältnismäßig groß, angenommen. Je kleiner  $\text{tg } \delta_1$  ist, um so mehr nähern sich die Korrektionsfaktoren dem Wert 1. Bei den Werten von  $\text{tg } \delta_N$ , bei denen  $k_R$  mit großer Annäherung gleich 1 ist, weicht  $k_C$  von 1 ab und umgekehrt. Nur für  $\text{tg } \delta_1 = \text{tg } \delta_2$  ist für alle Werte von  $\text{tg } \delta_N$   $k_R = k_C = 1$ .

Für die praktische Ausführung der Brücke ist also auf jeden Fall anzustreben, daß die Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  gleiche Verlustwinkel haben, um die Auswertung der Meßergebnisse entsprechend den Gl. (12) und (13) zu vereinfachen. Gegebenenfalls sind die Verlustwinkel durch zusätzliche Widerstände abzugleichen.

3. Meßbereiche, Genauigkeit und Empfindlichkeit

Bei der beschriebenen Brücke war  $C_1 = 0,5 \mu\text{F}$ .  $C_2$  war umschaltbar und betrug 0,05 bzw. 0,005  $\mu\text{F}$ , so daß die Brückenverhältnisse 1 : 10 bzw. 1 : 100 eingestellt werden konnten. Die Empfindlichkeit der Brücke betrug bei Verwendung eines Verstärkers im Nullzweig 0,05 %. Die Meßgenauigkeit, die von den verwendeten Normalien und den Widerständen in den Zuleitungen abhing, betrug für

$$R_x = 1\% \pm 0,01 \Omega,$$

$$C_x = 1\% \pm 0,001 \mu\text{F}.$$

Die Verlustwinkel der Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  waren so abgeglichen, daß die Korrektionsfaktoren zwischen 1 und 1,002 in dem bei normalen Batterien vorkommenden Bereich von  $\text{tg } \delta_N$  von 0,2 bis 20 lagen.

4. Meßergebnisse

Mit dieser Brücke wurde eine handelsübliche Anodenbatterie von 90 V im aussetzenden Betrieb bei verschiedenen Belastungen  $R_a$  untersucht. Die Meßfrequenz betrug 800 Hz. In Bild 2 sind die Ergebnisse aufgetragen. Die Klemmenspannung  $U_k$  wurde dabei aus  $R_a$  und  $I_a$  berechnet. Bemerkenswert erscheint die starke Änderung der Kapazität am Anfang der Meßreihe kurz nach dem Ein- bzw. Abschalten der Belastung. Die Änderung geht so schnell vor sich, daß man mit dem Abgleichen der Brücke kaum nachkommt. Im Laufe der Zeit werden diese Änderungen weniger ausgeprägt. Dafür treten die Änderungen des inneren Widerstandes stärker in Erscheinung. Über eine längere Zeit gesehen nimmt der Widerstand  $R$  zu, während die Kapazität  $C_i$  abnimmt.

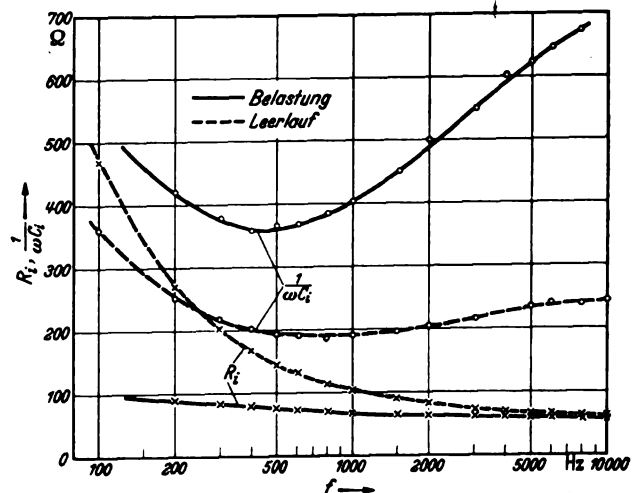


Bild 3. Wirk- und Blindanteil des inneren Widerstandes einer 90 V-Batterie in Abhängigkeit von der Frequenz bei Leerlauf und Belastung.

Ferner wurden  $R_i$  und  $C_i$  in Abhängigkeit von der Frequenz bei Leerlauf und Belastung gemessen und  $R_i$  und  $1/\omega C_i$  in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen (Bild 3). Die starke Frequenzabhängigkeit dieser beiden Größen kann so gedeutet werden, daß der Scheinwiderstand der Batterie nicht durch eine einfache Ersatzschaltung aus  $R$  und  $C$  dargestellt werden kann, sondern ein komplizierteres Gebilde darstellt, dessen Elemente selbst noch frequenzabhängige Komponenten besitzen.

Zusammenfassung

Es wird eine Meßbrücke zur Bestimmung des inneren Widerstandes und der inneren Kapazität von Trockenbatterien bei Leerlauf und Belastung beschrieben. Die Brückengleichungen werden abgeleitet. Meßbereich, Empfindlichkeit und Genauigkeit der Anordnung werden angegeben. Es wird gezeigt, welchen Bedingungen die Brücke für die Messungen an Batterien genügen muß und was die Brücke zu leisten vermag; danach werden an einer Trockenbatterie gemachte Messungen mitgeteilt. Für den inneren Widerstand und die innere Kapazität ergeben sich starke zeitliche und frequenzmäßige Abhängigkeiten.

Explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel

DK 621.313/-39:614.83

Tafel 2. Zünddurchschlagsgrenzen.

Gas bzw. Dampf	chem. Formel	Spaltweite in mm		
		Spaltlänge 25 mm*)		Spaltlänge 40 mm
Methan . . . . .	CH <sub>4</sub>	1,2	(1,15)	1,2
Wasserstoff . . . . .	H <sub>2</sub>	0	(0,15)	0
Äthylen . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,5		0,75
Kohlenoxyd . . . . .	CO	0,75		> 0,75
Wassergas . . . . .	CO + 10H <sub>2</sub>	0		0,1
Hexan . . . . .	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,8	(0,95)	1,2
Heptan . . . . .	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,6	(0,95)	0,9
Benzol . . . . .	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,8	(0,95)	1,1
Azeton . . . . .	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> CO	0,7		1,1
Äthyläther . . . . .	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	0,8	(0,95)	0,9

\*) Klammerwerte zum Vergleich aus ETZ 59 (1938) S. 1116, Tafel 2 u. 3.

Tafel 1. Explosionsdrücke.

Gas bzw. Dampf	chem. Formel	Gemisch d. vollst. Verbrennung		Explosionsdruck	
		*) Vol %	**)	kg/cm <sup>2</sup>	
Methan . . . . .	CH <sub>4</sub>	9,1	(9,5)	8,6	(6,7)
Wasserstoff . . . . .	H <sub>2</sub>	28,6	(29,6)	8,4	(6,7)
Äthylen . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	6,2	(6,54)	9,8	
Kohlenoxyd . . . . .	CO	28,6	(29,6)	8,7	
Wassergas . . . . .	CO + 10 H <sub>2</sub>	28,6	(29,6)	8,4	
Hexan . . . . .	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	2,1	(2,16)	9,6	(7,8)
Heptan . . . . .	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	1,8	(1,88)	9,6	(7,8)
Benzol . . . . .	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2,6	(2,72)	9,8	(8,0)
Azeton . . . . .	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> CO	4,8	(5,0)	9,6	
Äthyläther . . . . .	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O	3,2	(3,4)	9,8	(8,0)

\*) Nach Angabe des Verfassers.

\*\*\*) Aus den Verbrennungsgleichungen errechnete Gemische der vollständigen Verbrennung.

In Spalte 4 sind die höchsten Explosionsdrücke zusammengestellt. Die vom Verfasser angegebenen Werte sind ungewöhnlich hoch. Über ihre Entstehung sind keine näheren Angaben gemacht. Die in einem zylindrischen Gehäuse von 5 l Inhalt bei Zündung unter Atmosphärendruck in Deutschland gemessenen Höchstwerte sind zum Vergleich in Klammern angeführt<sup>1)</sup>. Höhere Drücke sind unter Umständen auch auf nicht geeignete Druckmeßeinrichtungen zurückführbar. Die französischen Schlagwettervorschriften schreiben einen Prüfdruck von 12 kg/cm<sup>2</sup> für druckfeste Gehäuse von mehr als 2 l Inhalt vor. Dieser Druck ist rund 50 % größer als der angegebene höchste Explosionsdruck von Methan-Luft-Gemischen und bietet auch die erforderliche Sicherheit für Dampf-Luft-Gemische aus Benzol und Äthyläther.

Wenn die Explosionsflammen aus einem Gehäuse durch enge Spalte nach außen treten, so wird eine Abkühlung hervorgerufen, die so weit getrieben werden kann, daß außenstehende explosive Gemische nicht gezündet werden. Die Grenzwerte der Spaltweiten sind in Tafel 2 zusammengestellt, die Versuchen von Beyling und Statham entnommen worden sind und die von Wheeler nachgeprüft wurden.

Explosionsgeschützte Betriebsmittel müssen drei Bedingungen erfüllen:

1. Die Explosionsflammen dürfen nicht zündend aus dem Gehäuse heraustreten,
2. die Gehäuse müssen dem höchsten Explosionsdruck standhalten,
3. die Gehäuse müssen so gebaut sein, daß nicht infolge von Unterteilungen höhere Explosionsdrücke auftreten.

1) H. Boisclair, Electricité 23 (1939) S. 116 u. 153; 15½ S., 23 B.  
2) S. a. ETZ 59 (1938) S. 1116, Tafel 2.

Bei explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln unterscheidet man zwei Bauarten: 1. Gehäuse mit Plattenschutz (dispositif de détente), 2. geschlossene Gehäuse (matériel fermé). Beim Plattenschutz müssen die einzelnen Platten mindestens 2 mm stark sein, die Spaltlänge muß mindestens 50 mm betragen, und die Spaltweite darf 0,5 mm nicht überschreiten. Die Gehäuse werden einer Druckprobe mit 8 kg/cm<sup>2</sup> an Stelle von 12 kg/cm<sup>2</sup> unterzogen. Bei geschlossenen Gehäusen muß die Spaltlänge an den Trennfugen zweier Gehäuseteile mindestens 25 mm betragen. Zwischen festen und beweglichen Teilen (z. B. Motorwellen) darf das radiale Spiel 0,5 mm bei einer Spaltlänge von 40 mm nicht überschreiten. Gehäuse bis 2 l Inhalt müssen einem Druck von 8 kg/cm<sup>2</sup>, größere Gehäuse einem Druck von 12 kg/cm<sup>2</sup> standhalten.

Bei einem Vergleich der französischen und englischen Schlagwettervorschriften mit dem Entwurf der deutschen Vorschriften VDE 0170 ist bemerkenswert, daß die vorgeschriebenen Prüfdrücke der deutschen Vorschriften kleiner sind als die der ausländischen. Das notwendige Maß an Sicherheit wird nach Ansicht des Verfassers in Deutschland durch eine Explosionsstückprobe erreicht. In Frankreich und England wird an jedem Stück eine Wasserdruckprobe durchgeführt mit einem Druck, der 50 % über dem höchsten Explosionsdruck liegt. Diese Bemerkung des Verfassers entspricht nicht ganz den Tatsachen. In Deutschland ist zwar eine Druckprobe an jedem Stück vorgeschrieben, über deren Art aber keine Vorschriften bestehen. Die Höhe des Prüfdruckes liegt in Deutschland ebenfalls mindestens 50 % höher als der höchstmögliche an praktischen Gehäusen gemessene Explosionsdruck, der infolge des nicht gasdichten Abschlusses z. B. bei Methan-Luft-Gemischen 5 at nicht übersteigt. In England ist die Druckprobe als Stückprüfung keine Vorschrift. Im allgemeinen kennen die französischen Vorschriften eine Ausführungsform, wie sie der deutschen Bauart „erhöhte Sicherheit“ entspricht, nicht. In Petroleumraffinerien können aber neben Motoren druckfester Bauart auch Käfigläufermotoren verwendet werden, wenn der Luftspalt gegenüber der normalen Ausführung vergrößert ist, die Erwärmung von 50° auf 40° herabgesetzt wird und die Isolationsprobe mit erhöhter Spannung [2U + 2000 V bzw. 1,5 (2U + 1000 V) statt 2U + 1000 V] durchgeführt wird. Bei der praktischen Ausführung von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln werden in Frankreich alle elektrischen Teile druckfest gekapselt, also auch Ölshalter, Öltransformatoren und sämtliche Klemmenkästen und Anschlußräume. Die Kabeleinführungen sind so ausgeführt, daß auch bei ihnen die vorgeschriebenen Spaltlängen der druckfesten Kapselung erfüllt werden. Die verschiedenen Ausführungsformen werden an einer Reihe von Beispielen besprochen. Es ist noch zu bemerken, daß die abgedruckten französischen Vorschriften nicht dem neusten Stand entsprechen. Die jetzt gültige Fassung trägt das Datum vom 17. 2. 1939. Mkw.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.935.1

**Bewährung der Petersenspule in Südafrika.** [Nach E. F. Rendell, Diskussion von B. Price, Trans. S. Afric. Inst. Electr. Engrs. 29 (1938) S. 343; 1½ S.]

Im Anschluß an den Bericht von E. F. Rendell über Betriebserfahrungen mit Petersenspulen in den 80- und 40 kV-Netzen der Victoria Falls and Transvaal Power Comp. stellt B. Price in der Diskussion zu dem Bericht der Petersenspule etwa folgendes Zeugnis aus: Der Wert der Petersenspule kann nicht mehr angezweifelt werden, nachdem sie im 40 kV-Netz der VFPC unter denkbar ungünstigen Bedingungen (schwere Gewitter, altes, teilweise schlecht isoliertes Netz, felsiges Hochland mit hohen Erdungswiderständen) befriedigend gearbeitet hat. Außer der Verhütung von Leitungsauslösungen bei einphasigen Überschlüssen wird der Wert der Spule auch besonders darin gesehen, daß sie bei Erdschlüssen an der Stationssammelschiene den sonst mit Sicherheit auftretenden Kurzschluß und damit den Ausfall der ganzen Station verhindert. Auch die Herabsetzung der Gefahr für das Bedienungspersonal bei Berührung einer Phase wird als wichtiges Argument für die Petersenspule genannt.

Damit dürfte auch für Südafrika, nachdem die Praxis gesprochen hat, der Schlußstrich unter eine jahrelange, von theoretischen Bedenken gespeiste Diskussion gesetzt sein.

B. Price empfiehlt, in Netzen mit 80 kV oder höherer Spannung jede Leitung durch eine besondere Spule zu kompensieren, in Mittelspannungsnetzen dagegen gebietweise abzustimmen. Da die für die Höchstspannungsnetze empfohlene Aufteilung der Spulen besondere Einrichtungen erfordert, die dafür sorgen, daß bei Abschaltung einer Leitung auch die zugehörige Spule — und damit auch, wenigstens bei Kurzschlußabschaltungen, ein Transformator — vom Netz getrennt wird, halten wir die bei uns auch in Höchstspannungsnetzen eingeführte gebietweise Kompensation für zweckmäßiger.

Weiter befaßt sich B. Price mit dem Erdseil, von dem er bei sehr schlechten Erdungsverhältnissen der Masten befürchtet, daß der bei Blitzschlag ins Erdseil vom Mast abzuleitende Blitzstrom u. U. zu mehrphasigen rückwärtigen Überschlüssen führen könnte, wogegen bei Leitungen ohne Erdseil bei Einschlag in eine Phase möglicherweise nur ein einphasiger Überschlag eintritt, der in kompensierten Netzen bedeutungslos ist. Versuche sollen zeigen, ob Leitungen mit oder ohne Erdseil bei den vorliegenden schwierigen Bodenverhältnissen günstiger sind.

Löschrohre (expulsion gaps) werden als verwendbares Hilfsmittel zur Verhütung mehrphasiger Überschläge an einzelnen 132 kV-Masten empfohlen, deren Erdungswiderstand nicht genügend klein gehalten werden kann. In Netzen kleinerer Spannung werden sie dagegen als allgemeiner Leitungser-oder Mastenschutz aus wirtschaftlichen Gründen verworfen.

W. Sr.

DK 536.2 : 621.315.21.001.57

**Erwärmung von Starkstromkabeln.** [Nach R. W. J. Mackay, J. Instn. Engrs. Austr. 11 (1939) S. 123; 9½ S., 9 B.]

Die Arbeit befaßt sich in der Hauptsache mit den bekannten Problemen der Wärmezeugung und Wärmeverteilung in Hochspannungskabeln und ihrer Berechnung. Dabei wird ein Verfahren zur Bestimmung des sogenannten „Form- oder geometrischen Faktors“, auch „thermischer Faktor“ genannt, von Kabelquerschnitten beschrieben. Diesen Faktor gewinnt der Verfasser durch Messungen an vergrößerten Querschnittsmodellen mittels eines Wechselstrombrückenverfahrens, wobei er sich des Prinzips bedient, daß der Wärmewiderstand eines bestimmten Kabelquerschnittes analog dem elektrischen Widerstand desselben Querschnittes ist, wenn man das Dielektrikum durch ein leitendes Medium ersetzt. Für die Brückenmessungen bei 1000 Hz ist in dem einen Brückenarm ein elektrolytisches Kabelmodell vorgesehen, das aus einem schwachen Elektrolyten aus Magnesiumsulfat bestimmter Konzentration besteht. Der Widerstand betrug praktisch für alle Querschnittsuntersuchungen angenähert 10 000 Ω. Die verwandte Außen-

elektrode aus Nickel oder nickelplattierten Kupferstreifen, die die innere Bleimanteloberfläche darstellte, hatte einen Durchmesser von 600 mm und wurde mittels Klammern auf dem Elektrolytbehälter, dessen Glasboden zum richtigen Justieren der Modelle ein eingraviertes Polarkoordinatensystem aufwies, festgehalten. Alle Messungen bezogen sich auf diese Elektrode als „Außenmantel“ und auf eine zweite dazu konzentrische von 100 mm Dmr. Die geometrischen Eigenschaften (Widerstand des zu untersuchenden Querschnittes) berechnen sich dann nach folgender Formel:

$$R_E = C \ln \frac{D}{d}$$

wobei  $D$  und  $d$  die Elektrodendurchmesser und  $C$  eine vom Elektrolyten abhängige Konstante sind. Die Bezeichnung  $\ln \frac{D}{d}$  ist dann der Formfaktor des Bezugskabelquerschnittes.

Unter Verwendung der Außenelektrode von 600 mm Dmr. wurden Metallprofile (Modelle) von Sektor- und Ovalleitern für Erdkabel und nicht geerdete neutrale Kabel für 2 bis 11 kV Betriebsspannung hergestellt und deren Formfaktoren bestimmt. Dazu gibt der Verfasser nähere Angaben über die Durchführung solcher Messungen und ihre rechnerische Auswertung. *itt.*

### Elektromaschinenbau

DK 621.313.1.017.71

**Mathematische und experimentelle Untersuchungen über die Erwärmung elektrischer Maschinen.** [Nach M. Mori, Mem. Fac. Engrg., Hokkaido 5 (1939) H. 2.]

Die Wärmeabfuhr bei elektrischen Maschinen erfolgt sowohl in axialer als auch in radialer Richtung. Es ist daher nicht immer zulässig, das Erwärmungsproblem eindimensional zu behandeln. Besonders bei sehr großen und langen Maschinen mit tiefen Nuten müssen zur Berechnung der Temperaturverteilung

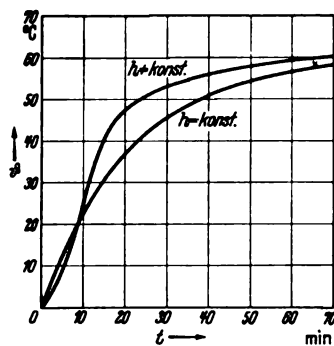


Bild 1. Temperaturanstieg in Abhängigkeit von der Zeit.

beide Richtungen berücksichtigt werden. Der Verfasser gibt einen verhältnismäßig einfachen Rechnungsgang an, der die Bestimmung der Temperaturverteilung im Joch, in den Zähnen und in der Wicklung gestattet. Es wird dabei der Einfluß der Nutformen und der Stromverdrängung auf das Temperaturgefälle in den verschiedenen Achsenrichtungen berücksichtigt. Zur Berechnung der Temperaturverteilung im Innern des in Nuten liegenden Teiles der Wicklung verwendet der Verfasser die Greensche Potentialfunktion. Er erhält so die genaue Lage des wärmsten Punktes sowie die mittlere Temperatur der Wicklung. Das Wandern des wärmsten Punktes in Abhängigkeit von der Belastung wird gezeigt.

Einen großen Teil der Arbeit nimmt die Untersuchung der Wärmeabgabefaktoren von ebenen und zylindrischen Flächen ein. Der Mechanismus der Wärmeabfuhr wurde experimentell eingehend untersucht. Es ergab sich dabei folgendes:

1. Die Wärmeabgabefaktor wächst mit steigender Oberflächentemperatur und erreicht einen Endwert ähnlich einem Sättigungszustand.
2. Senkrechte Flächen kühlen infolge der sich einstellenden natürlichen Luftströmung besser als waagerechte Flächen.
3. Bei zylindrischen Flächen ist die Wärmeabgabefaktor abhängig vom Durchmesser des Zylinders.

Die Wärmeabgabe durch Leitung und Konvektion wurde durch photographische Aufnahmen sich in der Kühlluft bildender Schlieren sichtbar gemacht. Es zeigte sich, daß die Wärmeabgabe durch Konvektion nicht unmittelbar an der Oberfläche selbst stattfindet, sondern erst etwa in einem Abstand von



3 bis 4 mm. Innerhalb dieses Bereiches geht die Wärme durch Leitung über. Die Stärke  $h$  dieser Leitungsschicht ist von der Oberflächentemperatur abhängig. Die Temperaturverteilung in der Kühlluft wurde gemessen und zeigte einen annähernd exponentiellen Verlauf. Die Leitungsschichtstärke strebt mit wachsender Oberflächentemperatur einem Grenzwert zu, woraus sich der Sättigungscharakter der Funktion  $h = f(\vartheta)$  erklärt. Man kann näherungsweise dafür ansetzen:

$$h = h_0 (1 - e^{-\alpha\vartheta}) \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (1)$$

Die Newtonsche Wärmebilanzgleichung liefert für den Temperaturanstieg eines homogenen Körpers, konstante sekundlich erzeugte Wärme und konstante Wärmeabgabebeiziffer vorausgesetzt, die bekannte Differentialgleichung:

$$\frac{d\vartheta}{dt} + \frac{h \cdot O}{cG} \vartheta = \frac{Q}{cG} \quad (2)$$

Die Integration dieser Gleichung ergibt einen rein exponentiellen Temperaturanstieg:

$$\vartheta = \vartheta_e (1 - e^{-t/T}), \text{ wobei } T = \frac{cG}{h \cdot O} \text{ ist.} \quad (3)$$

Die experimentell aufgenommenen Erwärmungskurven von elektrischen Maschinen zeigen einen mehr oder weniger davon abweichenden Verlauf. Führt man jedoch an Stelle der konstanten Wärmeabgabebeiziffer den Ausdruck der Gl. (1) in die Differentialgleichung ein und setzt:

$$\frac{cG}{h_0 \cdot O} = T_0 \text{ und } \frac{Q}{h \cdot O} = \vartheta_e, \text{ dann ergibt sich:}$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} + \frac{1}{T_0} (1 - e^{-\alpha\vartheta}) \vartheta = \frac{\vartheta_e}{T_0} \quad (4)$$

Hieraus folgt:

$$\int \vartheta_e - (1 - e^{-\alpha\vartheta}) \vartheta = \frac{t}{T_0} \quad (5)$$

Die Integration durch Reihenentwicklung liefert:

$$\frac{t}{T_0} = -\ln \left[ 1 - \frac{(1 - e^{-\alpha\vartheta}) \vartheta}{\vartheta_e} \right] + \left[ \frac{\vartheta}{\vartheta_e} \right] e^{-\alpha\vartheta} - \frac{1}{2} \left[ \frac{\vartheta}{\vartheta_e} \right]^2 + \dots \quad (6)$$

Aus Gl. (6) kann jetzt der Temperaturanstieg  $\vartheta = f(t)$  graphisch ermittelt werden.

In Bild 1 sind zwei Erwärmungskurven gezeichnet und zwar für  $h = \text{konst.}$  und für  $h = f(\vartheta)$ . Man sieht, daß sich die Kurve für  $h = f(\vartheta)$  dem aus Messungen bekannten Verlauf des Temperaturanstieges besser angleicht als die reine Exponentialfunktion. *Plt.*

DK 621.314.65 : 621.313.333.077.65

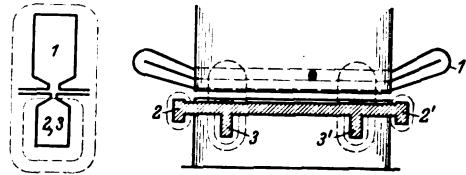
**Regelung von Asynchronmotoren mittels Stromrichter.** [Nach R. Savagnone, L'Electrotecnica 26 (1939) S. 342; 7 S., 22 B.]

Von den verschiedenen Möglichkeiten der Verwendung von Stromrichtern für die Regelung von Motoren werden zwei Fälle behandelt, bei denen normale Asynchronmotoren mit Schleifringläufern verwendet werden. Beide Male werden in den Läuferkreis gittergesteuerte Gleichrichter geschaltet. Im ersten Fall wird der Stromrichter gleichstromseitig einfach kurzgeschlossen. Die Regelung des Motors erfolgt mit Hilfe der Gittersteuerung dieses kurzgeschlossenen Gleichrichters. Die experimentelle und rechnerische Behandlung dieser Regelungsart zeigt, daß bei stärkerer Aussteuerung des Gleichrichters nicht nur der Leistungsfaktor ziemlich niedrig wird, sondern daß auch das vom Motor entwickelte Moment stark zurückgeht. Außerdem ist der Motor nicht gut ausgenutzt. Wesentlich günstigere Ergebnisse erhält man im zweiten Fall, bei welchem der Gleichrichter einen Gleichstrommotor speist, der seinerseits, wie bei der bekannten Krämer-Kaskade, entweder mit dem Hauptmotor oder mit einem besonderen Drehstromgenerator gekuppelt wird. Für die Drehzahlregelung besteht jetzt außer der Gittersteuerung des Gleichrichters noch die vorteilhaftere Möglichkeit der Veränderung des Feldes des Gleichstrommotors, die weder eine Verschlechterung des Leistungsfaktors noch eine Verringerung des Momentes des Asynchronmotors zur Folge hat. Entsprechend dieser günstigeren Eigenschaften hat die letztere Anordnung die größeren Aussichten auf eine industrielle Verwendung. *M. St.*

DK 621.313.333

**Ein neuer Asynchronmotor. Doppelkäfigmotor mit einem Käfig.** [Nach J. Takeuchi, Elektrot. J., Tokio 3 (1939) S. 127; 4 1/2 S., 11 B.]

Bei dem vom Verfasser erfundenen Doppelkäfigmotor mit nur einem Käfig handelt es sich um einen Käfigläufer üblicher Bauart mit zusätzlichen Kurzschlußringen 3,3' (Bild 2), die mit



- 1 Ständerwicklung
- 2, 2' äußere Kurzschlußringe
- 3, 3' innere Kurzschlußringe

Bild 2. Anordnung der Wicklungen.

im Läuferisenkörper eingebettet sind. Während die äußeren Kurzschlußringe 2,2' mit hohem Widerstand ausgeführt werden und infolge ihrer Lage in Luft eine geringe Selbstinduktion haben, erhalten die zusätzlichen inneren Kurzschlußringe geringen Widerstand, und ihre Selbstinduktion ist hoch, da sie in Eisen liegen. Eine induktive Beeinflussung der Ständerwicklung durch die Ringe erfolgt nicht. Der Motor erfordert, da er nur einen Käfig und einfache Nuten hat, weniger Kupfer und Eisen; der Läuferdurchmesser kann kleiner gehalten werden. Durch Verlagern der inneren Kurzschlußringe kann die Selbstinduktion des Zusatzkreises geändert werden. Der Aufbau und die Herstellung werden wesentlich vereinfacht. — Die Theorie des Motors wird erläutert und die Motorkurven gezeigt sowie die Meßergebnisse an einem 4poligen 10 PS-Versuchsmotor in Kurvenform gebracht. *Wh.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.791

**Ein empfindlicher Strom- und Spannungsschreiber für 50 bis 10 000 Hz.** [Nach H. F. Grave, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 2, S. 61; 22 S., 29 B.]

Das beschriebene Gerät ist als Tintenschreiber mit Drehspulmeßwerk und Trockengleichrichter gebaut. Frequenzänderungen gegenüber zeigt es ein vom Üblichen abweichendes Verhalten, als dessen Ursache die durch das große Drehmoment bedingte hohe Meßwerksinduktivität angesehen werden muß. Der Beweis dafür wird in einer eingehenden Untersuchung erbracht, die folgende Ergebnisse lieferte: Der Frequenzfehler  $F$  kann als die Differenz eines durch die Schaltung bedingten „Effektivwertfehlers“  $g$  und eines im wesentlichen durch die Meßwerksinduktivität hervorgerufenen Kurvenformfehlers  $h$  dargestellt werden ( $F = g - h$ ). Im Fall der „Stromgleichrichtung“ läßt sich  $g$  an Hand eines vereinfachten Ersatzschaltbildes der Graetzschaltung errechnen; der Wert ist positiv. Die Rechnung stimmt gut mit der Messung überein. Da  $h$  negativ ist, ergibt sich ein großer positiver Gesamtfehler. Bei „Spannungsgleichrichtung“ sind  $g$  und  $h$  positiv und von solcher Größe, daß ein negativer Gesamtfehler auftritt. Die Beseitigung des Fehlers erfolgt durch ein Kompensationsglied oder Anwendung besonders bemessener Vor- oder Nebenwiderstände. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich auch bei der Frequenzfehlerkompensation anderer Bauarten von Gleichrichterinstrumenten verwerten.

Bei der Beschreibung der übrigen Eigenschaften bringt der Verfasser u. a. eine einfache Darstellung der Temperaturabhängigkeit und des Skalenproblems.

DK 621.317.755

**Hochleistungsoszillograph mit abgeschmolzener Braunscher Röhre.** [Nach B. v. Borries u. E. Ruska, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 2, S. 106; 9 S., 12 B.]

Als Ergebnis der für den Hochleistungs-Kathodenstrahl-oszillographen an verschiedenen Stellen geleisteten langjährigen Entwicklungsarbeiten steht heute der Praxis eine Reihe handelsüblicher Geräte zur Verfügung. Die Leistungsfähigkeit dieser Oszillographen genügt zur Erfassung selbst der schnellsten elektrischen Vorgänge, jedoch ist der Aufwand für die Beschaffung und den Betrieb dieser an der Pumpe hängenden Geräte beträchtlich.

Es wurde daher ein mit abgeschmolzener Braunscher Röhre arbeitender Kathodenstrahl-oszillograph entwickelt, dessen Meßleistung ebenfalls zur Bewältigung der äußersten meßtechnischen Aufgaben ausreicht, der aber den Vorteil der besseren Orts-

beweglichkeit sowie der leichteren Bedienung bietet und damit von weniger besonders vorgebildeten Kräften benutzt werden kann. Zur Lösung der Aufgabe mußte die Strahlleistung der abgeschmolzenen Röhre gegenüber den Röhren der bisher bekannten kommerziellen Kathodenstrahloszillographen ohne schwerwiegende Einbuße an Meßempfindlichkeit um mehr als zwei Größenordnungen verbessert werden. Das Gerät arbeitet mit Außenaufnahme mittels Kamera und Linse. Die Braunsche Röhre gesteigerter Strahlleistung wurde in einer zweiten Ausführung als Projektionsrohr ausgebildet. Der mit ihr ausgestattete Demonstrations-Kathodenstrahloszillograph erlaubt, auch in den größten Hörsälen elektrische Vorgänge bis zu Tonfrequenzen hinauf als einmalige Vorgänge zu projizieren.

### Elektrowärme

DK 621.32 : 621.365.9

**Trocknung mit Infrarotstrahlung.** [Nach L. S. Ickis jr. u. H. Haynes, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 145; 5 S., 12 B.]

Zum Trocknen von Farbanstrichen, Lacken u. dgl. mittels infraroter Strahlung werden in der amerikanischen Industrie Glühlampen verwendet. Die hierfür benutzten Lampen haben eine Leistungsaufnahme von 250 W; sie werden bei einer Farbtemperatur von 2500° K betrieben und erreichen hierbei eine Lebensdauer von etwa 10 000 bis 20 000 Stunden. Zur Richtung der Strahlung dienen Parabolreflektoren; als Reflektorwerkstoff hat sich am besten eine Goldplattierung oder die unter der Bezeichnung „Alzak“ bekannte Aluminiumlegierung bewährt. Die Anordnung der Reflektoren richtet sich nach der Größe des zu trocknenden Gegenstandes. Große Teile werden in einen Tunnel eingebracht, dessen Innenwände mit den Reflektoren besetzt sind. Auf diese Weise werden auch lackierte Stahlblechkarosserien für Kraftwagen getrocknet. Bei kleinen Gegenständen, die auf dem Förderband getrocknet werden, ordnet man die Reflektoren über dem Band an und läßt sie Pendelbewegungen ausführen, um eine völlig gleichmäßige Einwirkung der Strahlung zu erzielen. Die Temperaturen liegen im allgemeinen in der Größenordnung von 120 bis 150° C, der Zeitbedarf gegenüber der Ofentrocknung beträgt nur etwa ein Drittel. Als weitere Anwendungsbereiche werden die Trocknung von photographischen Drucken und Blaupausen, die Entfernung von Wasser aus gewaschenen Metallteilen und die Trocknung gefärbter Oberflächen vor dem Brennen bei der Porzellanemaillierung angeführt. Die Vorteile des Verfahrens liegen in seiner Beweglichkeit, in der Raum-

ersparnis sowie darin, daß dabei keine längere Anwärmezeit nötig ist und weder starke Belüftung noch besonderer Wärmeschutz gegen die Umgebung erforderlich werden. *Frh.*

DK 621.365.4 : 629.123

**Elektrische Heizung für Handelsschiffe.** [Nach H. C. MacEwan, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 421; 13½ S., 2 B., Disk. 13½ S.]

Die Probleme und Berechnungsunterlagen für die elektrische Schiffsraumheizung werden zusammenfassend behandelt. Wärmeverluste treten hauptsächlich auf durch Luftwechsel in den Räumen (je nach Außentemperatur und Verwendungszweck des Raumes 3- bis 10facher Luftwechsel) und durch unbedeckte Eisenwände. Bei ruhender Luft rechnet der Verfasser mit einem Wärmeverlust durch Eisenwände von 5 kcal/m<sup>2</sup>h°C. Diese Verlustziffer, die zwischen 2 und 10 kcal schwankt, ist tabellenmäßig für verschiedene Witterungsbedingungen und Wärmeisolationen angegeben. Die Heizwirkung der elektrischen Beleuchtung in großen Gemeinschaftsräumen beträgt bis zu einem Drittel der erforderlichen elektrischen Heizleistung. Luftschleuzer werden wegen ihrer geringeren Feuersgefahr den Strahlungsheizkörpern vorgezogen. Bestrebungen nach eindeutigen Vorschriften für Heiztemperaturen und deren Prüfung an Bord stoßen auf Schwierigkeiten infolge des Einflusses der Luftfeuchtigkeit, des Luftwechsels im Raum und der verschiedenen Temperaturverhältnisse zwischen Innen- und Außen-

luft. Ausgeführte Anlagen erweisen sich als recht betriebssicher; nach fünfjähriger Betriebszeit waren weniger als 1% der Heizkörper erneuerungsbedürftig. Ein Berechnungsbeispiel für ein kleines Passagierschiff ergänzt den Aufsatz. *R. Ht.*

### Verkehrstechnik

DK 621.33(494)

**Die Entwicklung der elektrischen Zugförderung mit Einphasenwechselstrom in der Schweiz (Rückblick auf die letzten Jahre).** [Nach C. Bodmer, Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 611; 16 S., 21 B.]

Der elektrische Zugbetrieb mit Einphasenwechselstrom in der Schweiz ist 25 Jahre alt. Heute sind 75% der Linien der Schweizer Bundesbahn elektrisiert, auf denen 85% der Züge mit 92% der Tonnenkilometer verkehren. Ursprünglich wurden für Reisezüge in der Ebene Lokomotiven mit drei Treibachsen, für Güterzüge solche mit vier Treibachsen verwendet, auf den Bergstrecken stärkere Lokomotiven mit vier und sechs Treibachsen. Später begann man damit, auch Triebwagen zu bauen. — Die wichtigsten Bauarten der Schweizer Lokomotiven haben die Achsfolge 2'Co1' und 2'Do1', von denen 252 Stück vorhanden sind. Der elektrische Teil der Lokomotiven besteht aus der üblichen Bauart: Stromabnehmer, Ölshalter, Transformator mit Steuerung und Fahrmotoren. Letztere arbeiten über die Buchli-Kupplung auf die Treibachsen. Die Stundenleistung je Motor beträgt 610 kW. Versuchsweise hat ein Teil dieser Motoren eine konzentrierte Kompensationswicklung erhalten, die auf den Wendepolen sitzt. — An Triebwagen verwenden die SBB vorwiegend den einteiligen „Roten Pfeil“ ( $V_{\max} = 125$  km/h), ferner einen dreiteiligen Triebzug ( $V_{\max} = 160$  km/h) und den Zweiwagenzug „Pfeil des Jura“ ( $V_{\max} = 110$  km/h), Steigungen bis zu 27‰. — Auf dem Lötschberg werden schwere Doppellokomotiven der Achsfolge 1CC1 (Stundenleistung 3800 kW) verwendet. Auf dem Gotthard laufen ähnliche

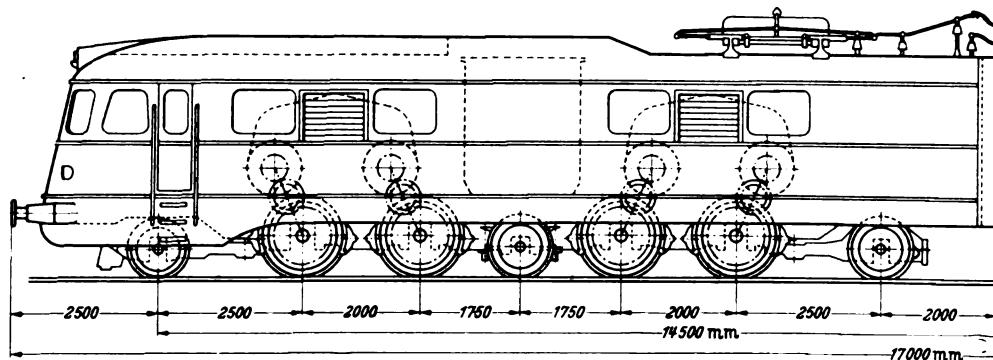


Bild 3. Hälfte der Gotthard-Lokomotive. 1' Bo 1 Bo 1' + 1' Bo 1 Bo 1'.

Doppellokomotiven von höherer Leistung: Achsfolge 1' Bo 1 Bo 1' + 1' Bo 1 Bo 1', gesamte Stundenleistung rd. 9000 kW. Jede Treibachse wird von zwei Motoren über Zwischenräder angetrieben. Die Motoren sitzen also hoch im Innern der Lokomotive (Bild 3). Der Antrieb hat sich sehr bewährt. — Fahrmotoren: Bei Stundenleistung beträgt die transformatorische EMK bis zu 3 bis 4 V. Im Anker wird je Polpaar eine ungerade Anzahl halbgeschlossener Nuten untergebracht; die Wicklung ist eine einfache Schleifenwicklung mit Äquipotentialverbindungen. — Transformatoren erhalten Ölkühlung. Bei einigen Triebwagentransformatoren von 950 kVA ist zwecks gleichmäßiger Spannungsregelung die Niederspannungswicklung als Spirale gewickelt, von der mittels Kontaktrolle eine gleichmäßig steigende Spannung abgenommen werden kann. — Nach kurzen Ausführungen über die Hilfseinrichtungen (Steuerstromkreise, Fahrtwender, Starkstromkreise) geht der Verfasser auf die Laufleistungen ein: Die Kommutatoren werden alle drei Jahre ohne Zwischenuntersuchung anlässlich der Hauptuntersuchungen überholt. Je nach der Bauart der Lokomotive beträgt die Laufleistung 120 000 bis 240 000 km zwischen zwei Hauptausbesserungen (40 000 bis 80 000 km je Jahr). Im Mittel ersetzt eine elektrische Lokomotive rund zwei Dampflokomotiven. Die dreiteiligen Triebwagen kommen auf 20 000 km im Monat. — Ortsfeste Anlagen: Die gesamte Energie wird durch Wasserkraft erzeugt. Die wichtigsten Anlagen werden beschrieben. Der Aufsatz enthält zahlreiche Tafeln und Bilder. *Ko.*

DK 621.335.2 (73)

**Betriebseigenschaften der neuen 3650 PS-Lokomotiven der New-Haven-Bahn.** [Nach F. Konn u. F. H. Craton, Electr. Engng. 58 (1939) Trans. S. 212; 6 S., 8 B.]

Im Juni 1938 wurden auf der New-Haven-Bahn 6 neue 2' Co Co 2' Lokomotiven von 3650 PS Dauerleistung in Betrieb gesetzt, die eine Fortentwicklung der 1931 beschafften Lokomotiven gleicher Achsfolge von 2840 PS Dauerleistung darstellen. Wie diese können sie sowohl mit Wechselstrom von 25 Hz, 11 000 V, als auch mit Gleichstrom von 600 V arbeiten. Sie befördern Schnellzüge von 1200 t zwischen New Haven und New York (Pennsylvania oder Central Station). Der Unterschied gegenüber den älteren Lokomotiven liegt vor allem in einer wesentlich größeren Überlastbarkeit der Fahrmotoren, auf die hier besonderer Wert gelegt wurde, weil Steigungen bis zu 15‰<sub>00</sub> zu überwinden sind, und weil zahlreiche Streckenpunkte nur mit verminderter Geschwindigkeit durchfahren werden dürfen, so daß großes Beschleunigungsvermögen wichtig für die Kürzung der Fahrzeit ist.

Abgesehen von anderen Verbesserungen, auf die auch in der Arbeit nicht genauer eingegangen wird, stand daher im Vordergrund das Bestreben, die Überlastungsfähigkeit der Motoren zu heben. Man verbesserte daher die Lüftung und Kühlung mit dem Ziel, eine möglichst gleichmäßige Wärmebeanspruchung in allen Teilen der Motoren zu erreichen, und behandelte besonders die Kommutierung. Wie in Amerika vielfach üblich, gab man hierzu dem Hauptfeld eine Anzapfung, um mit geschwächtem Feld anfahren zu können, und machte auch das Wendefeld umschaltbar. Es wird also mit drei Stufen gefahren: Bei Geschwindigkeiten unter 16 km/h ist das Hauptfeld geschwächt und bei einer Grenze, die für kleine Ströme etwa 110 km/h, für große rd. 65 km/h beträgt, wird das Wendefeld umgeschaltet. Die Höchstgeschwindigkeit ist 129 km/h. Dies stellt immerhin schon eine Vereinfachung gegenüber anderen amerikanischen Wechselstromlokomotiven dar, weil die Anzahl der Wendefeldstufen vermindert ist. Die Umschaltung geschieht selbsttätig. Hierzu ist ein neues Relais entwickelt worden, das Phasenwinkelrelais genannt wird und nur von Strom und Geschwindigkeit abhängig sein soll. Genauer wird es nicht beschrieben. Das richtige Arbeiten der Umschalteinrichtung wird vom Fahrer überwacht; hierzu dienen 3 auf dem Führerstand angebrachte Signallampen, die die Stellung der 3 Umschaltschütze anzeigen. Ferner wird die Umschalteinrichtung besonderen regelmäßigen Untersuchungen unterworfen. Eine Reihe von Diagrammen, die mit dem Meßwagen bei Probefahrten aufgenommen wurden, beweist das einwandfreie Arbeiten der Lokomotiven. Tf.

**Fernmeldetechnik**

DK 621.397

**Der Empfang positiver Bilder bei bildtelegraphischen Übertragungen.** [Nach W. Heintze und H. Schönfeld, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 87; 4½ S., 8 B.]

In der Bildtelegraphie ist bei der Übertragung getönter Bilder bisher nur mit einem ungefähr tonwertrichtigen Negativempfang gearbeitet worden. Durch den nachfolgenden Kopierprozeß hatte man es in der Hand, störende Tonwertabweichungen weitgehend auszugleichen. Der Positivempfang dagegen, der gegenüber dem Negativempfang den Vorteil hat, daß auf der Empfangsseite ein photographischer Prozeß wegfällt, stellt an die Tonwertrichtigkeit der Übertragung bedeutend höhere Ansprüche. Eine Tonwertfälschung auf photographischem Wege zu verbessern ist hier kaum möglich, da die Tonwerte sich erst am fertig entwickelten Bild beurteilen lassen.

Durch das Abtastverfahren auf der Sendeseite einerseits und die Eigenschaften des photographischen Empfangspapiers andererseits ist eine bestimmte Abhängigkeit zwischen Empfangsspannung und Belichtung festgelegt, die zur Erzielung eines tonwertgetreuen Positivempfangs möglichst genau eingehalten werden muß. Der erforderliche Zusammenhang zwischen Belichtung und Spannung kann entweder durch optische Verzerrung mit Hilfe des Lichthahns oder auf elektrischem Wege durch entsprechende Verzerrung der Spannung im Empfangsverstärker verwirklicht werden. Als zweckmäßig hat sich eine Kombination beider Verfahren erwiesen. Für eine tonwertrichtige Übertragung ist neben der Verwendung eines bestimmten Empfangspapiers auch die Anwendung eines bestimmten Entwicklungsverfahrens Vorbedingung.

Da die hochempfindlichen Empfangspapiere einen geringeren Schwärzungsumfang haben als die Kopierpapiere, die

als Sendevorlage benutzt werden, kann es vorkommen, daß von stark kontrastreichen Sendebildern ein völlig tonwertgetreuer Empfang nicht zu erhalten ist. Man müßte dann auf Feinheiten entweder in den helleren Bildteilen oder in den Schatten verzichten. Zweckmäßiger ist es jedoch, die erforderliche Verringerung des Schwärzungsumfanges durch Kontrastminderung in den Mitteltönen herbeizuführen, da hier eine Verringerung der Feinheiten am wenigsten stört. Die Kennlinie „Belichtung-Empfangsspannung“ muß daher ein gewisses Anzeichen an den Schwärzungsumfang des Sendebildes gestatten. Dies geschieht dadurch, daß man mit Hilfe eines Potentiometers die elektrische Verzerrung ändert. Umgekehrt ist es dann auch möglich, von einer flauen Bildvorlage durch Auseinanderziehen des Schwärzungsumfanges eine kontrastreichere Wiedergabe zu erhalten, das Bild also durch die Übertragung zu verbessern. Im Gegensatz zu dem bisherigen Übertragungsverfahren, bei dem zur Einstellung des Empfangsverstärkers nur die Übermittlung von Bildweiß erforderlich war, ist dann allerdings vor der Übertragung das Einstellen auf die hellste und die dunkelste Bildstelle der Sendevorlage erforderlich. BII.

DK 538.561.029.63 : 621.385.2

**Die Erzeugung von Dezimeterwellen mittels Zweipolröhren.** [Nach F. B. Llewellyn u. A. E. Bowen, Bell Syst. techn. J. 18 (1939) S. 280; 12 S., 7 B.]

In der Arbeit werden technische Einzelheiten über den Aufbau von Zweipolröhren zur Erzeugung von 10 cm-Wellen mitgeteilt. Die Möglichkeit der Verwendung von Zweipolröhren zur Schwingungserzeugung beruht bekanntlich<sup>1)</sup> darauf, daß solche Röhren wie ein negativer Widerstand wirken, wenn die Elektronenlaufzeit zwischen Kathode und Anode im Winkelmaß

durch die Beziehung  $2 n \pi + \frac{\pi}{2}$  ( $n = 1, 2, 3$  usw.) darstellbar ist. Allgemein muß dann gelten  $\Phi = \frac{A x}{\lambda \sqrt{u_0}} = 2 n \pi + \frac{\pi}{2}$ ,

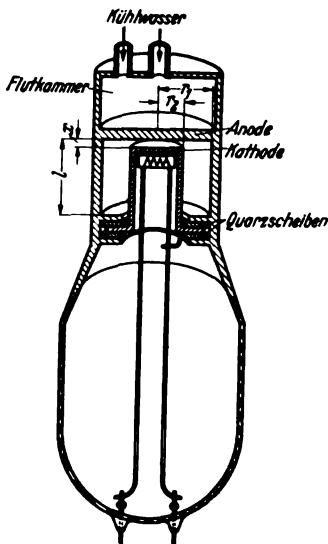


Bild 4. Aufbau der Zweipolröhre zur Erzeugung sehr kurzer Dezimeterwellen.

wenn  $\Phi$  die Laufzeit im Winkelmaß und  $A$  ein Festwert ist, der bei Vernachlässigung einer Raumladung 6300 und bei der Annahme größtmöglicher Raumladung 9500 beträgt. Da dieser negative Widerstand sehr klein, die dämpfende Wirkung der Röhre also nicht groß ist, müssen die äußeren Schwingkreise weitgehend verlustfrei sein. Wegen ihrer verschwindend kleinen Strahlungsverluste eignen sich zu Schwingkreisen besonders Hohraumresonatoren und gleichachsige Rohrsysteme mit kapazitiver Abstimmung. Die glückliche Vereinigung eines Rohrsystems mit der Zweielektrodenanordnung zu einem einheitlichen Sender zeigt Bild 4. Der Abstand der Anode von der Kathode

( $x$ ), der die Elektrodenkapazität bestimmt, muß im Resonanzfall die Bedingung:

$$x = \pi r_2^2 \ln \frac{r_1}{r_2} \frac{1}{\lambda} \operatorname{tg} \frac{2 \pi h}{\lambda} \quad (1)$$

erfüllen, wenn  $\lambda$  die Resonanzwellenlänge ist; der im Fall, wo die Laufzeit die eingangs genannte Bedingung erfüllt, zur Wirkung kommende negative Widerstand hat die Größe

$$w = - \frac{1,4 \lambda^4 i_0}{10^9 \pi r_2^2} \frac{(4 n + 1)}{5} \Omega;$$

dabei ist  $i_0 = \frac{2,33}{10^6} \frac{u_0^{3/2}}{x^2}$  in A/cm<sup>2</sup>.

1) Hochfrequenztechn. 43 (1934) S. 195.

wenn  $u_0$  die Spannung zwischen Anode und Kathode ist. Dieser Widerstand bestimmt die zulässige Größe der Verlustwiderstände. Zur Fortleitung der Schwingungsenergie lassen sich am besten Röhren benutzen, die der Wellenlänge entsprechend<sup>1)</sup> bemessen sind. Die Vereinigung einer Zweipolröhre der beschriebenen Art mit einer solchen Röhre veranschaulicht Bild 5. Die durch Kopplung in den Heiz-

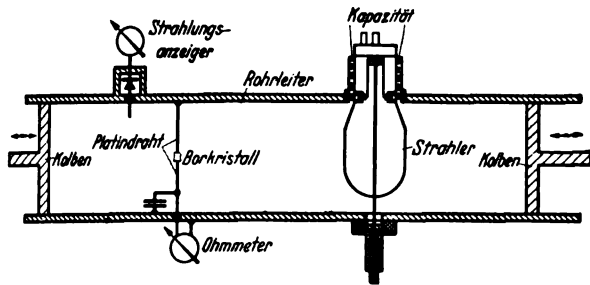


Bild 5. Kopplung der Zweipolröhre mit Rohrleiter und Leistungsmessung.

Die Bedingung für die maximale Scheinleistung interessiert im allgemeinen nicht im gleichen Maße, weil sie, wie bemerkt, nicht mit der oft gebrauchten „reflektionsfreien“ Bedingung  $L' = \frac{|E|^2}{4|R_a|}$  übereinstimmt. Diese Bedingung ist die wohl-bekanntere Gleichung  $|R_a| = |R_i|$  (in Größe und Phase) und kann als gleichmäßige Anpassung (im Gegensatz zu der energetischen Anpassung, in der  $R_a$  die konjugierte Größe von  $R_i$  darstellt) genannt werden. Es ist interessant, zu bemerken, und es läßt sich auch mathematisch beweisen, daß die gleichmäßige Anpassung nicht notwendig ist, damit die sogenannten „Reflektionsverluste“ Null werden, sondern um eine gleichmäßige Übertragung in einem weiten Frequenzbereich zu erhalten.

Ein zweiter Teil des zuletzt genannten Aufsatzes behandelt theoretisch, wenn ein Generator durch einen allgemeinen (nicht nur symmetrischen) Vierpol mit einem Verbraucher verbunden ist. Auch hier sind verschiedene Bemerkungen über die einzelnen Koeffizienten zur Bewertung der Güte einer Übertragung vom Gesichtspunkt des übertragenen Stromes (Einfügungsfaktor) und der übertragenen Wirk- (Wirkdämpfungsfaktor) und Scheinleistung (Betriebsdämpfungsfaktor) entwickelt. eb.

DK 537.311

**Untersuchungen an vom elektrischen Strom erwärmten Drähten.** [Nach J. Fischer, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 140; 8 S., 25 B.]

Vom elektrischen Strom erwärmte Drähte, Bändchen usw. haben in Technik und Physik eine verbreitete Anwendung, so bei den thermischen Meßgeräten zur Messung von Strömen und Spannungen (Thermoelemente, Thermoumformer, Widerstandsdrähte, Heizdrahtgeräte), bei den Geräten zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit nach dem Meßrohrverfahren und den vielen daraus entwickelten technischen Geräten, bei Schmelzdrahtsicherungen u. a. m. Frühere Berechnungen des Verfassers, die zu Bemessungsregeln führten, waren von vereinfachenden Voraussetzungen ausgegangen. Zur Prüfung, ob die dort gemachten Voraussagen zutreffen, wurde mit einer einfachen Spiegelablesevorrichtung die Dehnung und mit einer Brückenschaltung die Widerstandsänderung von Runddrähten in ruhender Luft gemessen. Die Untersuchungen erstreckten sich auf Drähte aus verschiedenen Metallen und Legierungen in Abhängigkeit von der Länge, vom Querschnitt, von Strömen, Spannungen und Leistungen. Für die große Zahl der Einzelergebnisse muß auf die Arbeit selbst verwiesen werden. Es ergeben sich z. B. unter gewissen Umständen ausgeprägte Höchst- und Bestwerte, die von der Theorie vorhergesagt worden waren. Die Versuchsergebnisse stehen überall im Einklang mit den erwähnten Berechnungen, deren Ergebnisse sie damit bestätigen. Eb.

zuführungen entstehenden hochfrequenten Ströme verlaufen längs des Durchmessers des Hohlleiters; in diesem bilden sich die sogenannten  $H_1$ -Wellen aus. Um feststellen zu können, welche Nutzleistung verfügbar ist, wurde zunächst eine Abstrahlung der Anordnung nach außen durch metallischen Verschluss beider Hohlleiterenden verhindert. Ein Resonanznachweis konnte mittels eines in der gezeigten Weise eingeführten Kristalldetektors geführt werden. Zum Leistungsnachweis wurde von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß ein Borkristall einen sehr hohen negativen Temperaturkoeffizienten hat und daher schon bei kleiner Energieaufnahme seinen Widerstand nachweisbar ändert. Ein solcher Kristall wurde in der Achse des Hohlleiters durch zwei Platindrähte festgehalten, die parallel zur E-Komponente der  $H_1$ -Welle verliefen. Eine Anpassung wurde durch richtige Bemessung des Abstandes des Verbrauchers vom Strahler und durch richtige Einstellung der Hohlleiterabschlüsse erzielt. Gemessen wurde die Widerstandsänderung des Kristalls. Einer Eichkurve, die den Zusammenhang zwischen dem Kristallwiderstand und der von diesem verbrauchten Leistung darstellte und die gleichstrommäßig aufgenommen war, ließ sich dann die jeweils aufgenommene Leistung entnehmen. Auf diese Weise ließ sich die Nutzleistung von Röhren der beschriebenen Art zu 1 bis  $2 \cdot 10^{-1}$  W bestimmen. E. C. M.

**Theoretische Elektrotechnik**

DK 621.392.4/.5.016.2 + .018.8

**Leistung und Dämpfung in Abschlußwiderständen.**

Zu dem Aufsatz von M. Skalicky<sup>2)</sup> sei auf einen weiteren Aufsatz<sup>3)</sup> verwiesen, in dem als wesentliches Ergebnis der Untersuchung festgestellt wurde, daß

$$L' = \frac{|E|^2}{4|R_i|}$$

nicht die größte entnehmbare Scheinleistung ist.

Inzwischen ist noch eine weitere Arbeit<sup>4)</sup> veröffentlicht worden, die eine allgemeine Untersuchung der Probleme darstellt, welche mit Abschlußwiderständen und Widerstandsanpassung in Verbindung stehen.

Wenn eine Wechselstromquelle mit der Spannung  $E$  und dem inneren Widerstand  $R_i$  mit einem Verbrauchswiderstand  $R_a$  abgeschlossen ist, so lassen sich acht verschiedene maximale Bedingungen aufstellen, die in zwei Gruppen geteilt werden können, wenn man  $R_i$  bzw.  $R_a$  als gegeben betrachtet. In jedem dieser beiden Fälle kann man die Bedingungen erstens für die maximale Spannung, zweitens für den maximalen Strom, drittens für die maximale Wirkleistung oder viertens für den maximalen Leistungsfaktor aufstellen.

1) Bell. Syst. techn. J. 15 (1936) S. 284.  
 2) M. Skalicky, ETZ 60 (1939) S. 1203.  
 3) A. Ferrari-Toniolo, Über die sogenannten „Reflektionsverluste“ in einer elektrischen Übertragung und über die Bedingungen für die maximale übertragene Scheinleistung. Alta Frequ. 7 (1938) S. 332.  
 4) A. Ferrari-Toniolo, Zweipol- und Vierpol-Kopplung und Widerstandsanpassung. Alta Frequ. 8 (1939) S. 707.

**Physik**

DK 621.385.832

**Bildfehleruntersuchungen an einer bilddrehungsfreien magnetischen Linse.** [Nach H. Becker u. A. Wallraff, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 2, S. 115; 6 S., 3 B.]

Für eine Gegenschaltung zweier eisenloser Linsen, also für bilddrehungsfreie Abbildung, werden die isotropen Bildfehler sphärische Aberration, Bildfeldwölbung (Astigmatismus) und Verzeichnung untersucht. Es wird gezeigt, daß sphärische Abweichung und Bildwölbung hierbei doppelt so hohe Werte annehmen als bei schmalen eisenlosen Linsen, die nach früheren Untersuchungen schon als schlecht anzusprechen sind. Die Verzeichnungsfaktoren sind dagegen nicht größer als bei Einzellinsen, die Verzeichnung selbst ist tonnenförmig. Weiterhin wurden die Abhängigkeiten von der Brennweite bestätigt und im übrigen die Meßergebnisse mit der Theorie in Übereinstimmung gefunden. Es ergibt sich außerdem die Möglichkeit, die Seidelschen Koeffizienten der Aberration  $S_1$  und der Verzeichnung  $S_3$  zu bestimmen. Die Amperewindungsverhältnisse derartiger eisenloser bilddrehungsfreier Linsen sind als ungünstig gegenüber Einzellinsen zu bezeichnen, da etwa die 6,2fache Amperewindungszahl benötigt wird.

DK 537.52

**Untersuchung der Druckabhängigkeit von Gleitentladungen auf Photoplatten.** [Nach G. Praetorius, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 2, S. 83; 23 S., 24 B.]

Mit der von Toepler angegebenen Gleitanordnung sind Gleitfiguren bei Drücken von 20 bis 15 500 Torr und Spannungen von 3 bis 50 kV aufgenommen. Die Stoßwelle hatte

einheitlich die genormte Form  $0,5|50 \mu\text{s}$ . Es wurden hierbei zum Teil ganz neuartige Figurenformen beobachtet, die sich sowohl für die negativen als auch für die positiven Ergüsse in je drei Formengruppen zusammenfassen lassen, die für bestimmte Gebiete der Druckspannungsebene kennzeichnend sind. Bei kleineren Drücken und Spannungen bestehen bei beiden Polaritäten rotationssymmetrische Figuren verschiedener Ausbildung. Bei höheren Spannungen und Drücken brechen dann aus diesen Entladungen an besonders bevorzugten Stellen starke Funkenkanäle hervor. Die dritte Formengruppe entsteht bei noch höheren Drücken und wird von Figuren gebildet, bei denen die Zentralrosette fehlt. Die Grenzen zwischen den einzelnen Ausbildungsgebieten verhalten sich für die positive und negative Figur immer wie 1 : 2. So liegt z. B. der Übergang der Gleitbüschel in die Gleitstielbüschel für den positiven Erguß bei etwa 8 kV und für den negativen bei 16 kV und der Übergang zu der dritten Formengruppe für die positive Figur bei einem Druck von etwa 1000 Torr und für die negative Figur bei einem Druck von etwa 2000 Torr.

Für die Druckabhängigkeit des Radius läßt sich allgemein die Formel  $R = A \cdot p^{-n}$  ansetzen.  $A$  und  $n$  sind Konstanten, die von der betreffenden Spannung abhängen, und zwar nehmen beide mit steigender Spannung ab. Ferner wurde festgestellt, daß der Einfluß der Gleitbahnkapazität bei verschiedenen Drücken anders ist. Während für die negative Figur bei einem Druck von 200 Torr nur eine sehr geringe Abnahme der Figurengröße bei größerer Schichtdicke festgestellt wurde, wird der Einfluß mit steigendem Druck größer. Bei 15 500 Torr nimmt die Gleitlänge schon fast umgekehrt proportional bei zunehmender Plattendicke ab. Bei der positiven Figur findet keine stetige Zunahme des Einflusses der Schichtdicke mit steigendem Druck statt, sondern hier ist bei einem Druck von etwa 760 Torr fast überhaupt kein Einfluß der Plattendicke beobachtet worden, während bei einem Druck von 200 Torr eine schwache und bei einem Druck von 15 500 Torr eine starke Abnahme der Gleitlänge bei wachsender Plattendicke festgestellt wurde. Interessant ist ferner, daß sich die positive und die negative Figur ganz verschieden verhalten, wenn sie die Gegenelektrode berühren. Während bei der negativen Figur sofort der Überschlag erfolgt, wenn die äußerste Figurengrenze die Gegenelektrode erreicht hat, muß die positive Figur noch um so viel größer werden, als der halben Länge der Leuchtfäden entspricht.

#### DK 537.311.4

**Wärmeleitung durch metallische Kontakte.** [Nach R. B. Jacobs u. C. Starr, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 140; 2 S., 2 B.]

Die Verfasser gehen von der Aufgabe aus, thermische Schalter mit rein metallischer Wärmeleitung (zweckmäßig für niedrigste Temperaturen) zu bauen, und messen nun im Vakuum die Wärmeleitung durch Kontakte aus Cu, Ag und Au in Abhängigkeit von der Kontaktkraft. Die Ergebnisse werden nicht näher theoretisch behandelt. [Anm. d. Ber. Für einen rein metallischen Kontakt im Vakuum mit dem elektrischen Widerstand  $R$  und dem thermischen Widerstand  $W$  gilt, wenn  $\lambda$  und  $l$  die entsprechenden spezifischen Leitvermögen sind,

$$W \lambda = R \lambda^2).$$

$W$  und  $R$  hängen also in gleicher Weise von der Kontaktkraft ab. An Hand der Formel und bekannter Messungen läßt sich ausrechnen, daß die Verfasser recht gut gereinigte Kontakte gehabt haben. Die gefundenen Unterschiede zwischen den Metallen hinsichtlich der Druckabhängigkeit beruhen jedoch auf dünnen Fremdschichten.] *R. Hm.*

#### Werkstatt und Baustoffe

##### DK 620.179.1 (73)

**Magnetische und elektrische Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung in den V. S. Amerika.** [Nach H. H. Lester, R. L. Sanford u. N. L. Mochel, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 565 u. Disk. S. 580; 14½ S., 8 B. u. 15½ S., 11 B.]

Nach dem heutigen Stand der Erkenntnisse ist es unwahrscheinlich, daß eine universelle, vom Werkstoff unabhängige

1) R. Holm, Z. techn. Phys. 3 (1922) S. 293. Die Formel ist kürzlich von R. Stormer genau bestätigt worden (unveroff.).

Beziehung zwischen den mechanischen und magnetischen Eigenschaften des Werkstückes besteht. Dagegen gilt das allgemeine Prinzip, daß zwei Werkstücke aus genau gleichem Werkstoff bei gleichen magnetischen Eigenschaften auch gleiche mechanische Eigenschaften besitzen, und daß jeder Vorgang, der die mechanischen Eigenschaften meßbar ändert, gleichzeitig auch die magnetischen Eigenschaften ändert. Die Größen der Änderungen können stark verschieden sein; vor allem haben gewisse sekundäre Eigenschaften, besonders die mechanische Härte, einen außerordentlich starken Einfluß auf die magnetischen Eigenschaften. Diese sekundären Eigenschaften bilden eine große Schwierigkeit für die praktische Anwendung des magnetischen Prüfverfahrens und für die Aufstellung allgemeiner quantitativer Beziehungen. Daher ist man bei der magnetischen Prüfung eines Werkstückes auf den magnetischen Vergleich mit einem entsprechenden Werkstück bekannter mechanischer Eigenschaften angewiesen. Die zulässige Anzeigendifferenz muß durch die praktische Erfahrung ermittelt werden. Dabei sind verschiedene Verfahren zum Vergleich der Eigenschaften in Anwendung. Gewöhnlich wird eine einzige magnetische Eigenschaft verglichen. Dies kann einfach die Permeabilität sein oder der remanente Magnetismus oder die Koerzitivkraft, abgeleitet aus der Hysteresekurve, oder die Wellenform einer induzierten Wechselfeldspannung, die durch die Hysteresekurve bestimmt wird.

Eine der ersten erfolgreichen Anwendungen des magnetischen Verfahrens war die Prüfung von geschmiedeten Dampfturbinen. Dabei wird die Scheibe bei langsamer Drehung um ihre Achse zwischen den beiden Polen eines Elektromagneten hindurchgeführt. Die Änderung des Magnetflusses wird angezeigt. Es wird angegeben, daß zu jeder magnetischen Störung auch die entsprechende Ursache gefunden wurde. Diese magnetischen Prüfgeräte sind seit mehreren Jahren ununterbrochen in Betrieb. Ferner wird die magnetische Prüfung von Stahl mit Wechselstrom angewendet. Das ausgearbeitete Verfahren ist besonders zur Prüfung langer Stücke gleichen Querschnittes, wie von Trägern, Rohren, Schienen und Stangen geeignet, wird aber auch zur Prüfung anderer Teile benutzt. Ursprünglich wurden die in den Prüfpulen induzierten Spannungen mit dem Oszillographen angezeigt und die Wellenform als Anzeige für die Eigenschaften des Prüflings ausgewertet. Bei der späteren Ausführung wurde der Oszillograph durch Anzeigeelemente und Signallampen ersetzt. Ferner wurde die Wellenform durch Filter in verschiedene Oberwellen zerlegt und das Vergleichsstück durch rein elektrische Größen ersetzt. Diese Geräte werden besonders benutzt, um Stangen auf ihre Zusammensetzung, auf mechanische Fehler, wie Risse, Überlappungen, tiefe Kratzer, auf starke Seigerungen und Gleichmäßigkeit des Werkstoffes zu untersuchen; ferner wird die Güte von Schweißungen und die Gleichmäßigkeit der Wärmebehandlung damit geprüft. Im Jahre 1937 wurden auf diese Weise über 87 000 t Stangen untersucht. Risse in Kupferrohren werden mit Wechselstrom hoher Frequenz nachgewiesen. Andere Geräte werden zum Nachweis magnetischer Verunreinigungen in nichtmagnetischen Werkstoffen verwendet. Die Dicke nichtmagnetischer Schichten auf Stahl wird entweder durch Änderung der Induktivität einer auf die Schicht aufgesetzten Prüfpule oder durch die Kraft gemessen, mit der ein Dauermagnet von der Schicht festgehalten wird.

Die elektrischen Verfahren sind nicht so zahlreich wie die magnetischen. Am bedeutendsten ist das von E. A. Sperry entwickelte Verfahren zum Nachweis von Rissen in Eisenbahnschienen. Die Apparate sind in einen besonderen Wagen eingebaut, der über die zu prüfenden Schienen mit einer Geschwindigkeit von 8 bis 15 km/h fährt. Über die Wagenräder wird durch die Schienen ein Strom von mehreren tausend Ampere geschickt. Bei einem Schienenriß wird der Stromverlauf in den Schienen und damit das magnetische Feld in der Schienenumgebung geändert. Durch Meßspulen werden solche Änderungen angezeigt und aufgeschrieben. Gleichzeitig wird an der schadhafte Stelle Farbe auf die Schienen gespritzt. Ist ein Riß auf diese Weise aufgefunden, so wird der Wagen angehalten und die Größe und Ausdehnung des Risses mit tragbaren Meßgeräten durch Messung des elektrischen Spannungsabfalls festgestellt. Von dem Ergebnis dieser Messung hängt die Entscheidung darüber ab, ob die Schiene ausgebaut oder belassen wird. Nach diesem Verfahren wurde von 1931 bis einschließlich 1937 etwa 570 000 km Schienenweg geprüft und über 185 000 schadhafte Schienen entdeckt. *EO.*

## VERSCHIEDENES

BEKANNTMACHUNGEN  
VDEVerband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

## Ausschuß für Sicherungswesen

Der Unterausschuß „Schmelzsicherungen“ des Ausschusses für Sicherungswesen hat sich mit der Frage des Austausches von Messing für Kopf- und Fußkontakte von Sicherungspatronen E 27 und E 33 befaßt. Über die bis jetzt getroffenen Festlegungen erteilt die Geschäftsstelle des VDE auf Anfrage Auskunft.

In VDE 0635/XI. 39 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A“, die am 1. I. 1941 in Kraft treten werden, ist festgelegt, daß für Vergußmassen eine niedrigste Schmelztemperatur von 100° gelten solle. Der Ausschuß hat beschlossen, diese Vorschrift unabhängig von dem Termin des Inkrafttretens von VDE 0635/XI. 39 bereits jetzt bei der Prüfung von Sicherungselementen anzuwenden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Gültigkeit der VDE-Bestimmungen in der Ostmark

Am 15. 10. 1938 hatte der Minister für Wirtschaft und Arbeit in Wien Übergangsmaßnahmen für Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen durch Erlaß geregelt<sup>1)</sup>. Hiernach waren Abweichungen von den Sicherheitsvorschriften des ehemaligen Elektrotechnischen Vereins in Wien (EVW) zulässig, sofern sie den Vorschriften oder Umstell-Vorschriften des VDE entsprechen. Für einige begrenzte Sondergebiete mußten die EVW-Bestimmungen in der Ostmark im Hinblick auf ihre gesetzliche Verankerung ausschließlich gültig bleiben. Gleichzeitig hatte der Minister für Wirtschaft und Arbeit in Wien die Empfehlung angeschlossen, die VDE-Vorschriften in immer größerem Maße zu berücksichtigen, da die Festsetzung der abschließlichen Geltung der VDE-Vorschriften in einiger Zeit zu gewärtigen sei.

Durch die Zweite Verordnung über die Einführung des Energiewirtschaftsrechts in der Ostmark vom 17. I. 1940<sup>2)</sup> wurde nunmehr die Zweite Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz<sup>3)</sup> in der Ostmark eingeführt, mit der Maßgabe, daß bis zum 31. 12. 1940 die EVW-Vorschriften noch angewendet werden können. Damit ist hinsichtlich der Anwendung der VDE-Vorschriften in der Ostmark der gleiche Zustand wie im Sudetenland<sup>4)</sup> geschaffen, auf dem u. a. auch das Elektromaterialabkommen<sup>5)</sup> der in der AEV zusammengegangenen Körperschaften aufbaut. Da nach der Zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte ordnungsmäßig, d. h. nach den anerkannten Regeln der Elektrotechnik einzurichten und zu unterhalten sind, und als solche Regeln die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker gelten, haben die VDE-Bestimmungen vom 1. I. 1941 ab sowohl in der Ostmark als auch im Sudetenland ausschließlich Gültigkeit, soweit dem nicht besondere behördliche Bestimmungen entgegenstehen. Die genannte Verordnung hat folgenden Wortlaut:

## Zweite Verordnung über die Einführung des Energiewirtschaftsrechts in der Ostmark

Vom 17. Januar 1940

Auf Grund von Artikel III des Gesetzes über die Wiedervereinigung Österreichs mit dem Deutschen Reich vom 13. März 1938 (Reichsgesetzbl. I, S. 237), von § 16 des Gesetzes über den Aufbau der Verwaltung in der Ostmark (Ostmarkgesetz) vom 14. April 1939 (Reichsgesetzbl. I, S. 777) und von § 19 Abs. 2 des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 13. Dezember 1935 (Reichsgesetzbl. I, S. 1431) wird verordnet:

## Artikel 1

In der Ostmark gelten:

1. Die Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 31. August 1937 (Reichsgesetzbl. I, S. 918) mit der Maßgabe, daß elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte bis zum 31. Dezember 1940 auch nach den anerkannten **Vorschriften des Elektrotechnischen Vereins in Wien** eingerichtet werden können. Bestehende Anlagen werden hierdurch nicht berührt, es sei denn, daß die Belastung ihres bisherigen Zustandes eine Gefährdung für Leben und Gesundheit von Personen oder eine unmittelbare Brandgefahr bedeutet.
2. Die Vierte Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 7. Dezember 1938 (Reichsgesetzbl. I, S. 1732).

## Artikel 2

Am 1. Februar 1940 treten die im Artikel 4 der Verordnung über die Einführung des Energiewirtschaftsrechts im Lande Österreich vom 26. Januar 1939 (Reichsgesetzbl. I, S. 83) aufrechterhaltenen österreichischen Bestimmungen außer Kraft, soweit sich nicht aus den nachstehenden Vorschriften etwas anderes ergibt

## Artikel 3

Die auf Grund der außer Kraft gesetzten Bestimmungen bereits verübten Leitungsrechte werden durch diese Verordnung nicht berührt.

## Artikel 4

Auf die Durchführung von Enteignungsverfahren für Zwecke der öffentlichen Energieversorgung finden die Vorschriften des österreichischen Eisenbahn-Enteignungsgesetzes vom 18. Februar 1878 (RGBl. Nr. 30) in der Fassung des Artikels 52 des Verwaltungsentlastungsgesetzes vom 21. Juli 1925 (RGBl. Nr. 277) mit folgender Maßgabe sinngemäße Anwendung:

(1 ... bis 6 ...)

## Artikel 5

Diese Verordnung tritt am 1. Februar 1940 in Kraft. Die bei Inkrafttreten dieser Verordnung anhängigen Enteignungsverfahren werden vom Reichsstatthalter, nach den Vorschriften dieser Verordnung weitergeführt.

Berlin, den 17. Januar 1940

Der Reichswirtschaftsminister  
L. A. Dr. LandfriedDer Reichsminister des Innern  
L. V. Pfundtner

## Gültigkeit der VDE-Bestimmungen in Danzig

Im Hinblick auf verschiedene diesbezügliche Anfragen geben wir bekannt, daß in Danzig die VDE-Bestimmungen schon seit längerer Zeit als grundsätzliche Richtlinien für die Ausübung staatlicher Hoheitsrechte anerkannt waren. Die letzten diesbezüglichen Bekanntmachungen des Senates der ehemaligen Freien Stadt Danzig hatten folgenden Wortlaut:

„Bekanntmachung Nr. 1236.

Die vom Verbands Deutscher Elektrotechniker E. V. herausgegebenen Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen (VDE 0514, V.B.S./1932) werden hiermit als grundsätzliche Richtlinien für die Ausübung staatlicher Hoheitsrechte anerkannt. Die Vorschriften können vom Verbands Deutscher Elektrotechniker E. V., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, bezogen werden.

Danzig, den 1. Juli 1932.

Der Senat, Abtl. Handel und Gewerbe.

„Die Bekanntmachung Nr. 1236 vom 1. Juli 1932 im Staatsanzeiger Nr. 52 vom 13. Juli 1932 wird dahin erweitert, daß nicht nur die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für den Betrieb von Starkstromanlagen, sondern auch alle übrigen technischen Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker als grundsätzliche Richtlinien für die Ausübung staatlicher Hoheitsrechte anerkannt werden.

Danzig, den 24. Januar 1933.

Der Senat der Freien Stadt Danzig.

Für die anderen neu eingegliederten Ostgebiete wurden auch keine behördlichen Anordnungen hinsichtlich elektrischer Anlagen und Geräte getroffen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

1) ETZ 59 (1938) S. 1195.

2) RGBl. I, 1940, Nr. 16, S. 202.

3) RGBl. I, 1937, Nr. 97, S. 918; ETZ 58 (1937) S. 1016 und 1021; Sonderdruck VDE 0050.

4) RGBl. I, 1939, Nr. 80, S. 843; ETZ 60 (1939) S. 735.

5) Dtsch. Elektro-Handw. 17 (1939) H. 41, S. 815/16; AEV-Mitteilungsbl. A 10; ETZ 60 (1939) H. 47, S. 1350.

**Bezirk Berlin**

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

**Gemeinsame Fachversammlung**

der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft (DLTG) Bezirksgruppe Berlin und des VDE Bezirk Berlin am Donnerstag, dem 22. Februar 1940, 17<sup>30</sup>, Saal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vortrag des Herrn Dr. Th. Meyer VDE, Berlin, über das Thema:  
„Film und Technik“

**Inhaltsangabe:**

Maltheserkreuz — Mechanischer Projektor — Zeitlupe und Zeitraffer — Akustisches Analogon — Geschoßaufnahmen — Schlierenmethode — Ultrarotstrahlen — Elektronenstrahlen — Stereoskopische und stroboskopische Wirkungen — Isolatorenüberschläge — Nordlichtaufnahmen — Tonfilmvorführung: 80000 Bilder in der Sekunde

Eintritt und Kleiderablage frei.

**Fachversammlung**

des Fachgebiets „Hochspannungsgeräte“  
Leiter: Dir. Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

**Vortrag**

des Herrn Oberingenieur W. Kaufmann VDE, Berlin, am Dienstag, dem 27. Februar 1940, um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Entwicklung und Prüfung von Schaltern größter Leistung“

Eintritt und Kleiderablage frei.

**Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)**

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

22. Februar 1940, 18<sup>30</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: „Fernsehtechnik“. „Die Grundlagen der Elektronenoptik“. Vortragender: Dr. A. Recknagel.

**Hochspannungstechnik.** Leiter: Dr.-Ing. G. Hamcister VDE.

23. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Stromverteilung in neu entstehenden Großstädten“. Vortragender: Dr. W. von Mangoldt VDE.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

**Sitzungskalender**

**VDE Bezirk Bergisch-Land, Wuppertal-Elberfeld.** 20. 2. (Di.), 20<sup>15</sup>, „Saal der Technik“, Alexanderstr. 18: „Der augenblickliche Stand der Hochspannungs-Kabeltechnik“. Dr. Brauns VDE.

**VDE Bezirk Nordbayern, Nürnberg.** 23. 2. (Fr.), 20<sup>00</sup>, Städt. Werke, Blumenstr. 16: „Einfluß des Untergrundes auf Blitzgefährdung und Blitzschutz“ (m. Lichtb.). Dr. V. Fritsch VDE.

**VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig.** 21. 2. (Mi.), 20<sup>00</sup>, Grassmuseum: „Der Einfluß des Vierjahresplanes und des Krieges auf die Konstruktion und Ausführung von Erzeugnissen der Starkstromtechnik“. Obering. Plattner VDE.

**VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden.** 22. 2. (Do.), 19<sup>45</sup>, El. Inst. T. H.: „Hartgasableiter als Überspannungsschutz“. Dr.-Ing. Rabus VDE.

**Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien.** 21. 2. (Mi.), 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Neuentwicklungen auf dem Gebiete der Synchronmaschinen“. Dr. Leukert VDE (m. Lichtb.).

**BUCHBESPRECHUNGEN**

DK 621.315.616 : 620.1

**Fortschritte der Chemie, Physik und Technik der makromolekularen Stoffe.** Herausg. von Prof. Dr.-Ing. W. Röhrs, Prof. Dr. H. Staudinger und Prof. Dr. R. Vieweg, unter Mitarb. zahlr. Fachgen. Mit 134 Abb., 22 Zahlentafeln, XV u. 331 S. im Format 160 × 230 mm. J. F. Lehmanns Verlag, München und Berlin 1939. Preis geh. 23,40 RM, geb. 25 RM.

Entsprechend der technischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Bedeutung der Kunststoffe ist bereits eine ganze Reihe von Beiträgen zu diesem Thema erschienen. Es braucht also in Zukunft nur über die Fortschritte auf diesem Gebiete berichtet zu werden. Das vorliegende Buch stellt den ersten Band aus der geplanten Reihe dieser Berichte dar. Es gliedert sich seinem Titel entsprechend in chemische, physikalische und technische Abhandlungen, die unter Vermittlung und Mitarbeit der Herausgeber H. Staudinger, R. Vieweg und W. Röhrs von einzelnen Sachbearbeitern über ihr spezielles Arbeitsgebiet geschrieben wurden.

Im chemischen Teil wird im ersten Aufsatz (H. Staudinger) eine Schilderung der Untersuchungsverfahren zur Erforschung des Makromoleküls gegeben. Bestimmungen des Molekulargewichts und der Konstitution der Polymeren stehen im Mittelpunkt des Interesses. Am Schluß wird auf das Fadenmolekül eingegangen. Der zweite Aufsatz (G. V. Schulz) beschäftigt sich mit dem Ablauf des Polymerisations- und Kondensationsprozesses. Den makromolekularen Säuren ist ein weiterer Abschnitt (W. Kern) gewidmet. Im letzten Kapitel dieses Teiles wird dem Aufbau der Phenoplaste besondere Aufmerksamkeit zugewandt (E. Dreher).

Der physikalische Teil enthält nach einer allgemeinen Übersicht über die physikalischen Probleme (R. Vieweg) eine Schilderung der Entwicklung der Überwachung der gummi-freien Isolierpreßstoffe (W. Esch). Anschließend werden die genormten mechanischen und thermischen Prüfverfahren auf Biegefestigkeit, Wärmefestigkeit, Schlagbiegefestigkeit, Glutfestigkeit, Härte, Spaltbarkeit, Elastizitätsmodul und Kerbzähigkeit behandelt und die übrigen physikalischen Methoden gestreift (W. Esch). Den elektrischen Untersuchungsverfahren ist ein besonderes Kapitel gewidmet (G. Pfestorf-W. Hetzel). Nach den Gleichstromverfahren zur Untersuchung der Oberflächeneigenschaften und der Verhältnisse im Innern der Isolierstoffe werden die dielektrischen Eigenschaften bei 50 Hz, Ton- und Hochfrequenz behandelt. Ein Kapitel über Verfahren und Ergebnisse der röntgenographischen Untersuchung der Faserstoffe (O. Kratky) beschließt den physikalischen Teil.

Im technischen Teil werden zunächst die härtbaren Massen behandelt (W. Röhrs). Nach Betrachtung der Rohstoffe und der Zwischenerzeugnisse werden die Preßtechnik und die Maschinen beschrieben. Die thermoplastischen Kunststoffe bilden den Gegenstand der nächsten Abhandlung (P. Nowak), dabei werden die Eigenschaften der auf dem Markt befindlichen Stoffe eingehend besprochen. Den Zelluloseabkömmlingen ist ebenfalls ein Abschnitt gewidmet (W. Forstmann), der eine umfassende Tafel der Handelsnamen, Zusammensetzung und Anwendungsgebiete dieser Stoffe enthält. Pigmente, Bindemittel und Lösungsmittel sind die Bestandteile der Anstrichstoffe. Sie werden in einem besonderen Abschnitt geschildert (G. Zeidler). Die Arbeitsverfahren auf diesem Gebiete beschreibt der letzte Abschnitt des Buches (O. Merz).

E. F. Richter VDE

**Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:**

Dr. H. Fischer VDE, Berlin-Charlottenburg, Savignyplatz 9/10.  
Dipl.-Ing. W. Hübner, Berlin-Wilmersdorf, Kahlstr. 17.  
Dr.-Ing. habil. M. Kluge VDE, Berlin-Wilmersdorf, Wiesbadener Str. 51.

**Abschluß des Heftes: 9. Februar 1940.**

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
G. H. Winkler VDE

Stellvertretung:  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 22. Februar 1940

Heft 8

## Eine neue Zähler-Eicheinrichtung

Von H. Jürgens VDE, Offenbach a. M.

DK 621.317.785.089.6

**Übersicht.** Durch das Maß- und Gewichtsgesetz vom 13. 12. 1935 hat das Eich- und Prüfwesen für Elektrizitätszähler erhöhte Bedeutung und neuen Entwicklungsantrieb erhalten, was sich in vielfachen Verbesserungen der erforderlichen Einrichtungen kennzeichnet. Im Nachstehenden wird eine Einrichtung zur Eichung von Wechsel- und Drehstromzählern beschrieben, die eine erhebliche Verbesserung der Meßgenauigkeit und Zeiteinsparung ermöglicht.

daß das Eichzählerverfahren sich trotz dieser großen praktischen Vorzüge noch nicht allgemein durchgesetzt hat, liegt nicht an dem Verfahren, sondern in gewissen Unzulänglichkeiten der bei diesem Verfahren zur Anwendung kommenden Eichzähler.

### 1. Wichtigste Zähler-Eichverfahren

Bei der Bestimmung der Anzeigefehler eines kWh-Zählers werden vorwiegend zwei Verfahren angewendet, das wattmetrische Eichverfahren und das Eichzählerverfahren.

Das wattmetrische Eichverfahren besteht darin, daß die durch den Prüfling hindurchgegangene Arbeit ( $\text{Zeit} \times \text{Leistung}$ ) als Produkt der Prüfzeit und der während dieser Zeit wattmetrisch festgestellten mittleren Leistung ermittelt wird. Dieses Verfahren erfordert also zwei Messungen, eine Zeit- und eine Leistungsmessung. Aus dem Umstand, daß die während der Prüfzeit im Mittel vorhanden gewesene Leistung bestimmt werden muß, ergibt sich die praktische Forderung, daß für den Eichzweck eine möglichst konstante Spannung zur Verfügung steht, damit die einmal eingestellte Leistung während der Prüfzeit ebenfalls als konstant angesehen werden kann. Die Gesamtgenauigkeit des wattmetrischen Eichverfahrens wird also bedingt durch die Genauigkeit der Zeitmessung und der Leistungsmessung, wobei die letztere wesentlich von dem Grad der Spannungskonstanz beeinflusst wird.

Das Eichzählverfahren arbeitet in der Weise, daß der zu eichende Zähler mit einem Eichzähler hintereinandergeschaltet wird, und daß die von beiden Zählern durch ihre Drehzahlen angezeigten Arbeitsmengen miteinander verglichen werden. Die Zeitmessung, wie sie das wattmetrische Eichverfahren erfordert, fällt also mit allen damit verbundenen Fehlermöglichkeiten fort. Da infolge der Hintereinanderschaltung des Eichzählers und Prüflings durch beide Zähler die gleiche Arbeitsmenge hindurchgeht und diese von dem Eichzähler unmittelbar angezeigt wird, kann bei diesem Eichverfahren auf eine genaue Konstanthaltung der Spannung verzichtet werden. Die durch Spannungsschwankungen beim wattmetrischen Verfahren entstehenden Fehler sind also beim Eichzählverfahren ebenfalls ausgeschaltet.

Nach diesen Betrachtungen weist also das Eichzählverfahren als solches wesentliche Vorteile gegenüber dem wattmetrischen Eichverfahren auf. Der Grund dafür,

### 2. Nachteile des Eichzählers und Entwicklung des Gleichlast-Verfahrens

Während die Ansprüche an die Meßgenauigkeit, die mit Rücksicht auf den Zweck erhoben werden müssen, von den bei der wattmetrischen Eichung verwendeten Meßgeräten, Stoppuhr und Leistungsmesser, in ausreichendem Maße erfüllt werden können, bestehen bei den bisher bekannten Eichzählern gewisse Bedenken hinsichtlich ihrer Meßgenauigkeit unter veränderten Betriebsverhältnissen. Schon rein gefühlsmäßig gibt man vielleicht der Stoppuhr und dem Leistungsmesser den Vorzug, weil diese Geräte den Normalen näher stehen, d. h. in einfacher Weise mit Hilfe einer Normaluhr bzw. des Kompensators nach den amtlichen Normalen geeicht werden können, oder lehnt auf der anderen Seite den Eichzähler deshalb ab, weil seine Meßgröße erst über eine Zeit- und Leistungsmessung auf die Normale zurückgeführt werden muß. Solche gefühlsmäßigen Erwägungen können jedoch nicht ausschlaggebend sein. Die Bedenken, daß die Anzeigenauigkeit bzw. der Fehler des Eichzählers sich mit der Zeit und den Betriebsverhältnissen ändert und daß dadurch eine gewisse Unsicherheit bei seiner Anwendung entsteht, sind allerdings begründet.

Einen wesentlichen Fortschritt für die Erhöhung der Meßgenauigkeit bedeutete die Einführung des Gleichlast-Verfahrens, bei dem der Eichzähler unter Verwendung von Meßwandlern höchster Genauigkeit unter stets gleichbleibenden mechanischen und elektrischen Verhältnissen arbeitet. Durch diese Maßnahme sind bereits eine Reihe von Fehlerquellen ausgemerzt. Noch nicht beseitigt ist jedoch die Wirkung der in dem Getriebe des Eichzählers für die Fehleranzeigevorrichtung angreifenden Einflüsse, z. B. der von der Temperatur und Ölviskosität abhängigen Zahn- und Lagerreibungen, und die Wirkung der bei der Handhabung des Eichzählers entstehenden Erschütterungen. Der meßtechnische Mangel gerade dieser Verhältnisse besteht nicht in dem Vorhandensein dieser Fehlerquellen an sich, denn die hieraus entspringenden Fehler könnten durch eine sorgfältige Eichung bestimmt und danach berücksichtigt werden, sondern vielmehr in der nicht mehr erfassbaren Veränderlichkeit dieser Fehler und ihrer Abhängigkeit von den verschiedensten Einflüssen.



### 3. Beschreibung einer neuen Zähler-Eicheinrichtung

Das bei der Entwicklung der im folgenden beschriebenen neuen Zähler-Eicheinrichtung verfolgte Ziel ist zunächst weitgehende Beseitigung aller veränderlichen Beeinflussungsmöglichkeiten im Eichzähler. Eine Voraus-

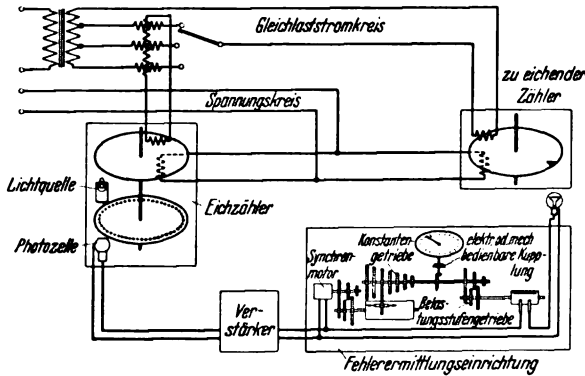


Bild 1. Verbesserte Zähler-Eicheinrichtung mit Fehlerermittlungseinrichtung.

setzung hierfür war das Verschwinden des mit dem Meßsystem unmittelbar gekoppelten Getriebes zum Antrieb der Fehlerermittlungseinrichtung. Bild 1 zeigt, wie dies erreicht wurde.

Der als Gleichlastzähler geschaltete Eichzähler besitzt neben dem Meßsystem eine photoelektrische Einrichtung, bestehend aus einer Lichtquelle, einer Steuereinrichtung und einer Photozelle. Die mit der Zählerachse gekoppelte Steuereinrichtung ist so ausgebildet und steuert den von der Lichtquelle zur Photozelle ausgehenden Lichtstrom so, daß am Ausgangstransformator des an die Photozelle angeschlossenen Verstärkers ein Wechselstrom entsteht, dessen Frequenz der Drehzahl des Eichzählers proportional ist. Mit diesem Wechselstrom wird ein Synchronmotor betrieben, der die Fehlerermittlungseinrichtung antreibt. Die Fehlerermittlungseinrichtung besteht aus einem Getriebe, durch das die Ausgangsdrehzahl der Konstante des Prüflings angepaßt wird (Konstantengetriebe), und aus einem weiteren Getriebe, durch das die Ausgangsdrehzahl des Konstantengetriebes auf die den verschiedenen Belastungsstufen des Prüflings entsprechenden Drehzahlen abgeglichen wird (Belastungsstufen-Getriebe).

### 4. Wirkungsweise und Anwendung der Fehlerermittlung und -anzeige

Die Übersetzungen sind so gewählt, daß bei jeder Sollumdrehung des Prüflings von der Ausgangsachse des Belastungsstufen-Getriebes ein Kontakt für eine Signaleinrichtung geschlossen wird. Mit Hilfe des durch die Kontaktgabe bewirkten akustischen oder optischen Zeichens bei jeder Sollumdrehung des Prüflings ist es nun möglich, jeden Prüfling mit beliebiger Konstante im Syn-

chroneichverfahren zu prüfen. Nach einiger Übung erkennt man schon nach wenigen Umdrehungen, ob und wie die Drehgeschwindigkeit des Prüflings von der Soll-drehgeschwindigkeit abweicht, und kann den Zähler, ohne mehrmalige langwierige Eichungen durchzuführen, in kürzester Zeit auf den kleinstmöglichen Fehler einstellen. Der Zeitgewinn, den diese Einrichtung mit sich bringt, ist ganz bedeutend.

Zur Bestimmung des Restfehlers dient eine Fehleranzeige-Einrichtung. Diese besitzt nur eine einzige, für alle Zählerkonstanten gültige Fehlerskala, auf der der Fehler unmittelbar abgelesen werden kann. Es besteht für alle Zähler nur eine einzige Eichvorschrift, in der die bei den einzelnen Belastungsstufen abzustappenden Drehzahlen für immer festgelegt sind. Die Eichung vollzieht sich in einfacher Weise so, daß das Konstantengetriebe auf die Konstante des Prüflings, das Belastungsstufen-Getriebe auf den jeweiligen Belastungspunkt des Prüflings eingestellt wird. Nach der Einstellung des Zählers mit Hilfe des Synchronzeichens wird der Restfehler in bekannter Weise durch Einschalten der Fehleranzeigevorrichtung über eine bestimmte Zahl von Umdrehungen des Prüflings bestimmt. Irgendwelche Rechnungen sind nicht mehr erforderlich.

Die Ausschaltung der mit dem unmittelbaren Antrieb der Fehlerermittlungseinrichtung verbundenen Fehlerursachen, wie sie bei den bisher bekannten Eichzählern vorhanden sind, ist damit gelungen. Ebenso ist die andere Forderung erfüllt, daß der Eichzähler den äußeren Störeinflüssen weitgehend entzogen werden kann. Infolge des Umstandes, daß der Eichzähler elektrisch mit der Fehlerermittlungseinrichtung verbunden ist, kann der

Eichzähler an einem gegen äußere Einflüsse geschützten Ort untergebracht werden.

Die Fehlerermittlungseinrichtung selbst ist eine in jeder Beziehung unempfindliche Einrichtung, die die höchste Betriebssicherheit gewährleistet. Der Verstärker, dessen Ausgangsleistung nur etwa 5 bis 10 W zu betragen braucht, ist ähnlich wie bei Rundfunkgeräten ebenfalls ein einfacher und durchaus betriebssicherer Teil.

Mit den eben erläuterten mannigfaltigen Vorteilen ist die Bedeutung der neuen Eicheinrichtung für das Zählerewesen aber noch nicht erschöpft. Sie bringt nämlich noch einen weiteren Fortschritt für die Drehstromeichung.

### 5. Eichung von Drehstromzählern

Bild 2 stellt eine Lösung für die Drehstrom-Gleichlast-Eichung dar. Der Drehstromprüfling wird mit drei Einphasen-Eichzählern in Gleichlastschaltung hintereinandergeschaltet. Die drei Eichzähler sind mit derselben, oben beschriebenen photoelektrischen Einrichtung versehen. Von jeder dieser Einrichtungen wird über einen zugehörigen Verstärker ein Synchronmotor angetrieben, dessen Drehzahlen auf bekannte Weise addiert werden. Mit der Summendrehgeschwindigkeit wird wieder die Fehlerermittlungseinrichtung angetrieben. Die Eichung eines Drehstromzählers vollzieht sich also in gleicher Weise wie die eines Einphasenzählers. Alle durch das Gleichlastverfahren und durch die neue Eicheinrichtung bedingten

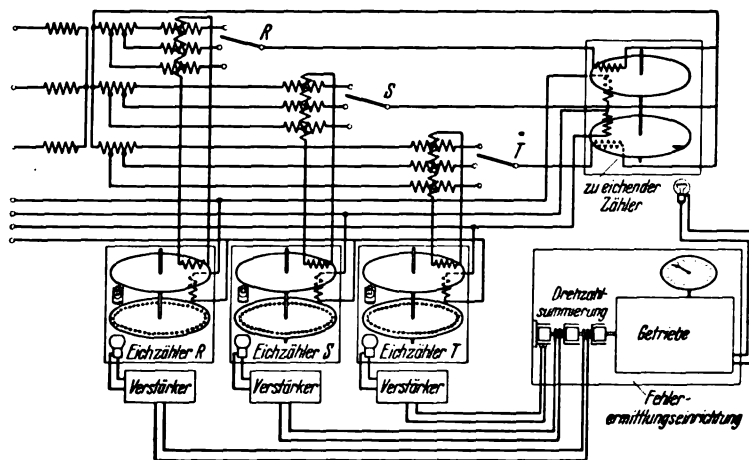


Bild 2. Schaltung der Gleichlast-Eicheinrichtung für Drehstromzähler.

meßtechnischen und praktischen Vorteile sind damit auch auf die Drehstromeinrichtung übertragbar.

Die Elemente der neuen Eicheinrichtung sind für die Einphasen- und Drehstromeinrichtung genau dieselben. Dieser Umstand bringt für den Eichbetrieb wegen der einfachen Auswechselbarkeit und leichten Ersatzmöglichkeit, für den Bau wegen der verbilligten Herstellung bedeutende Vorteile mit sich.

### 6. Selbsttätiges Eichen

Zum Schluß sei noch auf die Möglichkeit der Vollautomatisierung des Eichens hingewiesen, die sich aus den bisherigen Betrachtungen leicht ergibt. Wenn mit Hilfe einer vom Prüfling gesteuerten Zusatzeinrichtung der Eichvorgang eingeleitet und nach einer vorher eingestellten Zahl von Umdrehungen wieder ausgeschaltet wird, so braucht der Eicher die Eicheinrichtung nur rein mechanisch zu bedienen und kann, ohne auf den Ablauf des Eichvorganges zu achten, den Fehler unmittelbar ablesen.

### 7. Zusammenfassung

Der wesentliche Vorteil der beschriebenen Eicheinrichtung besteht darin, daß der Eichzähler durch den Fortfall des unmittelbar mechanisch gekuppelten Getriebes für die Fehlerermittlungs-Einrichtung und durch seine Ortsunabhängigkeit zum wirklichen Meßnormal wird. Die folgenden praktischen Vorteile erhöhen den Wert der neuen Eicheinrichtung gegenüber den bisher bekannten Gleichlast-Eichzählverfahren noch bedeutend, nämlich:

1. eine einzige für beliebige Zählerkonstanten gültige Fehlerskala,
2. die auf beliebige Zählerkonstanten einstellbare, zeitsparende Synchron-Einrichtung,
3. die Möglichkeit der Anwendung des Gleichlast-Eichverfahrens für Drehstromzähler,
4. die Verwendbarkeit gleicher Elemente für die Wechselstrom- und Drehstromzähler-Eicheinrichtung,
5. die Möglichkeit einer vollselbsttätigen Zählereicheinrichtung.

## Drähte und Kabel mit sehr dünner Folienisolation

Von Walter Fischer, Ketschendorf (Spree)

DK 621.315.336.92

**Übersicht.** Die Entwicklung der Kunststoffchemie hat eine Reihe von neuen hochwertigen Isolierstoffen geschaffen, die sich dem Verbraucher in Form von dünnen Filmen darbieten. Die nachfolgenden Ausführungen sollen darlegen, daß man mit diesen Isolierstoffen durch ein geeignetes Verfahren der Längsbedeckung isolierte elektrische Leiter mit ungewöhnlich guten elektrischen und mechanischen Eigenschaften auf wirtschaftliche Weise erzeugen kann.

### 1. Einleitung

Von allen handelsüblichen isolierten Drähten besitzt der Lackdraht die dünnste Isolierschicht; ihre Dicke beträgt nur einige hundertstel Millimeter. Diese dünne Isolierschicht wird bekanntlich im allgemeinen dadurch aufgebracht, daß man den gereinigten Draht mehrmals durch den aufzulackierenden Stoff zieht und ihn jeweils anschließend durch einen geheizten Raum führt, in dem die Lackschicht trocknet. Grundsätzlich besteht also das Verfahren darin, daß auf den blanken Leiter ein dünner Isolierfilm mit Hilfe eines Lackierverfahrens aufgebracht wird. Dieser Isolierfilm besitzt als kennzeichnende Eigenschaften, die im Grunde für einen derart dünnen Film überraschend sind, hohe Dehnbarkeit und große Abriebfestigkeit. Nach DIN VDE 6450 soll bei einer Reckung des Drahtes um 25 % die Lackschicht nicht einplatzen. Gute Erzeugnisse erfüllen diese Forderung ohne weiteres; darüber hinaus lassen sich solche Drähte um ihren eigenen Durchmesser biegen, ohne daß die Lackschicht platzt, was einer Dehnung der äußersten Faser von 50 % entspricht. Die hohe Abriebfestigkeit der Isolationschicht ist ebenfalls bekannt und wird am besten dadurch angegeben, daß es nicht möglich ist, auf mechanischem Weg die Lackschicht von ihrer Unterlage zu lösen außer durch Schaben oder Schleifen mit einem scharfen Werkzeug.

### 2. Besonderheiten der Isolierschicht

Diese hohe Dehnung und Festigkeit der Lackschicht ist keineswegs eine Eigenschaft des verwendeten Lackrohstoffes selbst, sondern rührt offenbar daher, daß der mit Hilfe des Lackierverfahrens aufgebraute dünne Film sich in inniger Berührung mit der Drahtoberfläche befindet. Ein Aufreißen der Schicht kann erst eintreten, wenn an irgendeiner Stelle die Zugkräfte innerhalb des Isolierfilms größer geworden sind als die Kräfte, mit denen die Moleküle in der Leiteroberfläche verankert sind. Wenn dies richtig ist, so müßte man die gleichen guten

mechanischen Werte auch bei einem Isolierfilm finden, der nicht nach dem Lackverfahren, sondern auf irgendeinem anderen Wege auf die Drahtoberfläche fest aufgebracht worden ist. Diese Überlegung ist deshalb besonders wichtig, weil es eine große Anzahl von filmbildenden isolierenden Kunststoffen gibt, die in wirtschaftlicher Weise nach dem Lackierverfahren trotz vieler Versuche zur Zeit noch nicht auf dünne Drähte aufgebracht werden können. Es handelt sich hierbei insbesondere um die Zellulosederivate, wie Hydrozellulose und Zellulosetriazetat, sowie um Polystyrol, Polyvinylchlorid u. a. Andererseits war es wünschenswert, isolierte Drähte nach Art der Lackdrähte mit diesen Stoffen herzustellen, da hierdurch der Anwendungsbereich solcher Drähte in Hinblick auf Alterungsbeständigkeit, Temperaturfestigkeit, chemische Unangreifbarkeit und elektrische Eigenschaften sehr erweitert werden kann.

### 3. Herstellung der Folienisolation

Nach langwierigen Versuchen<sup>1)</sup> gelang es, ein für die Fabrikation brauchbares Verfahren zu finden, mit dem dünne Filme dieser Stoffe ebenso glatt und innig wie nach dem Lackverfahren auf die Drahtoberfläche geschmiegt werden können. Das Verfahren besteht darin, daß Folienbänder dieser Stoffe von etwa 10 bis 30  $\mu$  Dicke unter Zwischenfügen einer dünnen Klebstoffschicht von ungefähr 5  $\mu$  Dicke längs um den Leiter geschmiegt und mit Hilfe der Klebstoffschicht auf dessen Oberfläche verankert werden. Dieses Umlegen geschieht in der Weise, daß das mit dem Klebstoff einseitig bestrichene Band parallel zum Leiter mit diesem in eine Führungsvorrichtung einläuft, die das Band um den Leiter herumschmiegt, wie dies etwa bei der Herstellung eines Rohrdrahtes mit dem gefalteten Blechmantel geschieht. Derartige Umlegungsverfahren sind für alle möglichen Isolierstoffbänder schon häufig vorgeschlagen und bei dickeren Isolierstoffbändern wohl auch schon benutzt worden; das Umlegen von Filmen so geringer Dicke wurde bisher jedoch ohne Erfolg versucht. Das neue Verfahren wurde zunächst für Drähte über 0,8 mm Dmr. entwickelt und gestattet Herstellungsgeschwindigkeiten von über 2000 m/h, wobei jedoch der Umlegungsgeschwindigkeit keine Grenzen gesetzt sind, da die Fertigungsgeschwindigkeit

<sup>1)</sup> Die Versuche wurden im Entwicklungslaboratorium des Werkes Ketschendorf (Spree) der Fa. Deutsche Kabelwerke A.G. durchgeführt

keit nicht durch die Verdunstungsgeschwindigkeit eines Lösungsmittels begrenzt ist.

Das Umlegungsverfahren hat sich weit über das ursprüngliche Ziel hinaus als fruchtbar und entwicklungs-fähig erwiesen. Das Verfahren ermöglicht es, mit einem einzigen breiten Filmband, das längs um den Leiter gelegt wird, einen Leiter vielschichtig zu isolieren. Aus praktischen Gründen ist die Anzahl der möglichen Umschlingungen z. Zt. auf etwa sechs beschränkt. Es bereitet jedoch keine grundsätzlichen Schwierigkeiten, diese Zahl noch bedeutend zu vergrößern, so daß also beispielsweise mit einem einzigen, 20  $\mu$  starken Filmband eine Isolierung, bestehend aus zehn oder zwanzig dünnen Einzelschichten, gebildet werden könnte. Die

Fertigungsgeschwindigkeit ist hierbei im wesentlichen von der Anzahl der Umschlingungen unabhängig; sie ist übrigens auch von der Dicke des Leiters nicht abhängig. Die neue Isoliertechnik, die auch auf Litzenleiter anwendbar ist, tritt somit auch zu anderen Isolierverfahren in Konkurrenz, und zwar zu den Verfahren des Aufspinnens von Isolierstoffbändern und dem Verfahren des bekannten Längsbedeckens mit Hilfe der Schermaschine bei der Herstellung von Gummiadern, denen gegenüber sie einige Vorteile besitzt.

#### 4. Ausführungsbeispiele für Drahtisolationen

In Bild 1 ist ein Leiter von 1,4 mm Dmr. dargestellt, der in

- mit einer Lackschicht,
- mit einer dünnen Folienschicht,
- mit zwei dünnen Folien, von denen jede viermal den Leiter umschlingt,

umgeben ist. Im Bild 1 b sieht man deutlich die Überlappungsstelle an der linken Kante des Querschnitts. In Bild 2 ist eine 45fache Vergrößerung des bereits in Bild 1 c dargestellten Leiters gegeben. Im unteren Teile der Isolation befinden sich das Ende der einen und der Anfang der zweiten Spirale dicht nebeneinander in derselben Lage. Außerdem sieht man etwas links oberhalb dieser Stelle auf dem blanken Leiter den einen Rand der inneren Folie und auf der rechten Seite des Bildes außen den letzten Rand der zweiten Folie. Die Querschnitte wurden dadurch hergestellt, daß man den isolierten Draht in Woodsches Metall eingoß und dann einen Schliff machte. Aus den Unvollkommenheiten, die mit dieser Technik notwendig verbunden sind, erklären sich die verschiedenen Lichtreflexe und Verzerrungen in den Bildern. Man sieht aber deutlich, daß die Schichten mit großer Gleichmäßigkeit aufeinanderliegen. In Bild 3 ist eine auseinandergezogene Spirale eines nach dem beschriebenen Verfahren isolierten Drahtes mit einer ebensolchen Spirale aus einem Lackdraht verglichen; ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden ist nicht erkennbar.

#### 5. Eigenschaften einer sehr dünnen Foliensolation

Die Drähte mit einer sehr dünnen Foliensolation sind weder durch Augenschein noch nach dem Verhalten bei beliebigen mechanischen Verfahren, d. h. durch Biegen, Dehnen oder Bearbeiten mit einem Werkzeug, von einem gewöhnlichen Lackdraht zu unterscheiden. So zeigt beispielsweise eine Folie aus Zellulosetriazetat, die vor der Verarbeitung eine Bruchdehnung von rd. 17 % hatte, nach

dem Aufbringen auf den Draht bei der nach DIN VDE 6450 vorgenommenen Dehnungsprüfung eine Dehnbarkeit von rd. 25 %. Der gleiche Draht läßt sich um den eigenen Durchmesser wickeln, ohne daß die Isolierschicht aufplatzt. Auch in Hinblick auf die Abriebfestigkeit verhält sich der Draht so wie ein gewöhnlicher Lackdraht; so ist z. B. die Entfernung der Isolierschicht von einem Leiter nur mit einem scharfen Werkzeug durch Schaben oder Schleifen möglich. In einem Punkt sind diese Drähte

indessen den Lackdrähten stets überlegen, und zwar hinsichtlich der Fehlerhäufigkeit.

Nach DIN VDE 6450 wird die Zahl der Isolationsfehler bei Lackdrähten auf 15 je 15 m Drahtlänge beschränkt. Gute Lackdrähte haben stets eine weit geringere Fehlerzahl; aber die hier beschriebene Aufbringungsart des Isolierfilms erlaubt

besonders dann, wenn der Isolierfilm aus mehreren Folienschichten aufgebaut wird, sehr große Längen völlig fehlerfrei herzustellen.

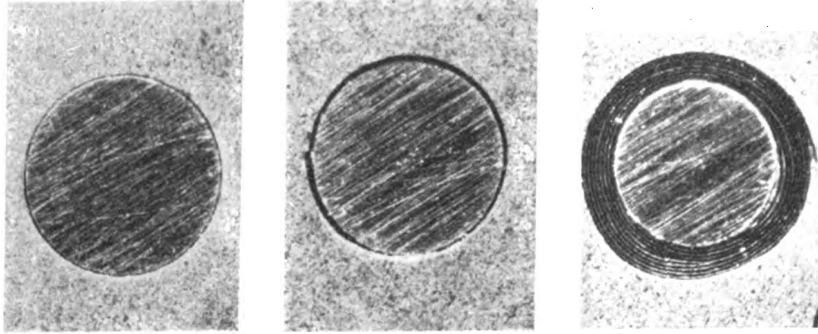
#### 6. Besonderheiten und Verwendungsmöglichkeiten folienumwickelter Drähte

Wenn man also mit beliebigen dünnen Filmen einen isolierten Draht mit guter Wirtschaftlichkeit herstellen kann, der in mechanischer Hinsicht den Lackdrähten gleicht, diesen aber hinsichtlich der Fehlerstellen überlegen ist, so ist es möglich, durch besondere Auswahl der Folien dem Lackdraht ähnliche Drähte mit den verschiedensten elektrischen und chemischen Eigenschaften herzustellen, deren Anwendungsgebiet weit über dasjenige der Lackdrähte hinausreicht. Von diesen Möglichkeiten seien einige hier besonders hervorgehoben und zur Diskussion gestellt.

Es wurden mit Hilfe von Zellulosetriazetatfolien Drähte mit einer Isolationsstärke von 30 bis 120  $\mu$ , also einer Zunahme von 60 bis 240  $\mu$  hergestellt. Diese Drähte hatten u. a. folgende Eigenschaften: Die Durchschlagfestigkeit nach DIN VDE 6450 über einem Metallhorn liegt mit Sicherheit höher als 700 V je 10  $\mu$  Wandstärke. Die Durchschlagfestigkeit in Wasser von Zimmertemperatur sinkt in den ersten Stunden der Lagerung von einem Anfangswert von rd. 1000 V je 10  $\mu$  Wandstärke ab und erreicht nach etwa 30 Stunden einen Endwert von etwa 200 V/10  $\mu$ , der dann auch bei weiterer Lagerung annähernd erhalten bleibt. Diese Prüfung kann an beliebig großen Drahtlängen vorgenommen werden.

Die Wärmefestigkeit des Drahtes wird dadurch gekennzeichnet, daß eine Schlinge, die über einen Dorn vom sechsfachen Drahtdurchmesser gehängt und mit 2 kg belastet wird, auch bei einer Dauerbeanspruchung von 155 °C kein Eindrücken der Isolation zeigt.

Derartige Drähte eignen sich als Dynamo-drähte für Wicklungen aller Art, wo bisher Lackdrähte oder mit Seide, Baumwolle, Papier usw. umspinnene Drähte gebraucht wurden. Es ist üblich, Wicklungen zu tränken; bei der Auswahl der Tränkmittel muß man selbstverständlich auf die chemische Zusammensetzung des Isolierstoffes Rücksicht nehmen. Man wird also in jedem Falle überprüfen müssen, ob die Zusammensetzung des Tränkmittels mit den an sich bekannten und schon häufig beschriebenen Eigenschaften des Zellulose-triazetats oder der anderen Folienstoffe verträglich ist.



a. Lackisolation

b. dünne Foliensolation

c. vielschichtige Foliensolation

Bild 1. Vergrößerter Querschnitt eines isolierten Leiters.

Die Wasserempfindlichkeit einer Folie aus Zellosetriazetat ist immer noch so gering, daß sie in den allermeisten Fällen nicht ins Gewicht fällt. Dort aber, wo man Drähte und Wicklungen unmittelbar im Wasser aufbewahren will, kann ein Folienstoff mit einer noch geringeren Wasserempfindlichkeit, beispielsweise Polystyrol oder Polyvinylchlorid, genommen werden. Diese Stoffe haben aber einen niedrigeren Erweichungspunkt. Bei der großen Mannigfaltigkeit der filmbildenden Stoffe, die unsere chemische Industrie in den letzten Jahren hervorgebracht hat, wird voraussichtlich für jeden Anwendungsbereich auf dem Gebiet der Dynamodrähte ein geeigneter Filmstoff vorhanden sein; vielleicht werden mitunter auch Isolierfilme zweckmäßig sein, die aus mehreren Schichten verschiedenartiger Folien aufgebaut sind.

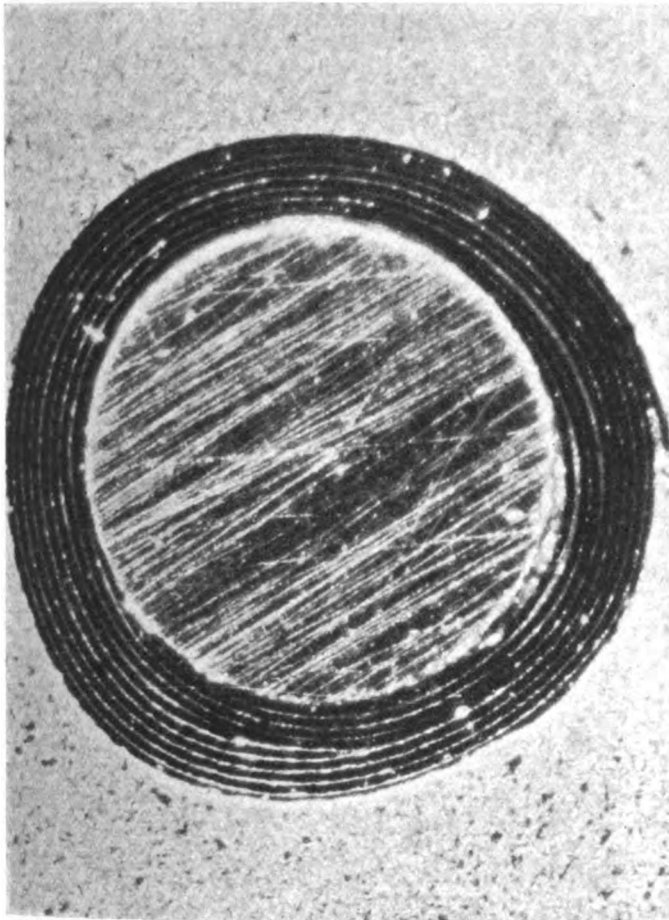


Bild 2. Der in Bild 1c dargestellte Leiter in 45facher Vergrößerung.

Lackdrähte werden im allgemeinen schwarz oder transparent, d. h. bei Kupferleitern mit dem rötlichen Schimmer des Kupfers geliefert. Bunte Lackdrähte haben sich jedoch bis heute noch nicht in befriedigender Weise herstellen lassen. Da sich Folien beliebig einfärben lassen, können nach dem beschriebenen Verfahren isolierte Drähte in schönen reinen Farben hergestellt werden, die im übrigen dem Lackdraht völlig gleichen. Derartige Drähte eignen sich besonders als Schaltdrähte und besitzen, da man bei diesen häufig nur eine Farbkennzeichnung und einen Berührungsschutz verlangt, mit Hydrozellulose (als Cellophan, Cuprophan, Glashaut bekannt) Isolierschichten bis herunter zu  $15\mu$  Dicke. Vielleicht kann ein derartiger Draht in vielen Fällen vorteilhaft an Stelle des mit Gummi isolierten, be-

flochtenen und bunt lackierten Schaltdrahtes verwendet werden.

Ein großes Anwendungsgebiet für die neue Isolier-technik scheint bei den isolierten Leitungen und Adern in Starkstrom- und Fernmeldeanlagen entsprechend VDE 250 und VDE 810 zu entstehen, was am einfachsten an Hand eines Beispiels erläutert wird. Es wurde durch Kombination zweier Folien eine besonders feuchtigkeitssichere und zugleich dielektrisch hochwertige Isolation von etwa 0,4 mm Dicke um einen Leiter gebracht. Die Ader wurde 7 Tage bei Zimmertemperatur in Wasser gelagert. Die Messung ergab nach dieser Zeit eine Isolation von  $3800\text{ M}\Omega/\text{km}$  gegenüber einem Anfangswert von  $4500\text{ M}\Omega/\text{km}$ , gemessen zwischen dem Leiter und dem umgebenden Wasser an einem Stück von 100 m Länge. Nach der angegebenen Wässerungszeit wurde die Kapazität zwischen Wasser und Leiter mit  $0,35\text{ }\mu\text{F}/\text{km}$  und der Verlustwinkel mit  $\text{tg } \delta = 0,05$  bei 800 Hz ermittelt. Durch eine Zeit-Durchschlagskurve, die einen recht flachen Verlauf hatte, wurde die Durchschlagsspannung mit 8 kV zwischen Leiter und Wasser festgestellt. Nach Abschluß dieser Messungen wurde das Wasserbad auf  $60^\circ\text{C}$  erwärmt und die Isolation an dem 100 m-Stück nach 1 Stunde festgestellt. Es ergaben sich  $500\text{ M}\Omega/\text{km}$ . In mechanischer Beziehung genügt die Ader allen Ansprüchen, die man nur an eine Ader in einem Kabel oder einer Leitung stellen kann.

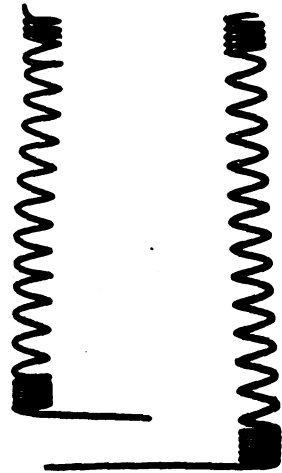


Bild 3. Auseinander gezogene Spirale eines Lackdrahtes und eines Drahtes mit dünner Folienisolation.

Diese zum Teil recht ungewöhnlichen Ergebnisse lassen erkennen, daß von einer dünnen Folienisolation nicht nur aus Fertigungsgründen auf dem obigen Gebiet eine Reihe von beträchtlichen Verbesserungen zu erwarten ist.

### 7. Zusammenfassung

Es ist gelungen, dünne Bänder aus Isolierfolien durch Zwischenfügen einer sehr dünnen Klebschicht auf elektrische Leiter in der Längsrichtung aufzubringen und hierdurch Isolierschichten von einigen hundertstel bis zu einigen zehntel Millimeter Dicke zu erzeugen. Die so isolierten Leiter ähneln den Lackdrähten und können als Dynamodrähte, Schaltdrähte und isolierte Adern in Kabeln und Leitungen mit Vorteil verwendet werden.

## Einführung zu den Änderungen an VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte“

Von E. Krohne VDE, Berlin

DK 621.3.06.027.3(083.133.3)

Die auf Seite 167 dieses Heftes veröffentlichten Änderungsvorschläge zu den seit dem 1. Juli 1937 gültigen „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte“ gründen sich im wesentlichen auf das Bestreben, im Sinne der Leistungssteigerung und des Vierjahresplanes die Voraussetzungen für eine weitgehende Typenbeschränkung im Bau von Hochspannungsgeräten zu schaffen. Der Weg hierzu war der Verzicht auf Hochspannungsgeräte für weniger wichtige Spannungs- und Stromwerte sowie auf Schaltgeräte mit weniger gebräuchlichen Werten für das Schaltvermögen.

Hinsichtlich der Spannungswerte bestand seitens der Elektroindustrie der Wunsch, die Reihenspannung 45 kV fallen zu lassen, da hierfür nach statistischen Unterlagen im Vergleich zu anderen Reihenspannungen nur ein geringer Bedarf an Geräten vorliegt. Wenn dem auch grundsätzlich zugestimmt wurde, so mußte doch berücksichtigt werden, daß eine größere Zahl deutscher Elektrizitätswerke zum Teil umfangreichere 40- bis 45 kV-Netze betreibt. Die Durchgangsleistung und Streckenlänge dieser Netze beträgt zwar, bezogen auf die gesamten deutschen Netze, nur ganz wenige Prozent; eine Umstellung der Isolation der Hochspannungsgeräte auf die nächsthöhere Reihenspannung 60 kV ist aber in der heutigen Zeit wirtschaftlich nicht tragbar. Aus diesem Grunde soll die Reihenspannung 45 kV erst nach einer Übergangsfrist von fünf Jahren gänzlich aufgegeben und bis dahin unter den Reihenspannungen nur in Klammern mit aufgeführt werden.

Unter den genormten Nennspannungen und Reihenspannungen wurde der bisherige Wert 80 kV wegen seines äußerst seltenen Vorkommens gestrichen. Die früheren genormten Werte 100 und 120 kV wurden nach sehr eingehenden Überlegungen in eine Spannungsstufe 110 kV zusammengefaßt. Der Wert 200 kV wurde entsprechend der in deutschen Netzen im Mittel tatsächlich auftretenden Verbraucherspannung auf 220 kV erhöht.

Mit Rücksicht auf die künftige Entwicklung wurde als Nenn- und Reihenspannung der auch von der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) genormte Wert 400 kV neu aufgenommen, ohne diesem schon jetzt bestimmte Schlagweiten und genormte Nennausschaltleistungen zuzuordnen.

Die vorerwähnten Änderungen an den genormten Nenn- und Reihenspannungen sollen auch bei der inzwischen in Angriff genommenen Neubearbeitung der Spannungsnormen über 100 V (VDE 0176) berücksichtigt werden. Dabei wird der Begriff der Betriebsspannung überarbeitet werden, der sich nicht in dem dort festgelegten Sinne in der Praxis eingeführt hat.

Neu gefaßt wurden die Bestimmungen über die Auswahl von Schaltgeräten zur Verwendung in Gegenden mit Verschmutzungsgefahr und gut leitenden Niederschlägen. Die bisherige Empfehlung, bei solchen Betriebsverhältnissen Geräte der nächsthöheren Reihenspannung zu wählen, wurde fallen gelassen und statt dessen die Verwendung von Nebelisolatoren mit großem Oberflächenweg und besonders ausgebildeten Schirmen nahegelegt. Bei diesen Nebelisolatoren sinkt nämlich, wie Versuche ergeben haben, die Überschlagspannung mit der Verschmutzungsdauer viel weniger stark ab als bei gewöhnlichen Freiluftisolatoren, selbst wenn diese für die nächsthöhere Reihenspannung bemessen sind.

In der Reihe der genormten Nennströme wurden die bisher enthaltenen Werte von 1500 und 3000 A gestrichen.

Unter den in § 21 genormten Nennausschaltleistungen für Leistungsschalter und Leistungstrennschalter wurden die bisherigen Werte 1, 2, 10, 20, 50, 150 und 2000 MVA gestrichen und dafür nur die Werte 15 und 2500 MVA neu hinzugefügt. Die niedrigsten Werte der neuen Reihe, 5 und 15 MVA, wurden außerdem auf Leistungstrennschalter beschränkt.

Durch eine neu aufgestellte Tafel ist für die verschiedenen Werte der Reihenspannungen und der genormten Nennausschaltleistungen jeweils nur eine beschränkte Anzahl von Schaltertypen mit verschiedenen genormten Nennströmen vorgesehen. Diese Tafel gibt weiterhin Aufschluß über die Schaltertypen für Innenraum und Freiluft. Schaltgeräte nach dieser Tafel dürfen nicht mit Isolatoren höherer Reihenspannung gefordert werden. Besteht der Wunsch, in einem Netz mit bestimmter Betriebsspannung Schaltgeräte mit wesentlich höherer Reihenspannung einzubauen, so ist auf Grund der Tafel unter den Schaltgeräten für diese höhere Reihenspannung ein solches auszuwählen, das bei der Betriebsspannung die erforderliche Ausschaltleistung besitzt.

Den geänderten Reihenspannungen wurden die Schlagweiten in § 23 und Prüfwechselspannungen in § 36 angepaßt. Insbesondere wurde dabei der neuen Reihenspannung 110 kV eine Schlagweite von 800 mm für Innenraumgeräte und von 1000 mm für Freiluftgeräte und der Reihenspannung 220 kV eine Freiluftschlagweite von 2200 mm zugeordnet. Da diesen Maßnahmen eine entsprechende Änderung der Errichtungs Vorschriften II VDE 0101/XII. 37 bedingen, ist hierfür ein Vorschlag auf Seite 170 dieses Heftes veröffentlicht.

Außer diesen Vorkehrungen zur Typenbeschränkung wurden einige weitere, durch den technischen Fortschritt bedingte Verbesserungen an den Regeln vorgenommen; u. a. wurde an Stelle der in den früheren Regeln aufgeführten genormten Grenzausschaltströme jeder Reihenspannung ein bestimmter Spannungsbereich (im allgemeinen etwa + 15 %, - 20 %) zugeordnet, innerhalb dessen noch die volle Nennausschaltleistung beherrscht werden muß.

Die Schlagweiten für die Parallelfunkentrecke an Freiluftgeräten wurden gegenüber den früheren Werten durchweg etwas gesenkt, und zwar in dem Maße, daß ihre 50 %-Überschlag-Stoßspannung (+ 1/50) nach § 37 etwa mit derjenigen für Innenraumgeräte übereinstimmt. Hierdurch ist bei Innenraum- und bei Freiluftgeräten etwa gleiche Beanspruchung der Innenisolation gegenüber stoßartigen Überspannungen gegeben.

Neu aufgenommen wurde in § 37 eine Typenprüfung von Hochspannungsgeräten mit der 50 %-Überschlag-Stoßspannung der Stoßwelle 1/50 beider Polaritäten. Dabei liegen die für die positive Polarität einzuhaltenen Mindestwerte allerdings teilweise nur um einige Prozente über dem Scheitelwert der Überschlag-Wechselspannung. Hieraus ergibt sich, daß die Stoßprüfung in der jetzt vorgesehenen Form in den meisten Fällen eine nur sehr milde Beanspruchung der Isolation darstellt. Es erschien im Augenblick aber noch verfrüht, eine an sich aufschlußreichere Prüfung mit höheren (überschießenden) Stoßspannungen und die Aufnahme einer Stoßkennlinie der Isolation zu fordern.

Die vorgeschlagenen niedrigen Überschlagswerte haben hauptsächlich ihren Grund darin, daß man hierfür

die ungünstige Anordnung des am Boden stehenden Stützers (ähnlich der Spitze-Platte-Funkenstrecke) zugrunde gelegt hat, die aus Gründen des Entladungsmechanismus niedrige positive und hohe negative Überschlagnstößen aufweist. Die hier mitgeteilten Überschlagnswerte unterliegen allerdings noch der Überprüfung durch den Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad, der sich mit der Festlegung einheitlicher Bestimmungen für die Stoßprüfung aller Gerätearten beschäftigt.

Mit Rücksicht auf die für die Abstufung wichtige Kenntnis des Isolierpegels gegenüber Stoßspannungen erschien es trotz der vorgenannten Bedenken zweckmäßig, schon jetzt bestimmte Zahlenwerte, wenn auch nur für die 50 %-Überschlagn-Stoßspannung (+ 1|50), für Innenraum-

und Freiluftgeräte anzugeben. Diese Werte werden außerdem als Unterlage für die einheitliche Festlegung von Begrenzungsspannungen für Überspannungsableiter benötigt.

Im Sinne einer besseren Werkstoffausnutzung konnten schließlich in § 43 ohne Bedenken die Grenzwärnungen für blanke Leiter und Trennschalter gegenüber den bisherigen Werten um 5 bis 10° heraufgesetzt werden.

Es ist zu hoffen, daß durch die vorgeschlagenen Änderungen eine fühlbare Entlastung von Elektroindustrie und Elektrizitätswirtschaft sowie darüber hinaus eine Förderung der technischen Entwicklung erzielt wird.

## Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte

### VDE-Ausschuß für Hochspannungsschaltgeräte

DK 621.3.06.027.3(083.133.3)

#### VDE 0670

##### Entwurf

Einspruchsfrist: 31. März 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Anderung der ab 1. 7. 1937 gültigen Fassung

(Gültig voraussichtlich ab 1. Januar 1941)

#### § 6

##### Schlagweite

Schlagweite ist der kürzeste in gasförmigem oder flüssigem Isoliermittel gemessene Abstand Spannung führender Teile gegeneinander oder gegen Erde.

Die Schlagweite von Isolatoren kann entweder mit einem gespannten Faden zwischen den Elektroden (Fadenmaß) oder parallel zur Isolatorachse als geradliniger Abstand zwischen den Elektroden (Stichmaß) gemessen werden (vgl. § 23, Tafel III).

#### § 20

##### Nennspannung, Reihenspannung, Nennstrom, Nennfrequenz

a) Für Hochspannungsgeräte gelten als genormte Nennspannungen: 1, 3, 6, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 110, 150, 220, 400 kV.

A Hochspannungsgeräte sind so auszuwählen, daß die höchste Spannung am Verwendungsort die Nennspannung der Geräte um nicht mehr als 15% überschreitet.

b) Für Hochspannungsgeräte gelten als Reihenspannungen: 1, 3, 6<sup>1)</sup>, 10, 20, 30, (45)<sup>2)</sup>, 60, 110, 150, 220, 400 kV.

A Hochspannungsgeräte sind so auszuwählen, daß die höchste Spannung am Verwendungsort die Reihenspannung der Geräte um nicht mehr als 15% überschreitet<sup>3)</sup>.

Ist die Nennspannung eines Schaltgerätes gleich der Reihenspannung, so ist das Schaltgerät für diese Reihenspannung zu isolieren. Weicht die Nennspannung von der Reihenspannung ab, so ist das Schaltgerät für die nächsthöhere Reihenspannung zu isolieren.

A In Gegenden mit Verschmutzungsgefahr und gut leitenden Niederschlägen (z. B. in der Nähe von Braunkohlenbetrieben, Chemischer Industrie, Zementfabriken, Kühltürmen, der Meeresküste u. dgl.) sind die Isolatoren von Freiluftgeräten zweckmäßig als Nebelisolatoren<sup>4)</sup> mit vergrößertem Oberflächenweg und besonders ausgebildeten Schirmen auszuführen. In solchen Gegenden kann gegebenenfalls auch statt der Freiluftanlage die Innenraumanlage gewählt werden, die nötigenfalls zum Schutz gegen das Eindringen von Staub unter einen geringen Überdruck zu setzen ist bzw. bei Betriebsspannungen bis etwa 20 kV als gekapselte Anlage ausgeführt werden kann.

<sup>1)</sup> Nur für geschlossene und gekapselte Geräte nach DIN VDE 50, Blatt 3.

<sup>2)</sup> Geräte der Reihenspannung 45 kV dürfen nur noch zur Erweiterung bestehender Anlagen bis zum 31. 12. 1944 hergestellt werden.

<sup>3)</sup> Für Erweiterungen bestehender 35 kV-Anlagen, deren höchste Spannung 40 kV nicht überschreitet, dürfen ausnahmsweise Geräte der Reihenspannung 30 kV eingebaut werden.

<sup>4)</sup> Vgl. VDE 0448 „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren“, Entwurf aus ETZ 60 (1939) H. 39, S. 1136.

c) Für Hochspannungsgeräte gelten als genormte Nennströme: 200, 400, 600, 1000, 2000, 4000, 6000 A.

A Hochspannungsgeräte sind so auszuwählen, daß der höchste Betriebsstrom (Mittelwert über etwa 15 min) am Verwendungsort den Nennstrom des Gerätes nicht überschreitet.

Trennschalter und Leistungstrennschalter unter 200 A Nennstrom sind unzulässig.

d) Für Sicherungen gelten als genormte Nennströme: 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600 A.

e) Die Nennfrequenz der Hochspannungsgeräte darf von der Betriebsfrequenz um nicht mehr als  $\pm 20\%$  abweichen.

#### § 21

##### Schaltvermögen von Leistungsschaltern und Leistungstrennschaltern

a) Jeder Leistungsschalter und Leistungstrennschalter muß sein Nenneinschaltvermögen [§ 9a)] bei seiner Nennspannung beherrschen. Er muß seinen Nennausschaltstrom [§ 9b)] und jeden kleineren Ausschaltstrom bei einer wiederkehrenden Spannung gleich seiner Nennspannung und bei einem Leistungsfaktor des Kurzschlußkreises  $\cos \varphi \leq 0,15$  beherrschen. Er muß sein Nennausschaltvermögen auch dann beherrschen, wenn er nach seiner Einschaltung entsprechend seinem Nenneinschaltvermögen mit seinem Mindestschaltverzögerung ausgelöst wird.

b) Ist auf dem Leistungsschild nichts anderes angegeben, so gilt als Nenneinschaltvermögen der  $1,8 \sqrt{2} = 2,5$ -fache symmetrische Nennausschaltstrom.

Für das Nennausschaltvermögen gelten folgende genormte Nennausschaltleistungen:

5<sup>5)</sup>, 15<sup>5)</sup>, 100, 200, 400, 600, 1000, 1500, 2500 MVA.

In Tafel I sind für die einzelnen Schalttypen die Reihenspannungen, die genormten Nennströme und die genormten Nennausschaltleistungen (bei 50 Per/s) angegeben.

Die für eine Nennfrequenz von 50 Per/s angegebene Nennausschaltleistung gilt nicht für die Verwendung von Schaltern in Netzen mit einer Betriebsfrequenz von  $16\frac{2}{3}$  Per/s.

Die volle Nennausschaltleistung gilt innerhalb der in Tafel I angegebenen Grenzen der Spannung am Verwendungsort. Ist bei der unteren Spannungsgrenze nach Tafel I der Grenzausschaltstrom [§ 9 b)] noch nicht erreicht, so gilt die volle Nennausschaltleistung bis herab zu der Spannung, die dem Grenzausschaltstrom nach § 9 b) Abb. 4 entspricht. Bei noch kleineren Spannungen ist die Ausschaltleistung gleich dem Produkt aus Grenzausschaltstrom, Spannung am Verwendungsort und Verkettungszahl (bei Drehstrom  $\sqrt{3}$ ).

Bei Schaltern der Reihenspannung 10 kV mit einer Nennspannung von 6 kV muß die Nennausschaltleistung mindestens das 0,75-fache der genormten Nennausschaltleistung bei der Nennspannung 10 kV betragen.

c) Wortlaut wie bisher.

#### § 22

##### Schaltvermögen und Kennlinien von Sicherungen

##### b) Kennlinien

Im 2. Absatz und in der Überschrift zu der bisherigen Tafel I muß statt Tafel I gesetzt werden „Tafel II“.

<sup>5)</sup> Nur für Leistungstrennschalter.

Tafel I. Reihenspannungen, genormte Nennströme, genormte Nennauschaltleistungen und zugehörige Spannungsgrenzen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Reihenspannungen .. kV	10	20	30	(45)	60	110	150	220	400
Grenzen der Spannung am Verwendungsort .. kV	8 ... 11,5	14 ... 23	24 ... 35 <sup>2)</sup>	35 ... 52	45 ... 70	95 ... 127	130 ... 175	190 ... 253	...
Genormte Nennauschaltleistungen MVA	Genormte Nennströme (in Amp) für: I Innenraumgeräte, F Freiluftgeräte, F' nur Freiluft-Ölschalter								
5 <sup>1)</sup>	I 200	—	—	—	—	—	—	—	—
15 <sup>1)</sup>	I { 200 400	I { 200 400	I { 200 400	—	—	—	—	—	—
100	I { 400 600	I 400	—	—	—	—	—	—	—
200	IF' { 400 600 1000 2000	IF' { 400 600	IF' { 400 600	—	—	—	—	—	—
400	IF' { 600 1000 2000 4000	IF' { 600 1000 2000	IF { 600 1000	—	—	—	—	—	—
600	IF' { 600 1000 2000 4000 6000	IF' { 600 1000 2000	IF { 600 1000	IF 600	IF 600	—	—	—	—
1000	I { 600 1000 2000 4000 6000	I { 600 1000 2000 4000	IF { 600 1000 2000	—	IF 600	IF { 600 1000	—	—	—
1500	—	—	—	—	—	—	IF { 600 1000	IF 600	—
2500	—	—	—	—	—	—	—	—	F 600
...	—	—	—	—	—	—	—	—	...

1) Nur für Leistungstrennschalter.  
2) Für Erweiterungen bestehender 35 kV-Anlagen, deren höchste Spannung am Verwendungsort 35 kV + 15% = 40,25 kV nicht überschreitet, sind zur Beherrschung der genormten Nennauschaltleistungen Schalter der Reihenspannung 30 kV in Sonderausführung zu verwenden.

§ 23

Schlagweiten und Trennstrecken

Für Innenraum- und Freiluftgeräte gelten die Schlagweiten der Tafel III.

Isolatoren parallel zu geöffneten Trennstrecken von Trennlaschen, Trennschaltern, Leistungstrennschaltern in Luft und flüssigen Isoliermitteln sowie von Sicherungshaltern müssen an einer Stelle unter Einhaltung der Schlagweite so geerdet werden, daß etwaige Ströme über oder durch den Isolator nach Erde abgeleitet werden.

Trennschalter, Leistungstrennschalter und Sicherungshalter müssen eine Luft-Trennstrecke haben, die so bemessen ist, daß ihre Überschlag-Wechselspannung mindestens den in § 36, Tafel VI, Spalte 5, angegebenen Wert erreicht. Außerdem muß die freie Luft-Trennstrecke mindestens gleich der für die betreffende Reihenspannung vorgeschriebenen Schlagweite gegen Erde sein. Dieses Maß darf nicht unterschritten werden, auch wenn die gesamte Trennstrecke zum Teil aus Isolierstoff besteht.

Bei Trennschaltern unter Öl (zulässig nur bis 30 kV, vgl. § 28) soll gegen Erde und zwischen den Leitern die Schlagweite *d* und für die Trennstrecke *2 d* gelten.

§ 34

Betätigungsvorrichtungen und Meldelampen

Im Anschluß an Tafel IV (bisher Tafel III) wird folgender Wortlaut aufgenommen:

„Bezüglich der Kennzeichnung von Druckknopf-Tastern und -Schaltern siehe DIN VDE 3605“

Hinter Tafel V (bisher Tafel IV) wird folgender Wortlaut aufgenommen:

„Bezüglich der Kennzeichnung von Anzeigeschildern für die Schaltstellung siehe DIN VDE 3606“

§ 36

Prüfung mit Wechselspannung

a) Prüfschaltungen und Prüfspannungen

- Hochspannungsschaltgeräte bzw. Sicherungen sind bei folgenden Schaltungen mit den Prüfspannungen der Tafel VI (bisher V), Spalte 2 zu prüfen: in eingeschaltetem Zustand bzw. bei eingesetzten Sicherungsrohren gegen Erde,

6) Vgl. Entwurf aus ETZ 60 (1939) H. 35, S. 1045.

Tafel III. Schlagweiten.

1	2	3	4	5	6
Reihenspannung kV	Schlagweiten in mm				
	in Luft			unter Öl, nur für Leistungsschalter	
	Schlagweite <i>a</i> für Innenraumgeräte <sup>1)</sup>	Schlagweite <i>b</i> für Freiluftgeräte <sup>2)</sup>	Schlagweite <i>c</i> für Parallelfunkstrecken <sup>3)</sup>	Schlagweite <i>d</i> <sup>4)</sup> gegen Erde, gegen den Ölpegel, zwischen den Leitern und getrennten Teilen gleichnamiger Leiter im ausgeschalteten Zustand mit Ausnahme der Schaltstrecken	Schlagweite <i>e</i> der Unterbrechungsstellen an den feststehenden Schaltstücken gegen den Ölpegel
	gegen Erde, zwischen den Leitern und zwischen getrennten Teilen gleichnamiger Leiter im ausgeschalteten Zustand <sup>5)</sup>				
1	40	—	—	—	—
3	75	—	—	40	90
6 <sup>1)</sup>	100	—	—	50	100
10	125	180	110	60	120
20	180	260	170	90	180
30	260	360	235	120	240
(45)	360	470	330	—	—
60	470	580	420	—	—
110	800	1000	750	—	—
150	—	1450	1000	—	—
220	—	2200	1450	—	—
400	—	—	—	—	—

- Nur für geschlossene und gekapselte Geräte (Schutzarten P 30 und P 44 nach DIN VDE 50, Beiblatt 3). In solchen Geräten dürfen nur besonders feuchtigkeitsichere Isolierteile verwendet werden.
- Für Geräte mit Reihenspannungen von 1 bis 30 kV gilt als Schlagweite das Fadenmaß gemäß § 6. Für Geräte mit Reihenspannungen über 30 kV gilt aus praktischen Gründen das Stichmaß nach § 6. Bei mehrteiligen Isolatoren mit metallenen Zwischenflanschen gilt als Schlagweite die Summe der Schlagweiten zwischen den Flanschen (Isolierstrecken), vermehrt um die halbe Summe der Längen der Zwischenflansche.
- Für Freiluft-Einkesselgeräte, deren Isolatoren mit Parallelfunkstrecken ausgerüstet sind, muß die Schlagweite zwischen den Leitern mindestens gleich der Schlagweite *c* sein. Zwischen getrennten Teilen gleichnamiger Leiter im ausgeschalteten Zustand gilt dagegen die Schlagweite *b*.
- Für Trennschalter und Leistungstrennschalter gilt außerdem die Bestimmung aus § 36, Tafel VI, Spalte 5, hinsichtlich der Überschlag-Wechselspannung.
- Diese Schlagweiten gelten nicht für Hilfsgeräte unter Öl außerhalb des Wirkungsbereichs des Lichtbogens.

in ausgeschaltetem Zustand bzw. bei herausgenommenen Sicherungsrohren gegen Erde, in eingeschaltetem Zustand bzw. bei eingesetzten Sicherungsrohren Leiter gegen Leiter.

Leistungsschalter in ausgeschaltetem Zustand zwischen den Klemmen eines Leiters nach dreimaligem spannungslosen Ein- und Ausschalten.

2. Trennschalter, Leistungstrennschalter und Sicherungsschalter sind bei isolierter Aufstellung des Grundrahmens des Gerätes und Erdung einer Klemme des zu prüfenden Leiters im ausgeschalteten Zustand bzw. bei herausgenommenem Sicherungsrohr zwischen den getrennten Teilen dieses Leiters mit den Prüfspannungen der Tafel VI, Spalte 4, zu prüfen.
3. Stützer und Durchführungen sind bei geerdetem Flansch mit den Prüfspannungen der Tafel VI, Spalte 2, zu prüfen. Bei der Prüfung ist das im betriebsmäßigen Einbau herrschende elektrische Feld möglichst getreu nachzuahmen.

Tafel VI. Prüf- und Überschlag-Wechselspannungen<sup>1)</sup>.

Reihen- spannung	Prüf- Wechselspannung		Prüf- Wechselspannung	
	Überschlag- <sup>2)</sup>		Überschlag- <sup>2)</sup>	
	allgemein		für Trennstrecken von Trennschaltern, Leistungstrennschaltern und Sicherungshaltern	
kV	kV	kV	kV	kV
1	10	11	15	17
3	27	30	30	33
6 <sup>3)</sup>	33	36	40	44
10	42	46	53	58
20	64	70	86	95
30	86	95	119	131
(45)	119	131	169	186
60	152	167	218	240
110	262	288	383	421
150	350	385	515	567
220	504	555	746	821
400	900	990	...	...

1) bezogen auf 20° C, 760 Torr und eine absolute Luftfeuchtigkeit von 11 g/m<sup>3</sup>.  
 2) Nur für geschlossene und gekapselte Geräte (Schutzarten P 30 und P 44 nach DIN VDE 50, Beiblatt 3).  
 3) Diese Werte liegen 10 % über den Prüfspannungen nach Spalte 2 bzw. 4.

Die Prüf- und Überschlagspannungen der Tafel VI gelten unabhängig davon, ob die Geräte in Netzen mit geerdetem oder mit isoliertem Sternpunkt verwendet werden. Sie gelten auch für Geräte bei Verwendung an Stellen, an denen die Spannung bis zu 15% über der Reihenspannung liegt. Andere Prüf- und Überschlagspannungen können nicht gefordert werden.

Bei Freiluftgeräten gelten die in Tafel VI festgesetzten Prüf- und Überschlagspannungen für die Regenprüfung, die nach VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“ auszuführen ist.

Bei Geräten mit angebauten Parallelfunkenstrecken sind diese vor der Wechselspannungs-Prüfung abzunehmen.

b) Prüfdauer.

Die Prüfdauer mit den Werten der Prüfspannung nach Tafel VI, Spalte 2 bzw. 4, beträgt 1 min, bei Durchführungen aus Faserstoff oder keramischem Werkstoff mit Vergußmasse oder Öl 5 min. Nach dieser Prüfung dürfen keine örtlich begrenzten Erwärmungen auftreten. Die Dauer der Regenprüfung beträgt durchweg 1 min.

c) Spannungsmessung und Spannungssteigerung

Die Spannung soll mit der Kugelfunkenstrecke nach VDE 0430 „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke“ oder mit einem anderen Scheitelspannungsmesser nachgeprüft werden.

Für die allmähliche Steigerung der Spannung auf den Wert der Prüfspannung gilt folgende Regel:

Die Spannung ist vom halben Prüfspannungswert an in nicht weniger als 10 s stetig oder in einzelnen Stufen von höchstens 5% der Prüfspannung bis zum Endwert zu steigern. Die Prüfdauer beginnt, wenn die volle Prüfspannung erreicht ist.

Bei Steigerung der Spannung über die Prüfspannung hinaus darf weder Durchschlag noch Überschlag innen erfolgen. Die Überschlagspannung muß mindestens die in Tafel VI angegebenen Werte erreichen. Die Überschlagsprüfung kann nur als Typenprüfung verlangt werden. Gleitfunken längs der isolierenden Oberfläche dürfen unter 80% der Prüfspannung nicht auftreten.

d) Dielektrische Verlustmessung

Bei wertvolleren Prüflingen, z. B. bei größeren Durchführungen, wird empfohlen, während der Spannungsprüfung die dielektrischen Verluste oder den Verlustfaktor laufend zu beobachten.

§ 37

Prüfung mit Stoßspannungen

An Hochspannungsgeräten ist eine Typenprüfung mit der 50%-Überschlag-Stoßspannung [vgl. § 3 o) von VDE 0450/XI. 39 „Leitsätze für die Erzeugung und Verwendung von Stoßspannungen für Prüfzwecke“] unter Benutzung der genormten VDE-Stoßspannung 1/50 (vgl. § 5 von VDE 0450/XI. 39) auszuführen. Die Stoßüberschlagsprüfung ist vor der Wechselspannungsprüfung (§ 36) gemäß § 7a) und b) von VDE 0450/XI. 39 mit beiden Polaritäten jeweils in folgenden Schaltungen vorzunehmen:

a) Hochspannungsschaltgeräte:

in eingeschaltetem Zustand gegen Erde, in eingeschaltetem Zustand Leiter gegen Leiter, wobei einmal die beiden äußeren Leiter, das andere Mal der innere Leiter geerdet sind, in ausgeschaltetem Zustand zwischen getrennten Teilen gleichnamiger Leiter.

b) Stützer und Durchführungen bei geerdetem Flansch, wobei das im betriebsmäßigen Einbau herrschende elektrische Feld möglichst getreu nachzuahmen ist.

Bei Geräten mit angebauten Parallelfunkenstrecken sind diese vor der Stoßprüfung abzunehmen.

Die nach § 8 von VDE 0450/XI. 39 gemessenen 50%-Überschlag-Stoßspannungen beider Polaritäten sind im Prüfbericht zu vermerken. Dabei dürfen die positiven Werte der 50%-Überschlag-Stoßspannung die in Tafel VII angegebenen unteren Grenzwerte nicht unterschreiten.

Tafel VII (neu). 50%-Überschlag-Stoßspannungen.

Reihen- spannung	50%-Überschlag-Stoßspannung (+ 1/50) <sup>1)</sup>		
	Innenraum- Geräte <sup>2)</sup>	Freiluft-	Parallelfunken- strecke <sup>3)</sup>
	kV	kV	kV
1	40	—	—
3	60	—	—
6 <sup>1)</sup>	80	—	—
10	90	115	90
20	115	150	130
30	150	200	165
(45)	200	260	220
60	260	320	270
110	430	530	450
150	—	760	585
220	—	1130	820
400	—	....	....

1) Nur für geschlossene und gekapselte Geräte (Schutzarten P 30 und P 44 nach DIN VDE 50, Beiblatt 3).

2) Untere Grenzwerte für positive Polarität der isolierten Elektrode, bezogen auf 20° C, 760 Torr und eine absolute Luftfeuchtigkeit von 11 g/m<sup>3</sup>.

3) Den in Spalte 2 und 3 angegebenen 50 %-Überschlag-Stoßspannungen liegen die Überschlagswerte der am Boden stehenden Stützer bei positiver Kopfelektrode (d. h. im allgemeinen der Fall ungünstigster Feldverteilung) für die in Tafel III aufgeführten Schlagweiten zugrunde.

4) Den 50 %-Überschlag-Stoßspannungen der Spalte 4 liegen die unteren Grenzwerte der Anordnung positive Spitze—geerdete Spitze für die in Tafel III aufgeführten Schlagweiten zugrunde.

§ 42

Messungen

a) Lufttemperatur

In der ersten und fünften Zeile wird statt Tafel VI gesetzt „Tafel VIII“.

§ 43

Grenzwerte

Tafel VIII (bisher Tafel VI). Grenzerwärmungen.

1	2	3	4
Nr.	Geräteteil	Bemerkungen	Grenz- erwärmung °C
1	blanke Leiter	—	45
2	Schaltstücke und	≤ 2000 A	35
3	Trennschalter	> 2000 A	45

Nr. 4 bis 10 bleibt wie Nr. 5 bis 11 in der bisherigen Tafel VI.



## Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber

VDE-Ausschuß für Errichtungsvorschriften II

DK 621.311.027.3.002.2(083.133.3)

### VDE 0101/XII. 37

#### Entwurf

Einspruchsfrist: 31. März 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 1. 1. 1930 gültigen Fassung

(Gültig voraussichtlich ab 1. Januar 1941)

#### § 18

Blanke, umhüllte und isolierte Leitungen  
(einschließlich Bleikabel)

g) Die Tafel mit den Mindestabständen hinter dem ersten Absatz erhält folgende geänderte Fassung:

1	2	3	1	2	3
Spannung der Anlage *) kV	Mindestabstand in mm bei Innenraum-anlagen	Mindestabstand in mm bei Freiluft-anlagen	Spannung der Anlage *) kV	Mindestabstand in mm bei Innenraum-anlagen	Mindestabstand in mm bei Freiluft-anlagen
1	40	—	30**)	260	360
3	75	—	45	360	470
6	100	—	60	470	580
10	125	180	110	800	1000
15	180	260	150	—	1450
20	180	260	220	—	2200

\*) Überschreitet die höchste Spannung der Anlage den Wert der Spalte 1 um mehr als 15%, so sind die Mindestabstände nach der nächsthöheren Spannungsstufe zu bemessen.  
 \*\*) Für Erweiterung bestehender 35 kV-Anlagen, deren höchste Spannung 40 kV nicht überschreitet, dürfen ausnahmsweise die Mindestabstände für die Spannung 30 kV zugrunde gelegt werden.

### Eine aerodynamische Wärmekraftanlage<sup>1)</sup>

DK 621.438

Auf Grund von Studien der beiden Verfasser wurde eine Gasturbinenanlage entwickelt, wobei folgende Leitsätze maßgebend waren:

- Eignung für große Antriebsleistungen bei gleichbleibender Drehzahl, also auch für Stromerzeugung;
- Betrieb mit Kohle, Öl oder Gas;
- Arbeiten nach dem Gleichdruckverfahren ohne Ventile, Klappen, Zündungen usw.;
- thermischer Wirkungsgrad guter Dampfanlagen muß mindestens erreicht werden, jedoch bei mäßigen Temperaturen und Drücken durch weitgehende Ausnutzung der Abwärme und Verminderung der Verlustquellen;
- erhöhte Betriebssicherheit und Erhaltung des hohen Wirkungsgrades durch gänzlich fernhalten der Verbrennungsstoffe von bewegten Teilen.

Diese Forderungen führten im Gegensatz zu dem bekannten Gasturbinenverfahren zur Turbine mit geschlossenem Gaskreislauf und Wärmezufuhr durch metallische Wärmeaustauschflächen (Bild 1). Als Betriebsgas kommen in erster Linie Luft, bei geschlossenem Kreislauf auch andere Gase in Betracht. Zum Erreichen guter Wirkungsgrade ist weitgehende Ausnutzung der Abwärme der Verbrennungsgase (Vorwärmung der Verbrennungsluft) und Kühlung der Abluft hinter der Turbine erforderlich, um die Verdichtungsarbeit gering zu halten.

Die Verbrennung erfolgt unter Luftdruck. Die freiwerdende Wärme wird im Gaserhitzer der verdichteten Luft mitgeteilt. Hierdurch werden hoher Wärmeübergang an Luft im Erhitzer (Wärmeübergang wächst fast im Verhältnis mit dem Druck), also niedrige Wandtemperaturen bei mäßigem Flächenbedarf und daher verhältnismäßig geringe Baukosten erzielt.

Der Wirkungsgrad von Gaskreisverfahren ist bei gegebenen Temperaturgrenzen abhängig vom Druckgefälle oder Druckverhältnis, nicht von der absoluten Druckhöhe. Daher braucht im Gegensatz zu Dampfanlagen kein sehr hoher Druck (bei gleichzeitig hoher Temperatur) angewendet zu werden. Dies

hat Vorteile bei Teillasten, da dann bei ausschließlicher Senkung der Druckhöhe und damit des umlaufenden Luftgewichtes die volle Anfangstemperatur, das Druckgefälle und der Luftrauminhalt in der Turbine erhalten bleiben, also auch die Strömungsgeschwindigkeiten und somit die einzelnen Verluste. Die Turbine arbeitet daher auch bei Schwachlast mit hohem inneren Wirkungsgrad. (Anm. d. Ber.: Allerdings muß die umlaufende Luftmenge bei Lastsenkung vermindert, bei Lastanstieg wieder erhöht werden. Hiermit dürften gewisse Verluste verbunden sein.)

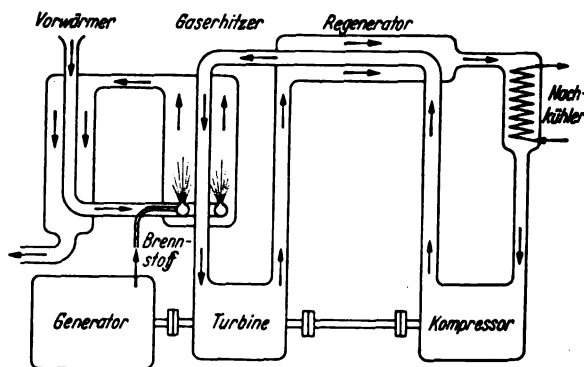


Bild 1. Schema der aerodynamischen Wärmekraftanlage mit geschlossenem Kreislauf.

Hohe Wirkungsgrade setzen die Verwendbarkeit eines Teiles der Abwärme (Nachkühler, Kompressorkühlung und gegebenenfalls Rauchgas-Endkühlung) für andere Zwecke voraus.

Die Versuchsanlage ist zur Zeit in Erprobung, über die Ergebnisse soll später berichtet werden. Der Aufbau ist verhältnismäßig einfach, da die Anlagenteile durch Wegfall von Verdampfungs- und Kondensationsanlagen sehr anpassungsfähig an bestehende Raumverhältnisse sind: *El.*

<sup>1)</sup> I. Ackeret u. C. Keller, Schweiz. Bauztg. 113 (1939) S. 229; 2 S., 4 B.

## FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

### Prüfung und Montage von großen Wasserkraftgeneratoren

Von Paul Volkert VDE, Berlin

DK 621.313.12-82.001.4/002.72

**Übersicht\*).** Die Prüfungsmöglichkeiten großer Wasserkraftgeneratoren in den Werkprüffeldern werden im ersten Teil des Aufsatzes untersucht. An Hand ausgeführter Anlagen wird dann auf die Aufstellungsarbeiten großer Generatoren eingegangen.

#### Die Prüfungen großer Wasserkraftgeneratoren

Nachdem die Planung so weit fortgeschritten ist, daß die Leistung und Drehzahl der Generatoren sowie ihre Anordnung, ob senkrecht oder waagrecht, festliegen, erfolgt nach den Berechnungs- und Konstruktionsangaben die Herstellung der einzelnen Maschinenteile. Diese werden bereits bei der Fertigung vielseitigen Prüfungen in bezug auf ihre Festigkeit und ihre Abmessungen usw. unterzogen. Besonders die Ständerwicklungen müssen sowohl während der Herstellung als auch nach dem Einbau den in den R.E.M. und Fabrikationsvorschriften festgelegten Isolationsproben genügen. Trotzdem wird man doch soweit als möglich versuchen, auch die elektrischen Eigenschaften der fertigen Maschine in den Prüffeldern festzustellen. Für den Umfang der vorzunehmenden Proben wird in erster Linie die Größe der zur Verfügung stehenden Prüfeinrichtungen, außerdem die konstruktive Ausführung der zu prüfenden Maschine ausschlaggebend sein. Wünschenswert wird im allgemeinen eine vollständige Prüfung, bestehend aus Widerstandsmessung, Aufnahme der Sättigungs- und Kurzschlußkennlinie, Verlustmessung, Belastungs- und Erwärmungsverlauf sein. Die ohmschen Widerstände sowohl der Ständer- als auch der Läuferwicklung können mit der Meßbrücke oder aus Strom und Spannung ermittelt werden. Die Messung des Wechselstromwiderstandes der Ständerwicklung wird vor Einbau des Induktors mit Drehstrom der Nennfrequenz und mit verschiedenen Spannungen vorgenommen. Die Aufnahme der Sättigungs- und Kurzschlußkennlinien erfolgt in Abhängigkeit des Erregerstromes bei Nenndrehzahl. Die Verlustmessung wird bis zu den größten Einheiten auf die eine oder andere Weise immer möglich sein, wenn der vollständige Aufbau des Generators im Prüffeld durchgeführt wird. Die Einzelverluste, bestehend aus Eisen-, Reibungs-, Kupfer- und Zusatzverlusten, die für die Bestimmung der Wirkungsgrade erforderlich sind, werden nach den bekannten Verfahren ermittelt. Ist der Antrieb durch einen Motor nicht möglich, beispielsweise bei Vertikalmaschinen, wo dies einen schwierigen Aufbau bedingen kann, bleibt die Messung der Leerlaufverluste nach dem Motorverfahren. Dies setzt allerdings voraus, daß ein genügend großes, in der Spannung regelbares Netz, also ein Motorgenerator oder ein Turbinensatz, gegebenenfalls unter Zwischenschaltung eines Transformators, zur Verfügung steht. Die Messung der aufgenommenen Leistung geschieht zweckmäßig mit zwei Wattmetern in Aaronschaltung; da dabei die Einstellung des  $\cos \varphi = 1$  ohne Umrechnung aus der Gleichheit der Wattmeterausschläge erkennbar ist. Die gemessenen Leistungswerte werden in Abhängigkeit der Ständerspannung graphisch aufgetragen. Wie ohne weiteres verständlich, kann dieses Verfahren nicht zur Ermittlung der Kurzschluß- bzw. Zusatzverluste angewandt werden. Hierfür wird, wenn eine Belastung als übererregter Motor nicht möglich ist, das Auslaufverfahren genommen. Bekanntlich hat jeder umlaufende Körper ein in ihm auf gespeichertes

Arbeitsvermögen. Dieses Arbeitsvermögen wird nach dem Abschalten vom treibenden Netz oder Antriebsmotor im Auslauf von den vorhandenen Verlusten aufgebraucht. Diese bestehen aus den Reibungsverlusten bzw. diesen zusätzlich den Kurzschlußverlusten, wenn das Polrad erregt ist und die Ständerwicklung kurzgeschlossen wird. Durch Ermittlung der Auslaufkurven bei unerregtem Polrad wird zunächst bei bekannten Reibungsverlusten das Schwungmoment  $GD^2$  festgestellt. Beim Auslauf mit verschiedenen Erregerströmen und kurzgeschlossener Ständerwicklung können die Kurzschlußverluste und nach Abzug der Stromwärmeverluste die Zusatzverluste ermittelt werden. Bei all diesen Versuchen wird das Polrad von einer fremden Stromquelle gespeist. Dies hat bezüglich der Verlustmessung bei konstanter Drehzahl gegenüber der Speisung von der gekuppelten Erregermaschine den Vorteil, daß die Erregerverluste am Antrieb nicht mitgemessen werden, von dessen Leistungsaufnahme sie andernfalls unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades der Erregermaschine abgezogen werden müssen. Für den Auslaufversuch ist Fremderregung unbedingt erforderlich, da das Nachregeln der Erregermaschine mit abnehmender Drehzahl auf einen konstanten Erregerstromwert äußerst schwierig ist.

Mit den geschilderten Messungen sind die Erregerdaten und Verluste der unbelasteten Maschine ermittelt. Eine Belastung, wie sie am Verwendungsort auftritt, wird in den meisten Fällen nicht möglich sein, da hierzu die Antriebsmaschinen fehlen. Beim Aufbau von zwei gleichen Maschinen, also gleich mindestens in Drehzahl und Leistung, die gekuppelt werden können, kann durch Einstellung des Belastungswinkels zwischen den Polrädern eine bestimmte Belastung erreicht werden. Die Belastungswinkel lassen sich vorher rechnerisch festlegen. Es bleibt dann nur die Aufgabe, die Winkelabweichung an der Kupplung entsprechend einzustellen. Die Verluste beider Maschinen, bei denen die eine als Motor, die andere als Generator arbeitet, werden von dem parallel geschalteten Netz oder einem Antriebsmotor gedeckt. Die Schwierigkeit, die erforderliche Winkelabweichung einzustellen, die bei mehrpoligen Maschinen nur wenige Grade an der Kupplung beträgt und für jeden Belastungswert verschieden ist, gibt Veranlassung, von dieser Art der Belastung meistens Abstand zu nehmen. Ein einfacheres Belastungsverfahren, allerdings nur wattlos, ist das des Betriebes als übererregter Motor. Die mit dem vorhandenen Netz synchronisierte Maschine wird bei Nennspannung soweit übererregt, bis der Vollaststrom in der Ständerwicklung erreicht ist. Die Verluste im Ständer, also Eisenverluste, Kupfer- und Zusatzverluste, sowie die Reibungsverluste sind dabei gleich denen bei Nennbetrieb. Lediglich die Erregerverluste sind größer als normal. Die Auswertung der vorher gemessenen Erregerströme bei Leerlauf und Nennspannung bei Kurzschluß verschiedener Lastströme und bei Belastung als übererregter Motor nach dem Erregerstromdiagramm gibt jedoch ein eindeutiges Bild über die Erregerverhältnisse bei allen Belastungen und Leistungsfaktoren von  $\cos \varphi = 1$  bis 0 übererregt. Die wattmetrische Messung der Leistungsaufnahme gibt die Summe aller Verluste, aus der durch Subtraktion von Eisen-, Kupfer-, Lüftungs-, Reibungs- und gegebenenfalls Erregerverlusten die Zusatzverluste ermittelt werden können. Die Wirkungsgrade des Generators können nach Ermittlung der Einzelverluste für alle Belastungswerte errechnet werden. (Die Erwärmung der Wicklungen, des

\*) Nach einem am 6. 2. 1939 vor den jungen Ingenieuren des VDE-Bezirk Berlin (Arbeitsgemeinschaft „Elektromaschinenbau“) gehaltenen Vortrag.

Ständereisens, der Polschuhe usw. sowie der Lager kann im Dauerbetrieb bei Belastung in der vorher geschilderten Weise gefunden werden.) Die Erwärmung der Wicklungen wird durch ihre Widerstandszunahme und auch mit Thermometern ermittelt. Auch die bei großen Generatoren meist eingebauten Widerstands- oder Thermoelemente können zur Messung herangezogen werden. Die Erwärmung des Eisens und der Lager erfolgt ebenfalls mit Thermometern oder mit Hilfe der Widerstands- oder Thermoelemente. Für die Erwärmung der Induktorwicklung bei Belastung als übererregter Motor kann die Umrechnung auf die im Betrieb zu erwartenden Temperaturen entsprechend dem Verhältnis der Quadrate der Erregerströme erfolgen. Ist eine Belastung des Generators nicht möglich, muß man sich mit einem Erwärmungslauf bei Leerlauf und Nennspannung und einem weiteren im Kurzschluß bei Nennstrom begnügen. Die zu erwartende Erwärmung der Induktorwicklung kann durch quadratische Umrechnung der Erregerströme vorausbestimmt, gegebenenfalls kann ein weiterer Temperaturlauf mit Vollasterregerstrom bei Leerlauf vorgenommen werden. Allerdings ist dabei die Ständerwicklung mit wesentlicher Überspannung, also hoher Beanspruchung ihrer Windungs- und Nutilolation, das Ständereisen mit hoher Sättigung, also sehr hohen Eisenverlusten, beansprucht. Daß bei großen Generatoren die Form der erzeugten Spannungskurve interessiert, die häufig in bezug auf die Sinusform bzw. die zulässige Abweichung von dieser garantiert werden muß, ist selbstverständlich. Ihre Kontrolle kann oszillographisch bei Leerlauf erfolgen. Großer Wert wird in den meisten Fällen auch den bei Entlastung auftretenden Spannungserhöhungen beigelegt. Diese können aus den Erregerstromdiagrammen bzw. der Sättigungskurve entnommen werden. Ferner interessieren die bei plötzlichen Kurzschlüssen auftretenden Stromspitzen sowohl bei ein-, zwei- oder dreiphasigem Kurzschluß, die außer der thermischen Beanspruchung der Wicklung vor allem sehr hohe dynamische und mechanische Beanspruchungen für alle Teile des Generators bedeuten. Die entsprechenden Versuche werden im Leerlauf ausgeführt. Es werden die den Belastungen entsprechenden Erregerströme eingestellt und die Ständerwicklung kurzgeschlossen. Die auftretenden Ströme werden oszillographisch gemessen. Eine weitere sehr wichtige Prüfung bei Wasserkraftgeneratoren ist die sogenannte Überdrehzahl- oder Schleuderprobe. Wasserturbinen haben bei plötzlichen Entlastungen infolge der bedingten Trägheit ihrer Regelung meist sehr hohe Drehzahlsteigerungen, für die die umlaufenden Teile des Generators bemessen sein müssen. Die gebräuchlichen Werte schwanken zwischen 80 bis 120 % der Nenndrehzahl. Je nach den Verhältnissen wird man diese Prüfung in eigens dafür vorgesehenen Schleudergruben ohne Ständer vornehmen, der bei Schäden in Mitleidenschaft gezogen würde. Doch kann die Größe der auftretenden Gewichte des umlaufenden Teiles und seine Lagerung auch dazu zwingen, die Prüfung im Ständer auszuführen. Der Antrieb erfolgt durch einen Antriebsmotor, der entweder unmittelbar oder über Vorgelege gekuppelt sein kann. Die vorgeschriebenen Schleuderzeiten schwanken von rd. 2 bis 10 min. Nach diesen Prüfungen werden die Wicklungen den in den R.E.M. vorgeschriebenen Isolationsproben unterzogen. Sind auch diese gut verlaufen, erfolgt abschließend die Windungsprobe, bei der die Ständerwicklung durch Steigerung des Erregerstromes bis zum 1,3fachen der Nennspannung oder, falls die Erregung nicht ausreicht, durch Steigerung der Drehzahl auf diesen Wert gebracht wird. Die Prüfzeit beträgt normal 3 min. Damit sind die auf dem Prüfstand üblichen und zur Beurteilung der Maschine erforderlichen Prüfungen abgeschlossen. Nun kann der Abbau des Generators und sein Versand nach seinem Bestimmungsort durchgeführt werden, nicht ohne daß man die für die Aufstellung am Montageort die Arbeit erleichternde Kennzeichnung bzw. Numerierung der Teile vornimmt. Die Wicklungen erhalten einen letzten Iso-

lationsanstrich, die blanken Teile werden mit Rostschutz gestrichen, die übrigen Teile mit dem gewünschten Farbanstrich versehen.

### Die Aufstellung großer Wasserkraftmaschinen

Bereits bei der Entwicklungsarbeit und Konstruktion des Generators sind in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten der Turbine und den Bauausführenden eingehende Besprechungen über die am Einbauort zu erwartenden Verhältnisse gepflogen worden. Es wurde festgelegt, auf welchem Weg der Antransport erfolgt, ob Gewichts- und Profilbeschränkungen zu beachten sind, die oft eine mehrfache Aufteilung der Maschinenteile bedingen. Die vorhandenen oder zu beschaffenden Transportmittel einschließlich der eingebauten oder behelfsmäßigen Krane im Maschinenhaus wurden in bezug auf ihre Tragfähigkeit und Hubhöhe festgelegt. Ebenso herrscht über die vorhandenen Abstellplätze Klarheit. An Hand dieser Unterlagen kann nun die Ausarbeitung eines Montageprogrammes vor sich gehen, in dem der zeitliche Verlauf der Arbeit und ihre ungefähre Dauer unter Zugrundelegung der zu leistenden Monteurarbeiten festgelegt wird.

Verfolgen wir zunächst den Aufbau eines Horizontalgenerators. Der Antransport der Teile ist fertig; ihre Stapelung ist so vorgenommen, daß die zuerst benötigten zugänglich sind. Oft erfolgt der Transport in größeren Abständen, falls die Raumverhältnisse dies erforderlich machen. Wenn man überlegt, daß die Teile eines Generators die stattliche Zahl von 30 und mehr Güterwagen beladen, wird man verstehen, daß die Frage genügend großer Abstellplätze oder in Ermangelung solcher die sorgfältige Aufstellung eines Versandprogrammes für die Dauer der Montage von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Nun beginnt das Entfernen der Verpackung und das Reinigen und Säubern der Teile von Staub und Rostschutz, zu dem ein Stab von Hilfsarbeitern herangezogen wird. Die Werkzeuge, die kleineren Teile, Wickelmaterial, Befestigungsschrauben, Sicherungen, Rohrleitungsteile usw. werden übersichtlich gelagert. Parallel dazu geht das Ausmessen der Fundamente und die Bereitstellung erforderlicher Hilfswerkzeuge, Abstellböcke und Unterlegeisen.

Mit Rücksicht auf die Abmessungen und Transportgewichte wird der Ständer zwei- oder mehrteilig sein, der Läufer je nach der Ausführung des Polrades in Grauguß oder Stahlguß zwei- oder mehrteilig, falls nicht die Ausführung radial einteilig mit einem oder mehreren Jochringen vorliegt. Stets wird die Welle, gegebenenfalls mit aufgesetzter Binnennabe, getrennt verschickt werden. Erfolgt der Aufbau des Generators auf einer Grundplatte, so wird diese auf den vorbereiteten Stapeln von Unterlegeisen abgesetzt und ungefähr nach Höhe und Wasserwaage ausgerichtet. Die Fundamentanker sind eingehängt. Dann werden das Ständerunterteil und die Lagerböcke auf der Grundplatte abgesetzt. Ist keine Grundplatte vorhanden, sondern geschieht der Aufbau von Gehäuse und Lagerböcken auf Sohlplatten, so werden diese zweckmäßig vor dem Einsetzen angeschraubt und mit Gehäuse bzw. Lagerböcken auf den vorbereiteten Unterlegeisen abgesetzt. Das Vergießen der Fundamentanker nach dem behelfsmäßigen Ausrichten bietet den Vorteil, daß man die abgesetzten Teile festziehen und gegen ungewolltes Verschieben beim Einlegen des Läufers oder Aufsetzen des Ständeroberteils sichern kann. Für ein gutes Unterfüttern der Grundplatte oder der Sohlplatten mit Unterlegeisen, deren Stapel die Mindesthöhe von 30 mm haben sollen, ist die Zugänglichkeit maßgebend und bereits bei der Konstruktion der Maschinen und ihrer Fundamente weitgehend zu berücksichtigen. Parallel mit diesen Arbeiten geschieht der Zusammenbau des Läufers, bei mehrteiligen Rädern in waagerechter Lage auf einem Platz im Maschinenhaus mit ausreichender Bodenbelastung. Man stellt eine Radhälfte mit oder ohne angeschraubte Pole auf einer vorbereiteten Unterlage mit der Teilfläche

nach oben auf und richtet sie zur Erleichterung des Zusammenbaues möglichst sorgfältig nach der Wasserwaage aus. Dann legt man die vorher vom Rostschutz gereinigte Welle, nachdem die Nutfedern eingesetzt sind, ein, unterstützt die Welle an den Enden und setzt die zweite Hälfte des Rades auf. Bei Raummangel kann das Absetzen des Rades auch im Gehäuseunterteil erfolgen. Die Teilfugen werden verschraubt, vorgesehene Schrumpfringe werden mit Brennern, Lötlampen oder Holzkohlefeuer angewärmt und aufgezo-gen. Für deren bequeme Handhabung sind von der Konstruktion entsprechende Transportmöglichkeiten durch Anbringen von Transportösen oder Sonstigem vorgesehen. Um das Abwandern der erkaltenden Ringe zu vermeiden, werden am Ort Spannschrauben und Spanneisen vorbereitet, mit denen die Schrumpfringe gegen das Rad gepreßt werden. Einteilige Räder, in die die Welle eingepreßt werden soll, werden je nach den Umständen in der Bohrung durch Widerstandsheizung oder Kohlefeuer auch mit Hilfe behelfsmäßiger Spulen durch Gleich- oder Wechselstrom geheizt. Die Kontrolle der erreichten Erweiterung der Bohrung erfolgt durch Stichmaße. Wenn irgend möglich, wird man versuchen, so weit zu heizen, daß die Welle ohne Zuhilfenahme von Pressen eingeführt werden kann, da dies eine umfangreiche Mehrarbeit bedingt. Läßt sich das Einpressen nicht vermeiden, sind neben der erforderlichen Presse Traversen und Zugstangen notwendig, die je nach der Pressung für Hunderte von Tonnen auf Biegung bzw. Zug ausreichen müssen und Längen von 6 bis 8 m haben. Um einigermaßen günstige Verhältnisse in bezug auf die Bemessung der Traversen zu erhalten, ist es die Aufgabe des Konstrukteurs, die Löcher für die Durchführung der Zugbolzen möglichst dicht an der Bohrung vorzusehen. Bei Induktoren mit mehreren oder unterteilten Jochringen empfiehlt sich der Zusammenbau in senkrechter Lage. Zu diesem Zweck wird eine Montagegrube vorgesehen, in die die Welle senkrecht gestellt werden kann; die Grube ist so tief, daß der unterste Jochring nur wenig über Flurhöhe liegt. Zur Erleichterung des Aufrichtens der Welle empfiehlt sich die Anordnung einer Transporttraverse, die am einfachsten an dem nach oben kommenden Ende der Welle angeschraubt wird. Nach dem Aufrichten und Festkeilen der Welle gegen die Grubenwand werden die angewärmten Ringe aufgezo-gen und der Anbau der Armsterne und das Schichten der Jochringe vorgenommen. Steht keine Montagegrube zur Verfügung, dann muß der Zusammenbau des unterteilten Polrades auf dem Abstellplatz in senkrechter Lage erfolgen und dieses nach der Fertigstellung zum Einziehen der Welle gekantet werden. Die Anordnung hat jedoch den ersichtlichen Nachteil, daß nicht nur die Binnennabe angewärmt werden muß, sondern praktisch die ganze Masse des Rades. Ob der Anbau der Pole in senkrechter Lage geschieht oder die Welle mit dem Polrad vorher gekantet wird, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. Selbstverständlich läßt man für den Einbau der Ständerschlußspulen diametral liegend genügend Pole weg. Der Läufer wird in seine Lager gelegt, das Ständeroberteil unter Beachtung der Teilfugenisolation aufgesetzt und die Schlußspulen eingewickelt. Dann richtet man den Läufer nach der Turbine und Wasserwaage sorgfältig aus, setzt die restlichen Pole an, richtet den Ständer nach dem Läufer aus und vergießt die Grundplatte bzw. die Sohlplatten. Ist der Einbau der Ständerschlußspulen bei eingesetztem Läufer schwierig, und lassen die Raum- und Kranverhältnisse einen gemeinsamen Transport von Ständer und Läufer zu, dann kann selbstverständlich die Fertigstellung der Ständerwicklung vorher durchgeführt werden. Der Läufer wird unter Zuhilfenahme einer Wellenverlängerung seitlich in das Gehäuse eingefahren. Dann erfolgt der gemeinsame Transport über das Maschinenfundament, auf das die Lagerböcke mit ihren Sohlplatten und eventuellen Isolationszwischenlagen und die Gehäusesohlplatten bereits ungefähr ausgerichtet abgesetzt sind. Beim Ab-

setzen geschieht das Anschrauben der Gehäusesohlplatten unter Zwischenlegen der Fußbleche und dann das Ausrichten des Läufers nach der Turbine. Ist dieses beendet, wird der Ständer nach dem Läufer ausgerichtet. Die Sohlplatten werden vergossen und nach dem Abbinden des Betons die Fundamentanker festgezogen. Die oft recht umfangreichen Restarbeiten, wie Anbringen der Schutzkappen, Luftführungen und Luftfilter sowie der Öl- und Kühlwasserleitungen usw., Bohren und Aufreiben der Prisonstiftlöcher für Gehäuse und Lagerböcke, beschließen die Montagearbeiten. Um das Bohren und Aufreiben der Löcher zu erleichtern, werden vor dem Vergießen unter der Sohlplatte entweder Rohrstutzen oder Holzklötze eingekleimt, so daß das mühselige Ausstemmen der Löcher wegfällt.

Der Aufbau senkrechter Generatoren ist je nach deren konstruktiver Ausführung sehr verschieden. Die einfachste Montage ergibt sich bei Generatoren, deren Läufer auf der verlängerten Turbinenwelle fliegend angeordnet sind. In diesem Fall wird zunächst das untere Armkreuz, das auch hier zum Absetzen des Polrades auf Pressen bzw. zur Aufnahme von Bremsböcken dient, auf den vorgesehenen Säulen oder Fundamentklötzen aufgebaut und nach Höhe und Mittel der Turbinenwelle ausgerichtet. Auf diese Unterlagen wird dann das Polrad in seinen Teilen abgesetzt und nach dem Einbringen der Nutfedern zusammengeschrubt. Schrumpfringe werden in der bekannten Weise angewärmt und aufgezo-gen. Mit Rücksicht auf den später erfolgenden Einbau der Ständerschlußplatten wird an einer oder mehreren Stellen des Umfangs die erforderliche Anzahl von Induktorspulen noch weggelassen. Danach wird der Ständer in Teilen auf den Fundamentsäulen abgesetzt und mit der vorgeschriebenen Teilfugenisolation versehen, verschraubt und die Ständerwicklung an den Teilfugen fertiggestellt. Ist Platz genug vorhanden, kann der Zusammenbau und das Fertigstellen der Wicklung auch auf einem Abstellplatz geschehen; der fertige Ständer kann dann über den Läufer gefahren werden. Nach dem Ausrichten des Ständers nach der Wasserwaage und in seiner Höhe erfolgt die Kontrolle des Luftspaltes nach Möglichkeit mit drehendem Läufer, dann das Verschrauben und Prisonieren gegen das Fundament.

Wesentlich schwieriger ist die Aufstellung senkrechter Generatoren, deren Lagerung unabhängig von der Turbine ist und die mit dieser gekuppelt werden. Auch in diesem Falle beginnt der Aufbau mit dem Einlegen und Ausrichten des unteren Armkreuzes nach der Turbinenwelle sowohl in bezug auf die Höhe als nach dem Wellenmittel. Da dieses Ausrichten erfahrungsgemäß nur bis zu einer begrenzten Genauigkeit durchgeführt werden kann, ist eine ausreichende Verschiebemöglichkeit des Armkreuzes gegen seine Sohlplatten vorzusehen. Dem Vergießen der Sohlplatten stehen danach keine Schwierigkeiten im Weg, und es ist die Gewähr geboten, daß beim späteren Einfahren und Absetzen des Läufers keine Verlagerung des Armkreuzes auftreten kann. Im Fundament anzubringende Luftführungen und Feuerschutzrohre werden eingebracht und endgültig befestigt. Die Auflagefläche des Gehäusefundamentes wird bezüglich ihrer Höhe, bei großen Durchmessern zweckmäßig durch Nivellieren, kontrolliert, die erforderlichen Unterlegeisen behelfsmäßig ausgelegt und die gewünschte Lage der Ständerteile durch Zentrierungen und als Durchmesser gespannte Schnüre möglichst genau ermittelt. Dann werden die Ständerteile mit ihren angeschraubten Sohlplatten auf das Fundament gebracht und an den Teilfugen verschraubt. Die Ständerschlußspulen werden eingelegt. Das Ausrichten des Gehäuses in bezug auf seine Höhe geschieht auch jetzt zweckmäßig durch Nivellieren, da erfahrungsgemäß die Kontrolle mit empfindlichen Wasserwaagen an den oberen Flanschen äußerst schwierig und ungenau ist. Ebenso ist die Verwendung langer Lineale, auf deren Mitte dann die Wasserwaage gelegt werden muß, äußerst umständlich und ungenau. Meist stehen nur Lineale bis

zu einer Länge von 4 bis 5 m zur Verfügung, die also nicht über die Mittellinie der Ständer reichen, so daß nur Sehnenwerte gemessen werden können, die wegen der vorhandenen geringen Abweichungen des Ständerflansches und wegen der ungleichen Auflage des Lineals und seiner Durchbiegung wenig übereinstimmende Meßwerte ergeben. Das Nivellieren bietet außerdem den großen Vorteil, daß man bei vorhandenen Meßpunkten im Krafthaus über die absolute Höhe der Ständeroberkante unterrichtet ist. Bei sorgfältiger Messung können auf diese Weise Höhendifferenzen von 0,3 mm einwandfrei ermittelt werden, die man auch mit dem besten Lineal und unter Verwendung der empfindlichsten Wasserwaage bei Durchmessern von 6 m und mehr niemals findet.

Da ein Verschieben des Ständers mit aufgesetztem Armkrenz und hängendem Läufer sehr schwierig ist, außerdem unter Umständen durch das Verschieben unerwünschte Beanspruchungen entstehen können, geschieht zur genauen Ausrichtung der Bohrung gegen das Wellenmittel das Aufsetzen des oberen Armkreuzes vor dem Einbau des Läufers. Das Armkrenz wird mit Hilfe einer Zentrierscheibe mit dem Lot nach dem Turbinenmittel ausgerichtet. Erleichtert wird diese Arbeit, wenn das Armkrenz auf dem Prüfstand gegen den Ständer behelfsmäßig prisioniert war, so daß das mühselige Ermitteln der richtigen Lage des Armkreuzes gegen den Ständer gespart wird. Das eventuelle Verschieben des Ständers erfolgt durch Keilen, eventuell unter Zuhilfenahme des Kranes. Nach Beendigung dieser Arbeit können die Sohlplatten, die gleichmäßig mit Unterlegisen unterfüttert sind, vergossen werden. Das obere Armkrenz wird abgenommen, der Läufer wird in das Gehäuse eingefahren und auf den vorbereiteten Pressen des unteren Armkreuzes möglichst genau zur Turbine ausgerichtet abgesetzt. Um später das Einbauen des Führungs- und Traglagers zu erleichtern, muß der Läufer genau lotrecht stehen. Zweckmäßig wird man daher die Abstellblöcke oder Pressen vor dem Einfahren vielleicht durch Blechunterlagen auf gleiche Höhe bringen. Anschließend wird das obere Armkrenz auf dem Ständer so abgesetzt, daß seine Bohrung mit der Welle zentriert. Das obere Führungslager und das Traglager werden eingebaut. Die den Läufer bis jetzt tragenden Pressen werden entlastet, so daß dieser frei hängt und durch Verschieben des oberen Armkreuzes gegen den Ständer zur Turbinenwelle ausgerichtet werden kann. Für das Verschieben ist eine Verschiebemöglichkeit nach allen Richtungen bei hängendem Läufer unbedingt zweckmäßig, da das Entlasten des Armkreuzes und damit Anheben des Läufers stets Verlagerungen mit sich bringt, die das Ausrichten sehr langwierig machen. Von den Turbinenlieferanten werden in bezug auf Genauigkeit des Ausrichtens sowohl in radialer als axialer Richtung sehr hohe Forderungen gestellt. Radiale und axiale Abweichungen von 0,03 mm und Abweichungen in der Höhe von 0,2 bis 0,3 mm werden als zulässige Ungenauigkeiten erkannt. Anschließend geschieht das Einstellen des unteren Armkreuzes mit Hilfe von Stichmaßen, mit denen der Abstand zwischen Welle und Armkreuzbohrung gemessen wird, und das Einziehen der unteren Lager. Ist diese Arbeit beendet, erfolgt das Kuppeln des Turbinenläufers durch Hochziehen mit Hilfe provisorischer Kupplungsbolzen und das Aufreiben der Kupplungslöcher. Der Anbau der Spritzringe in den Lagern und der Ölfänger, der Ölleitungen usw., der Luftführungen, Podeste und Treppen beschließt den Aufbau des Generators. Der Anbau gekuppelter Erregermaschinen wird anschließend vorgenommen.

Liegt das Traglager nicht im oberen Armkrenz, sondern im unteren, dann gestaltet sich der Aufbau naturgemäß einfacher. Der Läufer wird auf dem ausgerichteten unteren Armkrenz möglichst genau zentriert abgesetzt. Das Traglager ist vor dem Einfahren bereits

eingebaut, das untere Führungslager wird eingezogen. Dann wird der Läufer gegen die Turbine durch Verschieben des unteren Armkreuzes bei hängendem Läufer ausgerichtet; anschließend wird das Ausrichten des Gehäuses gegen den Läufer und das Aufsetzen des oberen Armkreuzes und, falls ein Führungslager vorhanden ist, dessen Einbau durchgeführt. Der Zusammenbau der Läufer geschieht, wie vorher erwähnt, am zweckmäßigsten über einer Montagegrube in senkrechter Lage, so daß das mühsame und schwierige Aufrichten des fertigen Läufers mit eingezogener Welle gespart wird.

Bei Generatoren, die nicht mit Sohlplatten befestigt werden, sondern deren Ständer auf dem Schachtring der Turbine verschraubt wird, wird mit Rücksicht auf die zu bohrenden Befestigungslöcher nach dem Aufsetzen des Gehäuses und Ausrichten sowie dem Vorreißen der Befestigungslöcher der nochmalige Abbau nicht zu umgehen sein. Die Löcher müssen entweder geknarrt werden, was natürlich bei der großen Zahl und ihren großen Durchmessern sehr zeitraubend ist, wenn es nicht möglich ist, eine geeignete Bohrmaschine vorzusehen. Das vorherige Bohren der Löcher im Schachtring dürfte wegen der unvermeidlichen Ungenauigkeiten immer ein Wagnis sein, wenn man nicht kostspielige Bohrschablonen anwenden will. Eine billigere und sehr zweckmäßige Lösung ist die Verwendung von Zentrierringen in den Fußlöchern. Die letzteren sind in diesem Fall größer gebohrt; die Zentrierringe werden nach den Löchern im Schachtring angerissen, herausgenommen und gebohrt.

Sind Generator und Schaltanlagen sowie die Turbine in all ihren Teilen betriebsbereit, dann kann mit der Inbetriebsetzung begonnen werden. Das erstmalige Anfahren wird bei reichlicher Ölzugabe in den Lagern zunächst bis zur halben Nennzahl vorgenommen. Erst im Verlauf von Stunden, wenn die Beobachtung der Lagertemperatur und der Ölzufuhr ein einwandfreies Laufen vermuten läßt, wird die Drehzahl bis zur Nennzahl langsam gesteigert. Ergeben sich bei mehrstündigem Lauf keine Schwierigkeiten, dann kann mit der Trocknung der Wicklungen im Kurzschluß begonnen werden. Auch hier wird man die Steigerung des Stromes bis zum Nennstrom langsam vornehmen. Ist der gewünschte Isolationswiderstand der Wicklung erreicht, wird die Trocknung beendet und der Generator langsam auf Spannung gefahren. Nach mehrstündigem Lauf mit Nennspannung und nach Kontrolle des Drehfeldes und der Synchronisiereneinrichtung kann der Generator mit dem vorhandenen Netz parallelgeschaltet und belastet werden, falls nicht vorher mit Rücksicht auf die Kontrolle der Turbinenregelung bereits eine Belastung auf Wasserwiderstand erfolgt. Je nach den Forderungen des Kunden können Garantiversuche vorgenommen werden, die in ähnlicher Weise wie auf dem Prüfstand des Werkes verlaufen.

#### Zusammenfassung

Im ersten Abschnitt des Aufsatzes wurden die Prüfmöglichkeiten großer Wasserkraftgeneratoren umrissen und festgestellt, daß Prüfungen nur in beschränktem Umfang möglich sind. Die eigentlichen Garantiversuche können nicht im Herstellungswerk, sondern nur an Ort und Stelle nach der Montage vorgenommen werden.

Im zweiten Abschnitt wurden die Aufstellungsarbeiten großer Wasserkraftgeneratoren am Ort beschrieben. Es hat sich in der Praxis oft gezeigt, daß sich bei genauer Kenntnis der erforderlichen Arbeiten durch zweckmäßigeren konstruktiven Aufbau ohne Mehrkosten wesentliche Vereinfachungen erzielen lassen, die nicht nur bei der Aufstellung, sondern jeder planmäßigen Überholung zugute kommen. Hier ist eine Zusammenarbeit zwischen Konstrukteur und Montageingenieur unbedingt erforderlich.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.18

**Die deutschen Einheitskessel.** [Nach H. Hellmich u. E. Niessen, Arch. Wärmew. 20 (1939) S. 113; 5 S., 4 B.]

Aus den auf Vereinheitlichung abzielenden Bestrebungen im Kesselbau sind in Gemeinschaftsarbeit und auf Grund von Erfahrungsaustausch zwischen den maßgebenden Vereinigungen der Hersteller und Verbraucher Einheitsentwürfe und damit die Einheitskesselserie entstanden. Es gilt die Lieferzeiten auf ein Kleinstmaß herabzusetzen. Oberster Grundsatz war, nur Bauarten in die Liste aufzunehmen, die sich als Kessel mit natürlichem Umlauf und als Sonderbauarten schon häufig bewährt haben und den höchsten Ansprüchen gerecht werden. Von dem Normblatt DIN 2901 ausgehend wurden für die Einheitsliste die drei Betriebsdruckstufen 125, 80 und 40 atü gewählt. Die Liste kennt als Leistungsangabe nur noch die höchste Dauerleistung und nur zwei Dampftemperaturen 500 °C bei 125 und 80 atü und 450 °C bei 40 atü. Die Leistungen sind z. B. bei natürlichem Umlauf:

50, 80 und 125 t/h . . . . .	bei 125 atü
32, 50, 80 und 125 t/h . . . . .	„ 80 „
32 und 50 t/h . . . . .	„ 40 „

Für den höchsten Druck ist erforderlichenfalls Rauchgaszwischenüberhitzung von 300 auf 400 °C bei 20 atü vorgesehen. Die Speisewassertemperaturen betragen 200, 190 und 150 °C entsprechend den Stufen 125, 80 und 40 atü.

Die Liste gibt bei den Brennstoffen für Steinkohle das zu überbrückende Gebiet von 6300 bis 5500 und bei Braunkohle zwischen 2400 und 1800 kcal/kg an und sieht für die Drücke 80 und 125 atü wegen der großen Wirtschaftlichkeit, Regelfähigkeit und leichten Unterbringungsmöglichkeit ausschließlich Staubfeuerung vor (Anm. d. Ber.: Der sehr hohe Bedarf an Steinkohle, besonders der Feinkohle, für andere wichtige Zwecke zwingt auch zu anderen Feuerungsarten).

Der Wirkungsgrad der Einheitskessel wurde für Steinkohle mit 85% und für Braunkohle mit 83% bei höchster Dauerleistung und einer Abgastemperatur von 160 °C oder 180 °C (Braunkohle) festgelegt. Die Verfasser erläutern und zeigen in Bildern zwei Einheitskessel für 40 und 125 atü und zwei Sonderkessel für 80 und 125 atü. Eine größere Zahl von Einheitskesseln ist bereits in Auftrag. *El.*

### Geräte und Stromrichter

DK 537.531 : 621.385.832

**Die Entstehung von Röntgenstrahlen beim Betrieb Braunscher Röhren mit hoher Anodenspannung.** [Nach H. Bode u. H. Glöde, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 117; 7 S., 16 B.]

Mit der Anwendung hoher Spannungen (über etwa 15 kV) bei Braunschen Fernseh- und Oszillographenröhren wird auch die Frage wichtig, in welchem Maße beim Betrieb dieser Röhren Röntgenstrahlen entstehen. Während unter 15 kV Anodenspannung die entstehende Strahlung bekanntlich so weich ist, daß sie nicht merklich durch die Glaswände üblicher Stärke (1 bis 2 mm) nach außen dringt, kann die bei 15 bis 50 kV aus der Röhre tretende noch verhältnismäßig weiche Strahlung zu besonders unangenehmen Schädigungen der mit solchen Röhren arbeitenden Personen führen. Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind nun Untersuchungen über die aus einer Braunschen Röhre austretende Röntgenstrahlung. Nach einem allgemeinen Abschnitt über die Entstehung der Röntgenstrahlen und die Messung der Dosis bzw. Dosisleistung wird die Meßanordnung beschrieben: Mit Rücksicht auf die Aufladungserscheinungen bei isolierten Leuchtschirmen wurden die Leuchtschirme auf Metallplatten oder auf dünne, ausreichend gut leitende Schichten mit vernachlässigbarer Absorption der Röntgenstrahlen aufgebracht. Da im Betriebe bei starker Schirmaufladung entsprechend hoch beschleunigte Sekundärelektronen auf andere (Metall-)Teile der Röhre auftreffen können, wurden auch die in Frage kommenden Metalle untersucht. In allen Fällen wurde die von einem kleinen Raster

ausgehende Röntgenstrahlung mit einem Siemens-Dosismesser gemessen. Abgesehen von einigen mehr bestätigenden Messungen (Abnahme der Dosisleistung mit der Entfernung vom Raster, Proportionalität der Dosisleistung mit dem Strahlstrom) wurde vor allem die Richtungsverteilung (vgl. Bild 1) und die Ab-

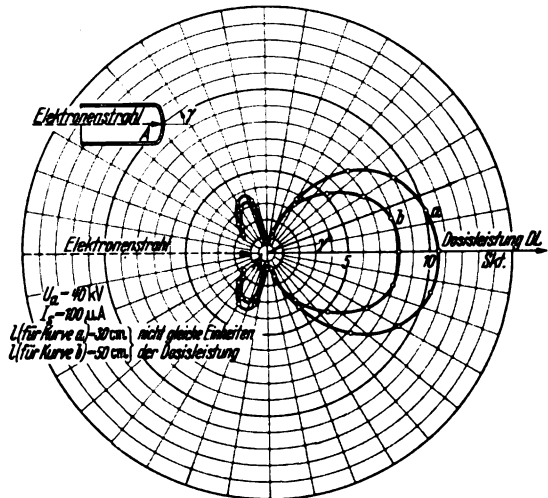


Bild 1. Richtungsverteilung der Dosisleistung DL der Röntgenstrahlung für einen Leuchtschirm, der auf dünner Kohleschicht aufgebracht ist.

hängigkeit der Dosisleistung von der Anodenspannung untersucht, und zwar bei verschiedenen Leuchtstoffen und zum Vergleich bei einigen in diesen Leuchtstoffen vorhandenen Metallen (vgl. Bild 2) sowie bei verschiedenen Elektrodenmetallen. Für den Verlauf dieser Kurven ist besonders im Bereich geringer Anodenspannungen die Absorption der Röntgenstrahlung in der Glaswand der Versuchsröhre be-

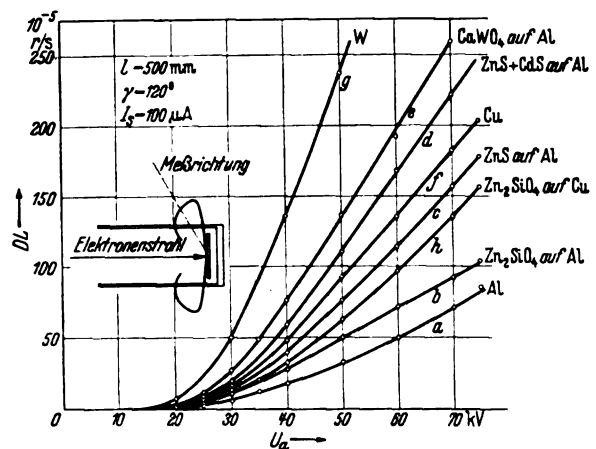


Bild 2. Zunahme der Dosisleistung DL der Röntgenstrahlung mit der Anodenspannung Ua bei den rechts angegebenen Schirmstoffen. (Leuchtschirm auf Metallplatte aufgebracht.)

stimmend. Bemerkenswert ist, daß das Trägermetall des Leuchtschirms erst von einer bestimmten Anodenspannung ab den Verlauf der Kurve zu beeinflussen beginnt, wenn nämlich die Elektronen in merklicher Menge durch die Leuchtstoffschicht hindurch in das Trägermetall einzudringen beginnen und dort die Strahlung des Trägermetalls auslösen (vgl. die Kurven a, b, h, c in Bild 2). Zum Schluß werden Ergebnisse von Schwächungsmessungen mit Glas und Metallen und eine Kurventafel wiedergegeben, aus der für die jeweiligen Betriebsbedingungen die Bleistärke entnommen werden kann, die die aus der Röhre austretende Röntgenstrahlung auf einen bestimmten Toleranzwert herabsetzt. *os.*

DK 621.314.224.3 : 621.315.684

**Über Stromwandleranschlüsse, unter besonderer Berücksichtigung von Leichtmetall-Schraubverbindungen.** [Nach K. Wethmüller, AEG-Mitt. (1939) S. 237; 4 S., 6 B.]

Die Forderungen an einen brauchbaren Anschluß sind:

1. Innehaltung der zulässigen Erwärmungsgrenze im Dauerbetrieb mit dem 1,2 fachen Nennstrom.
2. Ausreichende thermische und dynamische Kurzschlußfestigkeit.
3. Geringster Werkstoffaufwand.

Die Erfüllung dieser Forderungen, insbesondere bei Leichtmetall-Schraubverbindungen, ist von der Beschaffenheit der Kontaktfläche in hohem Maße abhängig. Die scheinbare Kontaktfläche setzt sich aus Teilflächen mit metallischem Kontakt (wirkliche Kontaktflächen), aus Teilflächen mit Kontakt über Fremdschichten und solchen ohne jeden Kontakt zusammen. Die im Betrieb vorkommenden Kontaktflächen sind, auch wenn sie durch Befleilen oder Schaben blank gemacht wurden, keineswegs metallisch rein. Sie überziehen sich, sowie sie mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen, mit einer Oxydschicht, welche infolge ihres hohen spezifischen Widerstandes die Kontaktgabe außerordentlich erschwert.

Wenn nun die Kontaktflächen unter Druck gesetzt werden, so wird diese Oxydschicht an den sich zuerst berührenden und daher zunächst dem Druck ausgesetzten Punkten zerrissen und zur Seite geschoben. Infolge der Innigkeit der Berührung wird jede weitere Oxydation an diesen Teilflächen vermieden; sie bleiben daher metallisch rein. Je weiter der Druck jetzt gesteigert wird, desto größer ist die Zahl der metallisch reinen Teilflächen, und desto kleiner wird damit der Übergangswiderstand der gesamten scheinbaren Kontaktfläche. Die Anzahl der sich an der Stromleitung beteiligenden Teilflächen ist also um so größer, je größer der Druck und je größer die Fläche ist. Es kommt nun darauf an, den auf die gesamte scheinbare Kontaktfläche bezogenen Druck, den scheinbaren spezifischen Flächendruck, so zu wählen, daß unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit und unter Berücksichtigung der mechanischen Eigenschaften des betreffenden Werkstoffes eine sichere Kontaktgabe erzielt wird.

Eine Steigerung des spezifischen Flächendrucks über etwa 50 kg/cm<sup>2</sup> bringt keine nennenswerte Verringerung des Spannungsabfalls mehr. Die Auswahl der Schrauben für einen Anschluß hat daher unter dem Gesichtspunkt zu erfolgen, wie der nötige Kontaktdruck unter Zugrundelegung genügender Sicherheit erzeugt werden kann. Es erweist sich dann oft, daß — entgegen der üblichen Anschauung — eine Verkleinerung der Kontaktfläche eine technisch einwandfreie und zugleich auch wirtschaftliche Lösung ergibt. Eine noch weitere Verringerung der scheinbaren Kontaktfläche läßt den nötigen Kontaktdruck auch mit geringem Schraubenaufwand erreichen. Es kann hier jedoch der Fall auftreten, daß die Forderung nach ausreichender Kurzschlußfestigkeit nicht miterfüllt wird. Die Bemessung der scheinbaren Kontaktfläche muß unter Berücksichtigung der bei Kurzschluß auftretenden Erwärmung erfolgen und kann daher nur auf Grund von entsprechenden Versuchen vorgenommen werden. Es ergibt sich also, daß der Großflächenanschluß bei hinreichendem Schraubenaufwand eine zwar zuverlässige, aber sehr unwirtschaftliche Kontaktverbindung darstellt. Der Anschluß mit mäßig großen Kontaktflächen und einem spezifischen Flächendruck von etwa 50 kg/cm<sup>2</sup> ergibt eine ebenso zuverlässige, aber bedeutend wirtschaftlichere Lösung, während der Kleinflächenkontakt zwar das Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit darstellt, aber bei hohen Kurzschlußbeanspruchungen mit Vorsicht anzuwenden ist.

Joh.

### Elektrische Maschinen

DK 621.313.325

**25 000 kVA-Synchron-Blindleistungsmaschine für Krängede.** [Nach H. Lundvist, Asea's Tidn. 31 (1939) S. 66; 8 S., 8 B.]

Vom Kraftwerk Krängede in Jämtland führt eine 340 km lange 220 kV-Leitung nach Horndal. Die Leitung teilt sich hier in je eine Leitung nach Västerås, Stockholm und Nässjö. Zum Zwecke der Phasenkompensation und der Spannungsregelung ist in Horndal eine synchrone Blindleistungsmaschine für Dauerbetrieb mit 25000 kVA bei Übererregung, 50 Hz, 9500 bis 10500 V, Erwärmung nicht über 70°C, aufgestellt worden. Als kurzzeitige Belastung können 40000 kVA bei Übererregung und 10500 V oder 15000 kVA bei Untererregung und 8500 V erreicht werden. Die Maschine ist mit einem verhältnismäßig

großen Luftspalt gebaut worden, damit die geforderte kapazitive Belastung bei Untererregung erreicht werden kann. Der Kurzschlußstrom bei Leerläufererregung ist ungefähr gleich dem Nennstrom. Die Maschine besitzt acht ausgeprägte Pole, eine Drehzahl von 750 U/min und gekapselte Bauart. An jedem Läuferende ist ein Schraubenlüfter angebracht; die Luft wird in axialer Richtung in die Maschine hineingepreßt und verläßt diese durch radiale Schlitze im Blechpaket. Die Maschine ist mit angebauter Haupt- und Hilfserrergermaschine versehen. Das Anlassen erfolgt durch einen angebauten Anwurfmotor. Gehäuse und Ständerschilde sind geschweißte. Die Gütezahl der verwendeten Bleche ist 1,3 W/kg für 10000 Gauß und 50 Hz. Zur Verminderung der Verluste wurden die Druckfinger aus unmagnetischem Werkstoff vorgesehen, das Blechpaket an den Maschinenenden abgeschragt und die offenen Nuten mit Vornuten versehen. Die Wicklung ist eine gesehnte, gut versteifte Faßwicklung. Die unter sich gleichen Spulen werden vor dem Einlegen in die Nuten fertig isoliert. Die Isolation besteht aus Mikanit und Glimmerband. Durch starkes Unterteilen der Leiter und schrittweises Vertauschen der Lage der Teileiter ist dafür gesorgt, daß die Zusatzverluste im Kupfer möglichst klein bleiben. An den Stirnseiten ist die Wicklung mit einem Glimmschutz aus Asbestband versehen. Der Läuferkörper besteht aus Stahlguß; vorgedreht beträgt sein Gewicht 24 t. Magnetring und Polkerne sind in einem Stück gegossen. Der Läuferwerkstoff hat eine Bruchgrenze von 44 kg/mm<sup>2</sup>, Streckgrenze von 25 kg/mm<sup>2</sup> und 34 % Dehnung bei halber normaler Meßlänge. Die Wellenenden bestehen aus Schmiedestahl und sind mit Schrauben an dem Läuferkörper befestigt. Die Polschuhe sind aus Stahlguß; sie sind mit 47 versenkten Schrauben je Pol an dem Polkern befestigt. Bei der Schleuderprobe wurden diese Schrauben mit 1150 t/Pol beansprucht. Die Ausführung mit massiven Polschuhen konnte gewählt werden, weil das Verhältnis Luftspalt zu Nutenöffnung sehr groß und infolgedessen mit nur geringen Wirbelstromverlusten zu rechnen war. Die massiven Polschuhe ergeben eine gute Dämpfung und dynamische Stabilität gegen Pendelungen des Läufers; dieser ist deshalb ohne Dämpferwicklung gebaut. Die Läuferwicklung besteht aus hochkant gewickeltem Kupfer, die Windungsisolation aus lackiertem Asbest. Die Isolation gegen Jochkern und Polschuhe besteht aus einem Glimmererzeugnis. Als Isolierung zwischen Magnetkern und Spulen sind Zylinder aus Preßspan vorgesehen.

Die Einrichtung für die Schnellregelung besteht aus einem Schnellregler in Verbindung mit einem Schnellerregersatz. Der Schnellerregler für 4,5 kW, 1450 U/min,  $\pm 500$  V wird von einem Gleichstrommotor, der von der Hilfserrergermaschine gespeist wird, angetrieben. Die Zeitkonstante der Haupterrergermaschine ist klein gewählt worden, so daß eine sehr große Änderungsgeschwindigkeit der Erregerspannung, 1500 V/s, erzielt wurde. Für den Anlauf wurde zur Vermeidung der hohen Anlaufströme beim Selbstanlauf ein Anwurfmotor vorgesehen, der so bemessen wurde, daß in zwei Stunden drei Anläufe gemacht werden können. Bei der Probe im Prüffeld wurden zwei Leerlaufdauerproben und eine Kurzschlußdauerprobe gefahren. Aus diesen Messungen wurden folgende Erwärmungen errechnet: Blechpaket 28°C (Thermometer), Ständerwicklung 39°C (Thermometer), 43°C (Thermoelement), 48°C (Widerstandsverfahren); Läuferwicklung 45°C (Widerstandsverfahren). Die Verlustmessung ergab für die Reibungsverluste 118 kW, Eisenverluste 105 kW, Gleichstromverluste in der Ständerwicklung bei 75°C 64 kW, Zusatzverluste 42 kW, Läuferkupferverluste bei 75°C 64 kW. Die Gesamtverluste betragen 393 kW, d. i. 1,6 % von der Nennleistung der Blindleistungsmaschine. Chr.

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.398.083.7

**Fernmessung nach dem Amplituden-Modulationsverfahren.** [Nach T. Tomituka, Electrotechn. J. 3 (1939) S. 79; 2½ S., 12 B.]

Der Verfasser behandelt ein Fernmeßverfahren, bei dem die Meßgröße durch Verändern des Modulationsgrades einer modulierten Trägerwelle übertragen wird. Das Verfahren ist an sich nicht neu<sup>1)</sup>; die bisherigen Ausführungen haben jedoch wegen ihrer Kompliziertheit keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Für die Änderung des Modulationsgrades in Abhängigkeit von der Meßgröße auf der Geberseite und für die Messung des Modulationsgrades auf der Empfängerseite werden prinzipielle

<sup>1)</sup> Siehe DRP 599111 vom 28. 6. 32.

Lösungen angegeben. Der Geber besteht danach im wesentlichen aus drei in Reihe geschalteten festen Spulen, die mit Trägerstrom gespeist werden. In dem Magnetfeld der ersten Spule befindet sich eine weitere Spule, die mit konstanter Geschwindigkeit angetrieben wird. Dieses Spulenpaar erzeugt also eine Trägerwelle, die nahezu 100prozentig moduliert ist, und zwar mit einer Frequenz, die der konstanten Drehzahl der beweglichen Spule entspricht. Dem zweiten Magnetsystem ist eine mit dem zu übertragenden Meßsystem gekoppelte Spule zugeordnet, deren induzierte Spannung der Größe nach von der Stellung des Meßsystems abhängt. Die Spule des dritten Magnetsystems kann in einem beliebigen Winkel fest eingestellt werden. Die Reihenschaltung der drei Spulensysteme ergibt dann eine modulierte Trägerfrequenz, deren Modulationsgrad von der Stellung des Meßsystems abhängt. Das dritte festeingestellte Spulensystem dient lediglich dem Zweck einer Nullpunktverschiebung. Als Empfangsinstrument dient ein Kreuzspulsystem, dessen eine Spule kurzgeschlossen ist und deren andere Spule von einem der Trägerfrequenz proportionalen Gleichstrom  $I_1$  durchflossen wird. Das Magnetsystem des Kreuzspulsystems wird von dem gleichgerichteten modulierten Trägerstrom gespeist, der nach Unterdrückung der Trägerfrequenz aus zwei Komponenten besteht, nämlich aus dem der Trägerfrequenz proportionalen Gleichstrom  $I_1$  und der überlagerten Modulationsfrequenz  $I_2 \cos \omega t$ . Die niederfrequente Komponente übt auf die kurzgeschlossene bewegliche Spule und die Gleichstromkomponente auf die zweite ebenfalls mit  $I_1$  gespeiste bewegliche Spule des Kreuzspulsystems ein Drehmoment aus. Der Ausschlag des Kreuzspulsystems ist somit dem Modulationsgrad proportional.

Die Gleichspannung  $I_1$  und die Modulationsfrequenz  $I_2 \omega t$  werden durch Trockengleichrichter gewonnen. Da der Trockengleichrichter im unteren Bereich eine annähernd quadratische Kennlinie besitzt, wird ihm eine zweite Gleichrichteranordnung vorgeschaltet, die so ausgebildet ist, daß sich die Nichtlinearitäten beider Gleichrichter kompensieren.

Die an sich interessanten Lösungsmöglichkeiten sind immer noch so verwickelt, daß sie für die Praxis kaum brauchbar sind. Ein weiterer Nachteil, der die Einführung erschweren, wenn nicht unmöglich machen wird, besteht darin, daß die Summierung mehrerer Meßwerte ohne umständliche Mittel nicht möglich ist. Für das System spricht die geringe Bandbreite für den einzelnen Meßwert und die Unabhängigkeit der Übertragung und der Anzeige von den verwendeten Hilfsspannungen.  
Kbh.

DK 621.317.725

**Ein registrierendes Voltmeter für luftelektrische Untersuchungen.** [Nach E. J. Workman u. R. E. Holzer, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 160; 4 S., 3 B.]

Um das luftelektrische Feld während eines Gewitters aufzeichnen, benutzen E. J. Workman und R. E. Holzer eine metallische Platte von der Form der Nadel eines Quadrantenelektrometers, die durch einen Motor in Drehung versetzt wird. Sie wird nach oben durch eine Metallplatte mit zwei Öffnungen abgeschirmt. Steht die drehbare Platte unter den Öffnungen, so ist sie geerdet, und das Erdfeld erzeugt eine Influenzladung, die seiner Feldstärke proportional ist. Nähert sich die Platte der Abschirmung, so wird sie durch einen Kommutator mit einem Einfadenelektrometer verbunden, dessen Kapazität klein gegen die der Platte ist. Es nimmt daher nach wenigen Umdrehungen die volle Spannung der sich drehenden Platte an. Das Bild des Fadens wird auf ein Filmband geworfen, das durch den gleichen Motor fortbewegt wird. Der Aufbau des Geräts ist so gewählt, daß es auch bei widrigen Wetterverhältnissen einwandfrei Feldstärken bis zu 1000 V/cm in der Zeit einer Sekunde aufzeichnet. Br.

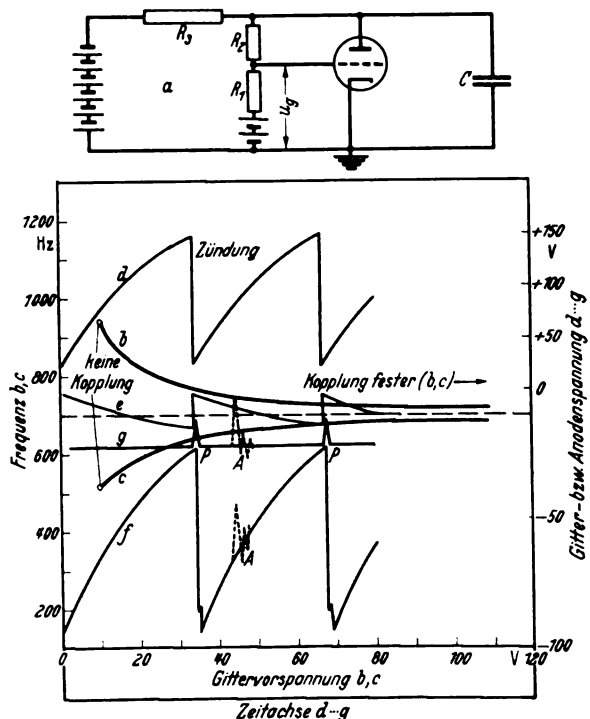
**Fernmeldetechnik**

DK 538.561 : 621.396.616

**Ein stabilisierter Kippschwingungserzeuger.** [Nach W. E. Kock, Electronics 12 (1939) S. 20; 2 S., 3 B.]

In der Arbeit wird ein Kippschwingungserzeuger beschrieben, der mit einer gasgefüllten Röhre bestückt ist und bei dem gemäß der in Bild 3a gezeigten Schaltung ein Teil der Spannung des Entladekreises auf das Steuergitter gekoppelt wird. Diese Kopplung erfolgt über einen ohmschen Widerstand  $R_2$ . Das Steuergitter ist statisch stark negativ vorgespannt; diese Vorspannung kommt voll jedesmal nur zu

Beginn der Aufladung, d. h. also unmittelbar nach erfolgter Zündung, zur Geltung und wird mit zunehmender Aufladung weniger negativ. Setzt man nun eine Röhre mit ungewöhnlich hoher Zündspannung in diese Schaltung ein, so bewirkt die genannte Spannungskopplung wegen dieser Minderung der negativen Vorspannung einen früheren Einsatz der Zündung als in gewöhnlicher Schaltung; Röhren mit kleiner Zündspannung zünden in der beschriebenen Schaltung später, weil im Augenblick, wo die Aufladung bis zur Zündspannung fortgeschritten ist, die Gitterspannung noch genügend negativ ist, um eine Zündung zu verhindern. Die zusätzliche Kopplung gleicht also die durch Zündspannungstoleranzen verursachten Frequenzänderungen beim Röhrenaustausch aus; anschaulich zeigen dies die Kurven b und c, die zu Röhren gehören, die beim Einsatz in eine gewöhnliche Schaltung Kippschwingungen ergeben, deren Frequenzen sich um 100% unterscheiden. Mit zunehmendem Kopplungsgrad liefern beide Röhren Kipp-



- a Schaltung
- b, c Frequenzgang mit fester werdender Kopplung bei zwei in gewöhnlicher Schaltung sehr unterschiedlichen Röhren
- d zeitlicher Verlauf der Anodenspannung
- e zugehörige kritische Gitterspannung
- f Gitterspannung bei Kopplung
- g Gitterspannung bei der gewöhnlichen Schaltung

Bild 3. Ausgeglichener Kippschwingungserzeuger.

schwingungen, deren Frequenzen immer weniger voneinander abweichen. Dabei ist die Kopplung um so fester, je kleiner der Kopplungswiderstand  $R_2$  im Vergleich zum Gitterwiderstand  $R_1$  ist. Allgemein läßt sich für die Zündspannung bei gegebener Gittervorspannung  $U_g$  bei der Schaltung mit Spannungskopplung die Formel  $U_z = U_g \frac{R_2 c_1 - (R_1 + R_2) c_2}{R_1 (1 + c_1) + R_2}$  angeben, wobei  $c_1$  und  $c_2$  Röhrenfestwerte sind, die vor allem von den Elektrodenabständen und vom Gasdruck abhängen. Günstig wirkt sich die eingeführte Schaltungsänderung ferner auf die Stabilität der Synchronisierung aus, wie die in Bild 3 d bis g gezeigten Kurven veranschaulichen. Gezeigt ist hier der Verlauf der Anodenspannung  $d$  während der Kondensatoraufladung und Entladung sowie die in jedem Augenblick dieses Vorganges zur Einleitung einer Zündung nötige Gitterspannung  $e$ . Die Kurve  $f$  stellt den tatsächlichen Verlauf der Gitterspannung in der verbesserten Schaltung, die Kurve  $g$  den Gitterspannungsverlauf in der gewöhnlichen Schaltung dar; der Punkt  $P$  bezeichnet den Einsatz des Synchronisierimpulses. Den Kurven läßt sich entnehmen, daß die neue Schaltung



gegen Störpulse  $A$  viel unempfindlicher ist als die gewöhnliche Schaltung, indem diese Spannungen die kritische, durch die Kurve  $e$  festgelegte Spannungsgrenze jetzt weniger leicht erreichen können. Schließlich hat die neue Schaltung den Vorteil, daß die Rückbildung, die sofort nach erfolgter Zündung einsetzt, infolge der jetzt sehr hohen negativen Spannung am Gitter und damit großen Saugwirkung desselben bezüglich der positiven Ionen viel schneller vor sich geht als im gewöhnlichen Fall. Das bedeutet aber, daß in der neuen Schaltung mit gasgefüllten Röhren viel höhere Frequenzen erzeugt werden können, als dies bisher möglich war. *E. C. M.*

DK 621.395.44: 621.315.21.052.7

**Trägerstrombetrieb in älteren Fernkabeln.** [Nach R. Bélus u. L. Simon, Ann. Post. Télégr. Téléph. 28 (1939) S. 239; 23 S., 15 B.]

Infolge des ständig zunehmenden Bedarfs an neuen Fernsprechverbindungen entstand in Frankreich die Frage, inwieweit eine zusätzliche trägerfrequente Ausnutzung der älteren Fernkabel möglich ist. Hierbei handelt es sich um die gleichzeitige Übertragung des normalen niederfrequenten Sprachbandes und eines zweiten durch Modulation einer Trägerfrequenz entstehenden Frequenzbandes auf ein und demselben Stromkreis. Diese trägerfrequente Ausnutzung wird bei den mit der Bepulung H 22/9 (d. h. 22 mH-Spulen in den Stammkreisen, 9 mH-Spulen in den Viererkreisen) ausgerüsteten Stromkreisen der neueren Fernkabel schon seit einer Reihe von Jahren durchgeführt. Hierbei erstreckt sich das Niederfrequenzband von 300 bis 2400 Hz, das Trägerfrequenzband von 3600 bis 5700 Hz (Träger: 6000 Hz). Bei den älteren Fernkabeln (verlegt vor 1934) mit der leichten Bepulung H 44/18, bei denen die Grenzfrequenz der Stammkreise bei 5700 Hz, diejenige der Viererkreise bei 7000 Hz liegt, eignen sich für die Übertragung des trägerfrequenten Bandes nur die Viererkreise. Der Trägerstrombetrieb auf diesen Viererkreisen ist jedoch nur dann störungsfrei durchzuführen, wenn die Nebensprechdämpfung bei den Frequenzen des Trägerfrequenzbandes genügend groß ist. Außerdem hängt die Eignung für den Trägerstrombetrieb von der Größe des nichtlinearen Nebensprechens zwischen Niederfrequenz- und Trägerfrequenzkanal ab. Dieses nichtlineare Nebensprechen, das durch die Hysterese der Pupinspulen und durch Nichtlinearitäten der Verstärker entstehen kann, ist im allgemeinen unverständlich, d. h. es wirkt sich nur als Geräusch aus.

Durch Messungen an zwei älteren Fernkabeln ist nun festgestellt worden, daß die Werte für Neben- und Gegennebensprechdämpfung sowie für nichtlineares Nebensprechen bei den mit 18 mH-Spulen ausgerüsteten Viererkreisen so gut sind, daß sie die Bedingungen des neuesten Pflichtenheftes für die Trägerfrequenzleitungen der neueren Kabel erfüllen. Die Übertragung des Trägerfrequenzkanals auf diesen Stromkreisen ist demnach ohne weiteres möglich. Weitere Messungen an Endeinrichtungen haben gezeigt, daß auch diese bei besonderer Abschirmung für den Trägerstrombetrieb geeignet sind. Als Stromquelle wurde bei diesen Messungen ein Generator mit komplexer Frequenz (Leistung 0,3 mW, Spitzenspannung 1,1 V an 800  $\Omega$ ) verwendet, als Anzeigergerät ein Röhrenvoltmeter.

Bisher ist der Trägerstrombetrieb auf 20 Stromkreisen zwischen Paris und Marseille bzw. Cannes eingerichtet worden. In Kürze sollen noch 22 Trägerstromkreise zwischen Paris und Lyon in Betrieb genommen werden. *M/s.*

DK 621.398 : 614.84

**Einrichtung zur selbsttätigen Feuermeldung unter Verwendung der Wheatstoneschen Brückenschaltung.** [Nach C. Chouquet, Génie civ. 114 (1939) S. 341; 3 S., 5 B.]

Bei der Einrichtung zur selbsttätigen Feuermeldung nach dem System Le Jor wird das Prinzip der Wheatstoneschen Brücke verwendet, das im übrigen bei Raumschutzanlagen bereits seit Jahren angewendet wird. Zu diesem Zweck werden die Melder, die aus reinem Nickeldraht bestehen, in die vier Zweige der Brücke gelegt, während in der einen Diagonalverbindung ein hochempfindliches Kontaktgalvanometer liegt und in der zweiten Diagonalverbindung die Stromquelle, eine Akkumu-

latorenatterie, eingeschaltet ist. Da sich der Widerstand von reinem Nickel bei Temperaturschwankungen sehr stark ändert, sind diese Melder sehr empfindlich. Bei auftretender Erwärmung in dem zu schützenden Raum stören sie durch ihre Widerstandsänderung das Gleichgewicht der Brücke, so daß der Zeiger des Kontaktinstrumentes, der im Ruhezustand in der Mittelstellung steht, nach einer der beiden Seiten ausschlägt, Kontakt gibt und so auf die Gefahr eines im Entstehen begriffenen Brandes aufmerksam macht. In jeden Zweig der Brücke können 1 bis 10 Melder geschaltet werden, so daß eine derartige Anlage für 40 Melder ausreicht. Durch Ausgleichswiderstände wird der Widerstandsunterschied, der durch die unterschiedliche Anzahl der Melder in den einzelnen Zweigen, verschiedene Leitungslängen oder Unterschiede in den Melderwiderständen verursacht sein kann, ausgeglichen und die Brücke ins Gleichgewicht gebracht. Die 40 Melder können auf zwei verschiedene Gruppen verteilt werden, die durch den Ausschlag des Zeigers nach links oder rechts gekennzeichnet werden. Für Anlagen mit großen Melderzahlen wird jedoch nicht für je 40 Melder ein Kontaktinstrument vorgesehen, sondern der Aufbau so durchgeführt, daß über einen ständig umlaufenden Auswahlwähler ein gemeinsames Galvanometer abwechselnd an die einzelnen Brücken angeschlossen wird. Nach erfolgter Aufschaltung kann das Instrument dann eine etwaige Störung des Brückengleichgewichtes anzeigen und die meldende Gruppe kenntlich machen. Die Verwendung der Nickeldrahtmelder hat den Vorteil, daß keinerlei Kontakteinrichtungen benötigt werden, wodurch die Betriebssicherheit erheblich erhöht wird. Andererseits ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Auswahlwähler, der aus einem normalen Fernsprehdrehwähler besteht und mit einer Schrittgeschwindigkeit von einem Schritt je Sekunde fortgeschaltet wird, für einen Umlauf eine Zeit von 50 s erfordert, damit genügend Zeit für die Prüfung der einzelnen Gruppen zur Verfügung steht. Unter Umständen verstreicht also diese Zeit bis zur Anzeige einer Meldung. Ferner ist dieser Auswahlwähler dauernd in Bewegung, so daß die Abnutzung voraussichtlich verhältnismäßig groß sein wird. Schließlich ist eine unterschiedliche Kennzeichnung von Meldungen und Leitungsunterbrechungen nicht möglich, so daß bei einem Leitungsbruch ein Alarm ausgelöst wird, was bei derartigen Anlagen unbedingt zu vermeiden ist. *P. Rr.*

## Physik

DK 537.523.4

**Über den Zündvorgang der elektrischen Entladung bei Atmosphärendruck.** [Nach R. Schade, Z. Phys. 111 (1938) S. 437; 12 1/2 S., 3 B.]

Ziel der vorliegenden beachtenswerten Arbeit ist, in der Theorie des Durchschlags von Entladungsstrecken neben der Elektronenauslösung aus der Kathode durch den Aufprall positiver Ionen (sog.  $\gamma$ -Effekt) einer photoelektrischen Elektronenauslösung durch eine in der Entladung entstehende kurzwellige Strahlung eine wesentliche Rolle zuzuschreiben. Die Veranlassung dazu ergibt sich daraus, daß die formale Ausrechnung aus der Townsendschen Zündbedingung zu einer Feldstärkeabhängigkeit des  $\gamma$ -Effekts führt, die mit anderweitigen gut begründeten Befunden unvereinbar ist. Die (theoretische) Nachprüfung der hier vorgeschlagenen Annahme — die übrigens an sich nicht neu ist und sich zuerst wohl in Arbeiten von Taylor vertreten findet, die bereits aus dem Jahr 1927 stammen<sup>1)</sup> — führt zumindest zu keinen bedenklichen Schwierigkeiten hinsichtlich der Intensität und des Absorptionskoeffizienten der erforderlichen, aus dem Gas kommenden photoelektrisch wirksamen Strahlung. Insbesondere auch der Spannungszusammenbruch beim Durchschlag läßt sich aus ihr zwanglos durch eine Verlagerung der Zone der Strahlungsemission in Richtung nach der Kathode hin erklären, wodurch die Absorptionsverluste kleiner werden. Immerhin bedarf die neue Theorie noch der eingehenderen experimentellen Nachprüfung, und es darf auch nicht verschwiegen werden, daß es auch für sie noch mancherlei Schwierigkeiten gibt. Als eine solche sei erwähnt, daß man bei niedrigen Gasdrücken zu kleineren Aufbauzeiten der Entladung kommt, als experimentell gefunden wurde; vermutlich handelt es sich dabei aber nicht um Schwierigkeiten grundsätzlicher Art, über die eine plausible Zusatzannahme nicht hinweghelfen könnte. *S/g.*

1) Taylor, Diss. Utrecht.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

## Ausschuß für Hochspannungsschaltgeräte

Der Ausschuß für Hochspannungsschaltgeräte hat einen Entwurf zu Änderungen von

VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsschaltgeräte“

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 8, S. 167 veröffentlicht ist. Es wird auf die Einführung des Ausschußvorsitzenden, Herrn Dr. E. Krohne, verwiesen (vgl. S. 166 dieses Heftes). Begründete Einsprüche können bis zum 31. März 1940 bei der Geschäftsstelle eingereicht werden.

## Ausschuß für Errichtungsvorschriften II

Durch die vom Ausschuß für Hochspannungsschaltgeräte vorgenommenen Änderungen an VDE 0670 ist gleichfalls eine Änderung des § 18 g) von

VDE 0101/XII. 37 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber“

erforderlich geworden. Der Entwurf zur Neufassung von § 18 g) ist in ETZ 61 (1940) H. 8, S. 170 veröffentlicht. Begründete Einsprüche können bis zum 31. März 1940 bei der Geschäftsstelle eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## VDE-Fachberichte 1939

Die Fachberichte unserer vorjährigen (41.) Mitgliederversammlung in Wien sind jetzt in Buchform erschienen.

Der Band enthält auf 232 Seiten DIN A 4 außer den 52 Fachberichten den vollen Wortlaut der Aussprachen, die Einführungen zu den 13 Gruppen und 305 Abbildungen nach den vorgeführten Lichtbildern. Dem Band sind wiederum Inhaltskarten nach DIN 1504 beigegeben. Sie enthalten die DK-Zahlen, Verfasseramen, Titel, Quellenangabe und Kurzreferat jedes einzelnen Berichtes.

Der Preis des Bandes ist — wie im Vorjahr —  
kartoniert RM 12,— für VDE-Mitglieder RM 8,—  
Halbleinen RM 15,— für VDE-Mitglieder RM 10,—

Das Werk ist durch jede Buchhandlung von der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33 (VDE-Haus) zu beziehen. — Ein Prospekt liegt diesem Hefte bei.

Teilnehmer an der 41. Mitgliederversammlung, die den Band mit der dafür vorgesehenen Bestellkarte des Teilnehmerheftes anforderten, erhalten ihn in diesen Tagen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

## Fachversammlung

des Fachgebiets „Hochspannungsgeräte“  
Leiter: Dir. Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

## Vortrag

des Herrn Oberingenieur W. Kaufmann VDE, Berlin, am Dienstag, dem 27. Februar 1940, um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:  
„Entwicklung und Prüfung von Schaltern größter Leistung“.

## Inhaltsangabe:

Symmetrische und unsymmetrische Abschaltleistung,  
Vergleich der Prüfmethode für Schalter, deren Leistung die des Prüffeldes übersteigt,  
Mehrfachunterbrechung, Spannungssteuerung durch den Lichtbogenwiderstand,  
Beschreibung eines modernen Hochleistungs-Prüffeldes,  
Vorführung eines Filmes vom Bau und Betrieb eines Prüffeldes.

Eintritt und Kleiderablage frei.

## Fachversammlung

des Fachgebiets „Theoretische Elektrotechnik“  
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

## Vortrag

des Herrn Professor Dr. W. Cauer VDE, Berlin, am Dienstag, dem 5. März 1940, um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Neuere Ergebnisse der Theorie der linearen Wechselstromschaltungen (Netzwerke)“.

## Inhaltsangabe:

Ortskurven — Nachbildungsschaltungen — Künstliche Leitungen — Filter — Frequenzweichen

Eintritt und Kleiderablage frei.

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.  
**Hochspannungstechnik.** Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.

23. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, „Die Stromverteilung in neu entstehenden Groß-Städten“. Vortragender: Dr. W. von Mangoldt VDE.

**Elektromaschinenbau.** Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.

29. Februar 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, „Wälzlager im Elektromaschinenbau“. Vortragender: Ingenieur Br. Kröger.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

5. März 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, Vortragsreihe: „Bremsen“. „Gleich- und Wechselstrom-Widerstandsbremsen“. Vortragender: Professor Dr.-Ing. Paul Müller VDE.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.

8. März 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, „Regelung von Stromrichteranlagen“. Vortragender: Dipl.-Ing. H. Schwarz VDE.

## VDE Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer  
Burghoff

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld.**  
5. 3. (Di.), 20<sup>15</sup>, „Saal der Technik“: „Optische Täuschungen in Theorie und Praxis“. Dr. Wichern.

**VDE Bezirk Danzig.** 26. 2. (Mo.), 20<sup>15</sup>, T.H.: „Über die Bemessung der Isolation elektrischer Hochspannungsanlagen“ (m. Lichtb.). Dr.-Ing. W. Estorff VDE.

**VDE Bezirk Niedersachsen, Arbeitsgemeinschaft der Jungingenieure, Hannover.** 27. 2. (Di), Hann.-Braunschweig, Stromversorgungs A.-G., Marienstr. 20: „Gleichrichter und Gleichrichteranlagen unter bes. Berücks. d. Bahnbetriebes“ (m. Lichtb.). A. Schütte VDE.

## PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

DK 621.314.2

**M. Grauert.** — Am 14. Februar beging das Vorstandsmitglied des Verbandes Deutscher Elektrotechniker Herr Geheimrat i. R. Max Grauert VDE, der bis vor wenigen Jahren Chefelektriker der deutschen Kriegsmarine war, seinen 70. Geburtstag. Geboren in der alten deutschen Stadt Danzig absolvierte er auch dort das Gymnasium und ging dann nach Charlottenburg, um sich dem Studium des Schiffsmaschinenbaufaches zu widmen. Nach Ablegung der ersten Hauptprüfung trat er Anfang 1894 als Marine-Bauführer auf der damaligen Kaiserlichen Werft Kiel in die Marine ein. Es folgte die übliche Ausbildung, die, von der Militärzeit unterbrochen, mit der zweiten Hauptprüfung ihren Abschluß fand und der im September 1898 die Ernennung zum Marinebaumeister folgte. Weiterhin wurde er 1907 zum Marinebaurat ernannt, 1910 zum Oberbaurat und 1919 zum Geheimen Oberbaurat und Vortragenden Rat der Admiralität. Im Herbst 1933 erhielt Geheimrat Grauert die erbetene Versetzung in den Ruhestand.

Das ist der äußere Ablauf seines beruflichen Lebens. Dahinter steht dessen Arbeitsinhalt, der eng mit dem Wachsen und dem Fortschritt der Elektrotechnik in der Kriegsmarine verbunden ist. Bereits als junger Baumeister konnte er als Dezernent für elektrische Angelegenheiten im Reichsmarineamt in diesem Sinne wirken. Nach einer dann folgenden etwa zehnjährigen Tätigkeit auf den Werften Danzig und Kiel hat er von 1913 an zwanzig Jahre lang in entscheidender Stellung im Reichsmarineamt alle Fragen der Schiffselektrotechnik geleitet. Die Gestaltung der elektrischen Einrichtungen an Bord, die grundsätzlichen Fragen der Leistungsverteilung, die Befehlsübermittlungsanlagen, Scheinwerfer usw., kurz alles, was die Elektrotechnik an Bord angeht, ist in seinem Sinne bearbeitet und festgelegt worden. Auch über den Kreis der Kriegsmarine hinaus sind die Arbeiten von Geheimrat Grauert maßgebend und richtungweisend gewesen; die Handelsmarine hat sich in vielen grundsätzlichen Fragen der Kriegsmarine angeschlossen. Auch heute, im Ruhestand, hat Geheimrat Grauert ein starkes Interesse an allen Dingen der Schiffselektrotechnik und ist mit seinem Rat und seinen Erfahrungen noch in manchen Fragen tätig.

Ch. Breitenstein

**Transformatoren.** Von Dr.-Ing. W. Schäfer. Mit 74 B. u. 127 S. im Format 105 × 160 mm. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin 1939. Preis geb. 1,62 RM.

Das Büchlein behandelt die theoretischen Grundlagen und die Gestaltung der Transformatoren sowie den Transformator im Betriebe. Auf die Besprechung von Sonderbauarten ist verzichtet; dadurch hat der Verfasser genügend Raum gewonnen, um auf zahlreiche wichtige Einzelheiten der normalen Transformatoren eingehen zu können. Die folgenden Stichworte mögen den Inhalt der Schrift umreißen. Eisen- und Kupferverluste, Spannungsverluste, Stromkräfte, Stromverdrängung; Nullpunktverlagerung, Fünfschenkelkern, oberwellenfreie Drehstromtransformatoren, Spartransformatoren, Wicklungsaufbau, Durchführungen, Kühlung, Materialaufteilung; Ein- und Ausschaltvorgänge, Überspannungsbeanspruchung, Prüfung der Transformatoren. Natürlich muß der Verfasser wegen des geringen verfügbaren Platzes sich vielfach mit Andeutungen begnügen. Die Schrift eignet sich daher weniger als Lehrbuch. Dagegen ist sie als Gesamtübersicht und als Repertorium, entsprechend dem Zweck der Göschenbände, vorzüglich geeignet, was neben der geschickten Auswahl des Stoffes besonders der sachlich einwandfreien und klaren Darstellung zu danken ist. Der Text ist durch 74 Bilder, zum großen Teil deutliche Lichtbilder, erläutert. Alles in allem bedeutet die Schrift eine erfreuliche Neuerscheinung.

G. Haberland VDE

DK 538 + 621.3.025

**Elektrotechnische Lehrbücher.** Bd. 2: Magnetismus und Wechselstromtechnik. Von Prof. Dipl.-Ing. G. Haberland unter Mitwirkung von Stud.-Rat Dr.-Ing. F. Haberland. 4. Neubearb. Aufl. Mit 202 Abb., VIII u. 180 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1939. Preis kart. 2,90 RM.

Das Bändchen hat in kurzer Zeit die 4. Auflage erfahren. Neu aufgenommen wurde die Bestimmung des Magnetisierungsstromes gesättigter Eisendrosselspulen, die Leistungsberechnung oberwellenhaltiger Wechselströme und der Ersatz der Dreieckschaltung durch eine Sternschaltung. Außerdem sind die Abschnitte über Stromverdrängung, Verschiebungsfluß und Überspannungserscheinungen neu bearbeitet worden. Die bisherige Anordnung des Stoffes ist geblieben; Grundbegriffe und Grundgesetze des Magnetismus und der Wechselstromtechnik, elektrisches Feld, freie Ströme und Wanderwellen, technische Anwendung der Wärmewirkung und Stromverteilungsanlagen. Die durchsichtige und vereinfachte, für die Praxis zugeschnittene Behandlung des Stoffes macht das Büchlein für den Selbstunterricht sehr geeignet. Aber auch der praktisch tätige Ingenieur wird gern sein Grundwissen über die Wechselstromtechnik durch Nachschlagen hin und wieder auffrischen.

M. Zorn VDE

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.395

**Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik.** Von M. Langer. 2. Teil: Fernverkehr. 2. Aufl. Mit 127 B. u. 207 S. im Format B 5. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin. 1939. Preis geb. RM 7,50.

Der Verfasser hat sich entschlossen, seine bereits 1936 erschienenen Studien in neuer Auflage herauszugeben und sie dabei in zwei Bänden „Ortsverkehr“ und „Fernverkehr“ erscheinen zu lassen. Mit Rücksicht darauf, daß das Schwerkgewicht der fernsprechtechnischen Entwicklung zur Zeit beim Fernverkehr liegt, erscheint der 2. Band zuerst. Sein Umfang ist gegenüber der 1. Auflage auf das 2½ fache erweitert worden.

Die in dem Buch behandelten zahlreichen Probleme des neuzeitlichen Fernverkehrs werden mit großem Geschick stets von der grundsätzlichen Seite her angepackt und mit Hilfe klarer und leicht verständlicher Gedankengänge in einzelne Forderungen zergliedert, für die zugleich Lösungen im großen angegeben werden. Als unbeirrbarer Verfechter der Wahltechnik setzt sich der Verfasser auch in diesem Buche, wie in seinen vorhergehenden Veröffentlichungen, vom Anfang bis zum Ende für das Eindringen der Wahltechnik in den Fernbetrieb ein. Dabei geht er davon aus, daß eine zweckmäßige Netzgestaltung und ein wirtschaftlicher Ferndienst nur mit Hilfe von Wählern möglich ist und daß umgekehrt die Einführung der Wahltechnik in den Ferndienst keine unlösbaren Probleme schafft. Im einzelnen werden behandelt: Netzgestaltungsfragen des Nah- und Weitverkehrs, zweckmäßige Fernsprechanlagen auf dem Lande, selbsttätige Erfassung der Ferngehöhren, Fernverbindungsaufbau und Verteilung der Amtsrufnummern, Technik der Fernwahl, Wählertechnik im Ferndienst sowie Münzfernsprecher im Fernverkehr.

Druck und Ausstattung des Buches sind, wie bei der 1. Auflage, vorzüglich. Alles in allem ein Buch, das man nur ungern aus der Hand legt.

H. Raettig VDE

## Berichtigung

In dem Aufsatz „Wechselstrombrücke zur Bestimmung des inneren Widerstandes und der inneren Kapazität von Trockenelementen“ von W. Hübner in Heft 7 der ETZ d. J. S. 149, ist in der vorletzten Zeile der „Übersicht“ das Wort „Fehlermittel“ durch „Fehlwinkel“ zu ersetzen.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. W. Fischer, Fürstenwalde (Spree), Schubertstr. 2.  
Dipl.-Ing. H. Jürgens VDE, Offenbach a. M., Röderstr. 12.  
Direktor Dr.-Ing. E. Krohne VDE, Berlin-Lichterfelde-West, Mommensenstr. 14.  
Ing. P. Volkert, Berlin N 65, Bristol Str. 23.

Abschluß des Heftes: 16. Februar 1939.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# E T Z

ERSTES MESSEHEFT  
HERAUSGEGEBEN IN GEMEINSCHAFT MIT  
DEM HAUS DER ELEKTROTECHNIK E. V.  
ZUR LEIPZIGER FRÜHJAHRSMESSE 1940

61. Jahrgang · Heft 9

29. Februar 1940

## Inhalt:

	Seite
Die deutsche Elektro-Ausfuhr Von A. Rachel VDE . . . . .	181
Die Leistungsfähigkeit der deutschen Elektro- fertigung Von W. Jaekel VDE . . . . .	183
Der elektrische Antrieb von schweren Metallwals- werken mit selbsttätiger Steuerung Von A. Ohlhoff VDE . . . . .	188
Die Eignung des Druckgasschalters für die Kurz- schlußfortschaltung Von G. Brockhaus . . . . .	191
Höchstempfindliche Tintenschreiber mit selbst- kompensierendem Verstärker Von H. Derigs und F. Voss . . . . .	193
Neuartige lichtelektrisch gesteuerte Regelgeräte Von A. Kuntze VDE . . . . .	195
Elektrisch beheizte Drehherdöfen mit Kippbechern zum Härten von Massenteilen Von S. Herbst . . . . .	199
Anpassung der beleuchtungstechnischen Arbeit an die Erfordernisse der Gegenwart Von W. A. Seelig . . . . .	201
Schweißumformer oder -umspanner für das Hand- werk Von H. Kaiser . . . . .	203
Anzeigende Frequenzmeßgeräte für die Starkstrom- technik Von H. Lübeck . . . . .	205
Eine neue Konferenzanlage mit Lautfernsprecher ohne Röhrenverstärker Von E. Hettwig und A. Pfeiffer . . . . .	207
Röhrengesteuerte Konstanthaltungs-Einrichtungen Von F. Kelbe VDE . . . . .	209

## Nachrichten aus der Industrie

Elektromaschinenbau 211 — Anlasser 212 — Antriebe 213  
— Stromrichter und Transformatoren 214 — Hoch-  
spannungsschalter und -geräte 216 — Leitungen und  
Isolatoren 218 — Installationstechnik 219 — Elektro-  
wärme in Industrie und Haushalt 220 — Fernmelde-  
technik 223 — Röhren und Photozellen 225 — Kondens-  
atoren 226

## Verschiedenes

Nachrichten von der Leipziger Frühjahrsmesse 1940	227
Bekanntmachungen	
VDE: Normen für Elektro-Kohleherde . . . . .	228
Bezirk Berlin: Fachversammlung. Arbeits- gemeinschaften . . . . .	228
Sitzungskalender . . . . .	228
Persönliches . . . . .	228
Eingänge . . . . .	228

# Firmen-Verzeichnis

zu den in diesem Heft enthaltenen Anzeigen

	Seite
<b>Allgemeine</b> Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin NW 40 I. Umschl.-S., 16-23, 34, 65,	77
<b>Andach, Paul</b> , Berlin-Lichtenberg	84
<b>Askania-Werke A.-G.</b> , Berlin-Friedenau	10
<b>Auto-Union A.-G.</b> , Chemnitz	73
<b>Baugatz, Ludwig</b> , Kondensatorenfabrik, Berlin-Neukölln	43
<b>Bauknecht, G.</b> , Stuttgart-S.	79
<b>Baumgartner, Franz</b> , Köln-Klettenberg	85
<b>Bayerische Elektrozubehör Ges. m. b. H.</b> , Lauf a. d. Pegnitz	66
<b>Becker, Otto</b> , Fabrik elektr. Maschinen u. Apparate, Berlin-Schöneberg	84
<b>Bergmann Elektrizitäts-Werke A.-G.</b> , Berlin-Wilhelmsruh	63
<b>Berliner Quarz-Schmelze G. m. b. H.</b> , Berlin-Heinersdorf	38
<b>Birka Regulator G. m. b. H.</b> , Berlin-Wannsee	12
<b>Bischoff &amp; Hensel</b> , Mannheim	74
<b>Bopp &amp; Reuther G. m. b. H.</b> , Mannheim-Waldhof	11
<b>Brown, Boveri &amp; Cie. A.-G.</b> , Mannheim 2	14, 15
<b>Bumke-Voss-Werke G. m. b. H.</b> , Braunschweig	78
<b>Calor-Emag Elektrizitäts-A.-G.</b> , Ratingen	3
<b>Cassirer, Dr., &amp; Co., A.-G.</b> , Berlin-Charlottenburg	4
<b>Conz Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.</b> , Hamburg- Bahrenfeld	40
<b>Cruse, Gebr., &amp; Co.</b> , Dresden-N. 30	70
<b>Deutsche Kabelwerke A.-G.</b> , Berlin O 112	6
<b>Deutsche Zähler-Gesellschaft, Nachf. A. Stepper &amp; Co.</b> , Hamburg	44
<b>Diener, Paul</b> , Metalldruckerei, Dresden-A. 27	82
<b>Driescher, Fritz</b> , Rheydt/Rhld.	2
<b>Duroplattenwerk A.-G.</b> , Berlin W 35	12
<b>Elektrogen-Industrie G. m. b. H.</b> , Hamburg 33	66
<b>Elektro-Isolier-Industrie Wahn</b> , Wilhelm Ruppert, Wahn i. Rheinland	78
<b>Elektro-Metallwerk Richard Schier</b> , Berlin SO 36	85
<b>Elektromotor „Skrat“ Elektrofabrik</b> , Hohenstadt-March. Sudetengau	67
<b>Elin, A.-G. für elektrische Industrie</b> , Wien I	33
<b>Ellinger &amp; Geissler</b> , Dorfheim, Bez. Dresden	74
<b>Excelsior-Werk Rudolf Kieseewetter</b> , Leipzig C 1	73
<b>Fein, C. u. E.</b> , Stuttgart-W.	84
<b>Felten &amp; Guillaume Carlswerk A.-G.</b> , Köln-Mülheim	1
<b>Fernholz Apparate</b> , Berlin SW 68	72
<b>Firchow, Paul, Nachfgr. A.-G.</b> , Berlin SW 61 II. Umschl.-S.	
<b>Frako Kondensatoren- u. Apparatebau W. Melke</b> , Teningen (Baden)	36
<b>Frölich, Ernst, G. m. b. H.</b> , Osterode (Harz)	84
<b>Genzsch &amp; Heyse A.-G.</b> , Hamburg 22	84
<b>Geyer, Christian, K.-G.</b> , Nürnberg	73
<b>Giese, Erich, Abt. Calora</b> , Berlin SO 36	83
<b>Görler, Julius Karl - Transformatorenfabrik</b> , Berlin- Charlottenburg 1	31
<b>Gossen, P., &amp; Co., Komm.-Ges.</b> , Erlangen	28
<b>Grefe, Ludwig</b> , Maschinenfabrik, Lüdenscheid i. Westf.	83
<b>Hackethal-Draht- und Kabel-Werke A.-G.</b> , Hannover	35
<b>Hausbahn, C.</b> , Maschinenfabrik, Stuttgart-Feuerbach	10
<b>Heid &amp; Co.</b> , Schönthal b. Neustadt a. Haardt	73
<b>Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft</b> , Berlin- Charlottenburg	13
<b>Hellermann, Paul</b> , Hamburg 1	8
<b>Hermisdorf-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft</b> , Herms- dorf (Thür.)	59
<b>Hochvoltisolation Uhlmann, Fr., &amp; Co.</b> , Dresden-A. 39	74
<b>Hofmann, J. Wilh.</b> , Radebeul b. Dresden III. Umschl.-S.	
<b>Holländische Draht- und Kabelwerke A.-G.</b> , Amsterdam	84
<b>Hoppmann &amp; Mulsow</b> , Hamburg 19	71
<b>Horn, Guido</b> , Maschinenfabrik, Berlin-Weißensee	66

	Seite
Industrie-Werk Auma Ronneberger & Fischer, Auma/Th.	85
Irrion & Vosseler Zählerfabrik, Schweningen a. N. . . . .	84
Isabellen-Hütte Heusler K.-G., Dillenburg, Hess.-N. . . . .	68
Joens, W. H., & Co., Düsseldorf . . . . .	69
Junghanns & Kolosche, Leipzig C 1 . . . . .	72
Junker, Otto, G. m. b. H., Lammersdorf, Aachen 1 . . . . .	77
<b>Kabelfabrik Joachimsmeier &amp; Wagner K.-G., Wuppertal-</b>	
Nächstebrück . . . . .	12
Kade & Co. G. m. b. H., Sänitz, Kr. Rothenburg (O.-L.)	84
Kalle & Co. A.-G., Wiesbaden-Biebrich . . . . .	34
Kammerer, Fr., A.-G., Pforzheim . . . . .	71
Kehrs, C. W., & Co. G. m. b. H., Kettwig (Ruhr) . . . . .	68
Keller & Knappich G. m. b. H., Augsburg . . . . .	70
Kjellberg Elektroden u. Maschinen G. m. b. H., Finster-	
wälder (N.-L.) . . . . .	75
Klöckner, F., K.-G., Köln-Bayenthal . . . . .	57
Knorr-Bremse A.-G., Berlin O 112 . . . . .	30
Koch & Sterzel A.-G., Dresden-A. 24 . . . . . IV. Umschl.-S.	
Köttgen, H., & Cie., G. m. b. H., Berg.-Gladbach . . . . .	69
Krogsgaard & Becker, Hamburg 30 . . . . .	84
Krüger, Rudolph, Telegraphen-Bauanstalt, Berlin SO 16	38
Kuhlmann, Franz, Wilhelmshaven . . . . .	68
Land- und Seekabelwerke A.-G., Köln-Nippes . . . . .	58
Laver, Rudolph, vorm. Paul Bouveron G. m. b. H., Trans-	
formatorenwerk, Berlin N 20 . . . . .	29
Maier, V., Komm.-Ges., Schweningen a. N. . . . .	41
Mako Maschinen Co. G. m. b. H., Erfurt . . . . .	42
Meirowsky & Co. A.-G., Porz a. Rh. . . . .	61
Metrawatt Aktiengesellschaft, Nürnberg-O. . . . .	66
Metzenauer & Jung, Wuppertal-Elberfeld . . . . .	26
Mitteldeutsche Schaltapparate-Gesellschaft m. b. H.,	
Eisenach . . . . .	74
Mix & Genest A.-G., Berlin-Schöneberg . . . . .	8
Moeller, H., Komm.-Ges., Köln a. Rh. . . . .	37
Münch, Dr., & Röhrs, G. m. b. H., Berlin-Weißensee . . . . .	80
Neuberger, Josef, Fabrik elektrischer Meßinstrumente,	
München 25 . . . . .	10
Neumann, E., Hochspannungs-Apparate, G. m. b. H.,	
Berlin-Charlottenburg 5 . . . . .	7
Niedergesäß & Co., Berlin W 35 . . . . .	84
Nife Stahl-Akkumulatoren G. m. b. H., Berlin-Steglitz . . . . .	75
Norma Fabrik elektrischer Meßgeräte G. m. b. H., Wien XI	6
Nostitz & Koch, Chemnitz . . . . .	43
Pfisterer, Karl, Stuttgart-Untertürkheim . . . . .	4
Porzellanfabrik Merckelsgrün, Zettlitz b. Karlsbad	
(Sudetengau) . . . . .	34
Porzellanfabrik Joseph Schachtel A.-G., Sophienau, Post	
Bad Charlottenbrunn i. Schl. . . . .	9
Preßspanfabrik Untersachsenfeld Actiengesellschaft, vorm.	
M. Hellinger, Untersachsenfeld, Post Schwarzenberg-	
Neuwelt (Sa.) . . . . .	84
Quante, Wilhelm, Wuppertal-Elberfeld . . . . .	72
Rectron G. m. b. H., Berlin O 112 . . . . .	45
Rheinische Kohlebürstenfabrik Franz Wenzel K.-G., Ahr-	
weiler . . . . .	81
Ribau G. m. b. H., Berlin SO 16 . . . . .	72
Ringsdorff-Werke K.-G., Mehlem a. Rhein . . . . .	79
Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin N 38 . . . . .	80
Rosenthal-Isolatoren G. m. b. H., Berlin SW 68 . . . . .	27
Rumpff, Dr.-Ing. Hans, Bonn a. Rh. . . . .	70
Sachsenwerk, Licht- u. Kraft A.-G., Niedersedlitz, Sa	25
Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, Berlin-Siemens-	
stadt . . . . .	47-50
Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt	51-56
Siemens-Planierwerke, Berlin-Lichtenberg . . . . .	46
Sistrah-Licht G. m. b. H., Stuttgart-W. . . . .	81
Spohn & Burkhardt, Blaubeuren, Wttbg. . . . .	81
Süddeutsche-Apparate-Fabrik G. m. b. H., Nürnberg 2 . . . . .	71
Süddeutsche Isolatorenwerke G. m. b. H., Freiburg i. B.	72
Sursum Elektrizitäts-Gesellschaft Leyhausen & Co., Nürn-	
berg-N. . . . .	78

	Seite
Schaefer, C. A., K.-G., Abt. Hellux, Hannover-S. . . . .	79
Schäffer & Budenberg G. m. b. H., Magdeburg-Buckau . . . . .	64
Schiffmann, A., München 2 . . . . .	45
Schlothauer, C. & F., G. m. b. H., Ruhla i. Thür. . . . .	85
Schneider, Dr.-Ing., & Co., Frankfurt a. M. . . . .	71
Schorch-Werke A.-G., Rheydt . . . . .	62
Schroeder, Dr.-Ing. Richard, Aachen . . . . .	67
Schütz, Arthur, Wien IX, 66 . . . . .	24
Schwarzfärber & Co., Nürnberg-Reichelsdorf . . . . .	70
Staedtler, J. S., Nürnberg . . . . .	75
Starkstrom-Apparatebau G. m. b. H., Berlin SO 36 . . . . .	11
Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft, Hohenbrunn, Bayr. Ostm. . . . .	39
Stemmann, August, Fabrik elektrot. Artikel, Münster a. W. . . . .	84
Stöhr, Christian, Marktleuthen i. Bay. . . . .	84
Strücker, Erich, Hamburg . . . . .	75
<b>Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch &amp; Co. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 2 . . . . .</b>	<b>46</b>
Telefonbau u. Normalzeit G. m. b. H., Frankfurt a. M. . . . .	76
Thiel & Schuchardt, A.-G., Ruhla i. Thür. . . . .	81
Thür. Staatswerke, Steinach (Thür.) . . . . .	85
Tornado, Fabrik elektrischer Maschinen und Apparate, Nachf., Berlin N 65 . . . . .	77
Transformatoren und Apparate-Fabrik Paul Metz, vorm. Tramag, Nürnberg-S. . . . .	85
<b>Venditor Kunststoff-Verkaufsgesellschaft m. b. H., Trose- dorf, Bez. Köln . . . . .</b>	<b>60</b>
Vereinigte Köppelsdorfer Porzellanfabriken vorm. Armad Marseille u. Ernst Heubach, Köppelsdorf (Thür.) . . . . .	32
Verkaufsstelle der Mitteldeutschen Gipswerke G. m. b. H., Nordhausen a. Harz . . . . .	44
Viebahn, Adolf, Maschinenfabrik, Gummersbach (Rhld.) . . . . .	69
Visomat G. m. b. H., Leipzig C I . . . . .	84
Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M.-Ost . . . . .	5, 38
Vorwerk & Sohn, Wuppertal-Barmen . . . . .	84
<b>Westinghouse Cooper Hewitt G. m. b. H., Berlin SO 16 . . . . .</b>	<b>41</b>
Wieland, Dr. Th., Pforzheim (Baden) . . . . .	84
Wirschitz & Co., München 25 . . . . .	42
Wunderle, J. Ed., Mainz-Kastel . . . . .	84
<b>Zeh, Wilhelm, Freiburg i. Br. . . . .</b>	<b>68</b>
Ziehl-Abegg Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Berlin- Weißensee . . . . .	36





	Seite
Schaefer, C. A., K.-G., Abt. Hellux, Hannover-S. . . . .	79
Schäffer & Budenberg G. m. b. H., Magdeburg-Buckau . . . . .	84
Schiffmann, A., München 2 . . . . .	45
Schlothauer, C. & F., G. m. b. H., Ruhla i. Thür. . . . .	85
Schneider, Dr.-Ing., & Co., Frankfurt a. M. . . . .	71
Schorch-Werke A.-G., Rheydt . . . . .	62
Schroeder, Dr.-Ing. Richard, Aachen . . . . .	67
Schütz, Arthur, Wien IX, 66 . . . . .	24
Schwarzfärber & Co., Nürnberg-Reichelsdorf . . . . .	70
Staedtler, J. S., Nürnberg . . . . .	75
Starkstrom-Apparatebau G. m. b. H., Berlin SO 36 . . . . .	11
Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft, Hohenbrunn, Bayr. Ostm. . . . .	39
Stemmann, August, Fabrik elektrot. Artikel, Münster i. W. . . . .	84
Stöhr, Christian, Marktleuthen i. Bay. . . . .	84
Strücker, Erich, Hamburg . . . . .	75
<b>Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch &amp; Co. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 2 . . . . .</b>	<b>46</b>
Telefonbau u. Normalzeit G. m. b. H., Frankfurt a. M. . . . .	76
Thiel & Schuchardt, A.-G., Ruhla i. Thür. . . . .	81
Thür. Staatswerke, Steinach (Thür.) . . . . .	85
Tornado, Fabrik elektrischer Maschinen und Apparate, Nachf., Berlin N 65 . . . . .	77
Transformatoren und Apparate-Fabrik Paul Metz, vorm. Tramag, Nürnberg-S. . . . .	85
<b>Venditor Kunststoff-Verkaufsgesellschaft m. b. H., Troisdorf, Bez. Köln . . . . .</b>	<b>60</b>
Vereinigte Köppelsdorfer Porzellanfabriken vorm. Armand Marseille u. Ernst Heubach, Köppelsdorf (Thür.) . . . . .	32
Verkaufsstelle der Mitteldeutschen Gipswerke G. m. b. H., Nordhausen a. Harz . . . . .	44
Viebahn, Adolf, Maschinenfabrik, Gummersbach (Rhd.) . . . . .	69
Visomat G. m. b. H., Leipzig C 1 . . . . .	84
Voigt & Haeffner A.-G., Frankfurt a. M.-Ost . . . . .	38
Vorwerk & Sohn, Wuppertal-Barmen . . . . .	84
<b>Westinghouse Cooper Hewitt G. m. b. H., Berlin SO 16 . . . . .</b>	<b>41</b>
Wieland, Dr. Th., Pforzheim (Baden) . . . . .	84
Wirschitz & Co., München 25 . . . . .	42
Wunderle, J. Ed., Mainz-Kastel . . . . .	84
<b>Zeh, Wilhelm, Freiburg i. Br. . . . .</b>	<b>68</b>
Ziehl-Abegg Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Berlin- Weißensee . . . . .	36

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 29. Februar 1940

Heft 9

## Die deutsche Elektro-Ausfuhr

Von A. Rachel VDE, Berlin

DK 621.3 : 382.6(43)

Deutschland nimmt von jeher unter den Elektroausfuhrländern den ersten Platz in der Welt ein, und zwar vor den V. S. Amerika und Großbritannien, wobei diese drei Länder zusammen im langjährigen Durchschnitt knapp drei Viertel der ganzen Weltelektroausfuhr durchführen.

Diese Führerstellung Deutschlands in seinem Anteil an der Weltelektroausfuhr verdankt es nicht irgendeinem Rohstoffmonopol oder dergleichen, sondern sie ist in einem halben Jahrhundert zielbewußter Arbeit entstanden und erhalten worden. Die Grundlage hierfür ist einmal der hohe wissenschaftliche Forschungsgeist und der damit erzielte Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis auf diesem Gebiet. Hiermit gepaart war schon immer und besonders auch in den letzten Jahren eine rege zielbewußte technische Entwicklungsarbeit der Groß- und Spezialindustrie. Diese Voraussetzungen allein würden aber Deutschlands Stellung nicht geschaffen haben und erhalten können, käme hierzu nicht ein ausgesprochener Unternehmergeist und Unternehmerwillen der Elektroindustrie und eine wahrhaft weltumspannende Außenorganisation derselben, die sie selbst in Zeiten der schwersten weltwirtschaftlichen Krisen durchgehalten hat.

Das, was der deutschen Elektroindustrie dabei zugute kommt, ist die fortschrittliche Einstellung aller technischen Kreise Deutschlands, insbesondere der Industrie, der Elektrizitätsversorgung, der elektrischen Bahnen, von Gewerbe, Landwirtschaft und Haushalt hinsichtlich der Anwendung von Elektrizität. Deutschland ist ein elektrizitätsfreudiges Land, und da es in der glücklichen Lage ist, über Energiequellen der verschiedensten Art, Steinkohle, Braunkohle und Wasserkraft, in einem sehr aus reichenden Maß zu verfügen, so konnte es auch die Anwendung der Elektrizität in einer gesunden Wechselwirkung zwischen technischem Fortschritt und Wirtschaftlichkeit in jahrzehntelanger, planmäßiger Arbeit auf allen Gebieten ausdehnen. Nur ein Land, was so etwas kann und auch unternehmungsfreudig auf dem Gebiet der Elektrizitätsanwendung ist, kann der heimischen Elektroindustrie stetig neue und größere Aufgaben stellen und kann so die Industrie in die Lage versetzen, in der Meiste rung dieser Aufgaben und der damit im Inland gesammelten Betriebserfahrungen die Befruchtung für Wissenschaft und Entwicklung und damit auch für eine weitsichtige und großzügige Ausfuhr zu schaffen.

Dies gilt wohlverstanden auch für die Preispolitik. Ebenso wie letzten Endes für eine große, weltumspan-

nende Ausfuhr nur die Technik und die Erfahrungen im Inland die stete Quelle der Förderung vom Export sind, so kann letzten Endes auch nur ein kräftiger, gesunder und zahlungsfähiger Inlandsmarkt die Quelle für eine besonders erfolgreiche Exportpolitik in finanzieller und preislicher Hinsicht sein. Das Neue und Große in der Technik, die Erbauung weithin sichtbarer Großanlagen, die Erstellung von Erstauführungen und Welterstauführungen, so wie sie insbesondere die elektrotechnische Großindustrie im Laufe der Entwicklung durchgeführt hat, sind die Marksteine auf dem Wege der Schaffung und Entwicklung der Ausfuhr gewesen und werden es auch in der Zukunft sein. So wie im Inland im allgemeinen das große Anlagengeschäft und insbesondere Erstauführungen dem Warengeschäft vorausgehen, so ist es auch im Weltmarkt.

Die so geschaffene und erhaltene Stellung Deutschlands ist zahlenmäßig etwa folgendermaßen umrissen:

Wenn man als Weltelektroausfuhr, wie üblich, die Ausfuhr von vierzehn Ländern, die etwa 95 % der Weltelektroausfuhr darstellen, ansetzt, so hat Deutschland dabei immer über ein Viertel Anteil an dieser innegehabt, während die V. S. Amerika zwischen 20 und 25 %, Großbritannien meist unter 20 % Anteil hatten. Die Ausfuhr der übrigen Länder tritt demgegenüber entscheidend zurück.

Von dieser Ausfuhr Deutschlands sind in den letzten Jahren immer etwa drei Viertel nach den europäischen Ländern, etwa 3 % nach Afrika, knapp 10 % nach Asien, etwa 2 % nach Nord- und Mittelamerika, knapp 10 % nach Südamerika und rd. 1 % nach Australien gegangen.

Von den europäischen Ländern sind dabei von größerer Bedeutung gewesen: Belgien-Luxemburg, Dänemark, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Jugoslawien, Niederlande, Norwegen, Polen, Rumänien, Schweden, Schweiz, Tschechoslowakei und Türkei.

Der Anteil am afrikanischen Markt erklärt sich nach dem Raub unserer Kolonien durch das Versailler Diktat von selbst. In der Gruppe Asien sind es vor allem auch die fernöstlichen Länder, die zu den bevorzugten Kunden Deutschlands zählen. Was schließlich Nordamerika anbelangt, so bestehen, wie bekannt, zwischen sehr wichtigen Elektroindustriegruppen in den V. S. Amerika und Deutschland Abgrenzungsverträge, die ihren Einfluß in diese Ziffern zeigen. In Südamerika sind es

besonders die ABC-Staaten, die regelmäßige Abnehmergebiete deutscher elektroindustrieller Waren sind.

Alle diese Angaben beziehen sich auf die Jahre bis einschließlich 1938, da die statistischen Unterlagen für das Jahr 1939 noch nicht greifbar sind und auch bereits durch den Einfluß des Krieges Änderungen aufweisen werden. Aus obigem erkennt man, daß die Elektroindustrie ihre Hauptabsatzgebiete letzten Endes rings um Deutschland herum besessen hat, daß daher dem Versuch Englands und Frankreichs, durch eine Handelsblockade Deutschland einzuengen, auf dem Gebiet der Elektroindustrie die Wirksamkeit versagt bleiben muß. Tatsächlich ist auch, wie aus den Kreisen der Industrie bekannt ist, die Entwicklung der Elektroausfuhr weiterhin eine sehr gute und zum Teil gesteigerte. Deutschland hat zu fast allen neutralen europäischen Ländern auch jetzt im Krieg ungehinderten Zugang. Unter diesen befinden sich, wie oben gezeigt, besonders wichtige Elektroausfuhrländer Deutschlands. Dazu kommt, daß sich die Bedürfnisse dieser Länder mit denen Deutschlands im Warenaustausch gerade jetzt im Krieg meist besonders gut decken. So ist und bleibt der Warenaustausch trotz Blockade ein reger, und die elektrotechnische Industrie kann ihren Teil dazu beitragen.

Eine besondere Bedeutung kommt dabei dem russischen Markt zu. Deutschland hat früher einen starken Warenverkehr auf elektrotechnischem Gebiet mit Rußland gehabt, der vorübergehend auf andere Industrieländer, besonders Nordamerika, abgelenkt gewesen ist. Das deutsch-russische Wirtschaftsabkommen verändert diese Sachlage grundlegend. Das Kennzeichnende ist dabei, daß es sich bei diesem Abkommen nicht um einen Handelsvertrag üblicher Art handelt, sondern, da Rußland ja eine Staatsführung der Wirtschaft und eine einheitliche Wirtschaftsplanung hat, um eine Vereinbarung mit fest umrissenem Warenaustausch von beachtlichem Umfang. Rußland führt Rohstoffe aus, Deutschland im Austausch vor allem Lieferungen zu Investitionszwecken, also Fabrikaurüstungen, Maschinen und Einrichtungen der verschiedensten Art für industrielle Zwecke. Abgesehen davon, daß sich hierunter selbstverständlich auch Erzeugnisse der elektrotechnischen Industrie als solche befinden, ist die Elektrotechnik auch indirekt als Zulieferant für maschinelle und industrielle Fabrikate der verschiedensten Art an dem neuen deutsch-russischen Warenaustausch beteiligt. Es ist auch nicht so, daß etwa nur die elektrotechnische Großindustrie für diese Russenlieferungen in Frage käme; der Bedarf wird sich ebenso auf die mittlere und kleinere elektrotechnische Spezialindustrie direkt oder indirekt ausdehnen. So führt, wie schon so manches Mal in Kriegzeiten, eine Blockade zu neuen Wirtschaftsbeziehungen, neuen Wegen und Methoden, die später dauernde grundlegende Wandlungen bedeuten. Das deutsch-russische Wirtschaftsabkommen kann seiner ganzen Struktur und Zielsetzung nach eine solche Wirkung haben, auch für die elektrotechnische Industrie.

Interessant für den Elektrotechniker ist neben der geographischen Gliederung der Ausfuhr die Gliederung nach Warengruppen. Hier ist in der großen Linie gesehen die Sachlage so, daß etwa 10 % der Elektroausfuhr Deutschlands wertmäßig auf Generatoren, Elektromotoren, Umformer, Transformatoren usw. entfällt und davon knapp neun Zehntel auf Elektromaschinen allein. Ein weiteres wertmäßig wichtiges Gebiet ist das der Kabel, isolierten Leitungen und Drähte, welches etwa 11 bis 12 % Anteil am Export aufweist. Auf Telegraphie und Tele-

phonie mit Draht entfallen reichlich 5 %, auf drahtlose Telegraphie und Telephonie sogar etwas über 10 % Anteil. Es folgen dann das Installationsmaterial mit etwa 6 bis 7 %, Meßzähler und Registriervorrichtungen mit etwa 5 bis 6 %, Schalter aller Art allein mit 5 %, elektromedizinische Apparate mit über 4 %, Magnetzündapparate mit etwa 4 % Anteil, und der Rest verteilt sich auf die zahlreichen sonstigen Warengruppen der Elektrotechnik.

Man erkennt daher hinsichtlich der technischen Seite, daß auch in der Ausfuhr die Stammgebiete der Elektrotechnik, Elektromaschinenbau, Kabelleitungen, Schwachstromtechnik sowie alles Material für Kraftübertragung und -verteilung die entscheidenden Warengruppen sind.

Während die Elektroindustrie in Friedenszeiten, also bei ungestörtem Welthandel und freien Marktverhältnissen im Inland, in der Auswahl ihrer Waren für den Export sich frei ihren Fabrikations-, Preis- und den Marktverhältnissen anpassen konnte, liegen die Dinge während eines Krieges, in dem die Gegner Deutschlands einen umfassenden Handelskrieg zu führen versuchen, verständlicherweise etwas anders. Die Marktbedürfnisse unserer Kundenländer verändern sich, die Preis- und Produktionsverhältnisse der Industrie sind Wandlungen unterworfen. Deutschlands Edeldevisen ist sein Können und sein Arbeitsvermögen. In der Ausfuhrpolitik wird sich also die Industrie abstellen auf den Verkauf von Waren, die diesen Verhältnissen Rechnung tragen. Das kann sie auch, und sie hat es bereits mit bestem Erfolg getan. Sie bevorzugt die Ausfuhr solcher Waren, die einen hohen Arbeitsanteil enthalten, und hinsichtlich des Werkstoffanteils vor allem diejenigen Warengruppen, die einen verhältnismäßig kleinen Importdevisenanteil haben.

Deutschland ist aber auch insofern anpassungsfähig, als es in richtiger Erkenntnis der Erfahrungen des Weltkrieges seit langem seine Forschung und Entwicklung in der Richtung angesetzt hat, bei veränderten Marktverhältnissen nicht wie im Weltkrieg „Ersatzstoffe“ anwenden zu müssen, sondern solche Baustoffe, die es längst selbst entwickelt und ausgeprobt hat. Hierzu hat Deutschland seit Jahren planmäßig und großzügig seine industriellen Möglichkeiten der Energiewirtschaft, der Chemie- und Metallindustrie angesetzt und ist zu eigenen hochwertigen Erzeugnissen gekommen, die in solchen Zeiten im Welthandel knapp zu werden pflegen. Als Beispiel hierfür sei der Übergang von Naturkautschuk zu Buna, der Übergang von Kupfer auf Aluminium und der Ausbau der dafür erforderlichen Erzeugungsstätten, die Entwicklung von Magnesium als wertvoller Baustoff der Elektrotechnik zu nennen. Hierher gehört auch die planmäßige Abkehr der Elektrotechnik vom Hochspannungöl, ferner die Entwicklung hochwertigster Zinksorten und vieles andere mehr. Heute gibt es in der deutschen Elektroindustrie keine Ersatzstoffe im Sinne der Weltkriegszeit. Die Roh- und Werkstoffe, die verwendet werden, sind in ihrer Erzeugung seit Jahren sichergestellt, sie sind in ihren Eigenschaften seit Jahren durchforscht, verfeinert und veredelt und durch eine lange Inlandsanwendung so ausgeprobt, daß die Fertigfabrikate technisch und preislich wettbewerbsfähige Erzeugnisse größter Güte darstellen, die auch unsere Gegner immer wieder nachzuahmen versuchen.

So steht die deutsche Elektroindustrie im Frieden und Krieg gefestigt in einer alten Tradition da, wie immer bereit und bestrebt, ihr Bestes für den Inlands- und die Auslandsmärkte zu tun.

## Die Leistungsfähigkeit der deutschen Elektrofertigung

Von Walter Jaekel VDE, Berlin

DK 621.3.002.5 (43)

### Die Tradition in der deutschen Elektroindustrie

Bei dem gegenwärtigen Stand der technischen Entwicklung können Höchstleistungen auf einem Gebiet nur erzielt werden, wenn es sich auf entsprechende Fortschritte in anderen Industriezweigen stützen kann. Erst wenn das Gesamtniveau der Technik in einem Lande eine gewisse Höhe erreicht hat, vermögen einzelne Gebiete sich darüber so weit zu erheben, daß sie im scharfen Wett-

Konstrukteure, Fabrikationsingenieure, Meister oder Facharbeiter an der Herstellung der Erzeugnisse mitwirken. In der notwendigen Anzahl und mit der erforderlichen Leistungsfähigkeit sind alle diese Kräfte nur zu haben, wenn das gesamte technische Ausbildungswesen von der Fortbildungsschule für den Lehrling bis zur Hochschule für den Physiker und Ingenieur auf breiter Grundlage beruht und hohe Leistungsfähigkeit verbürgt. Aus all diesen Gedanken wird der Begriff der Tradition verständ-

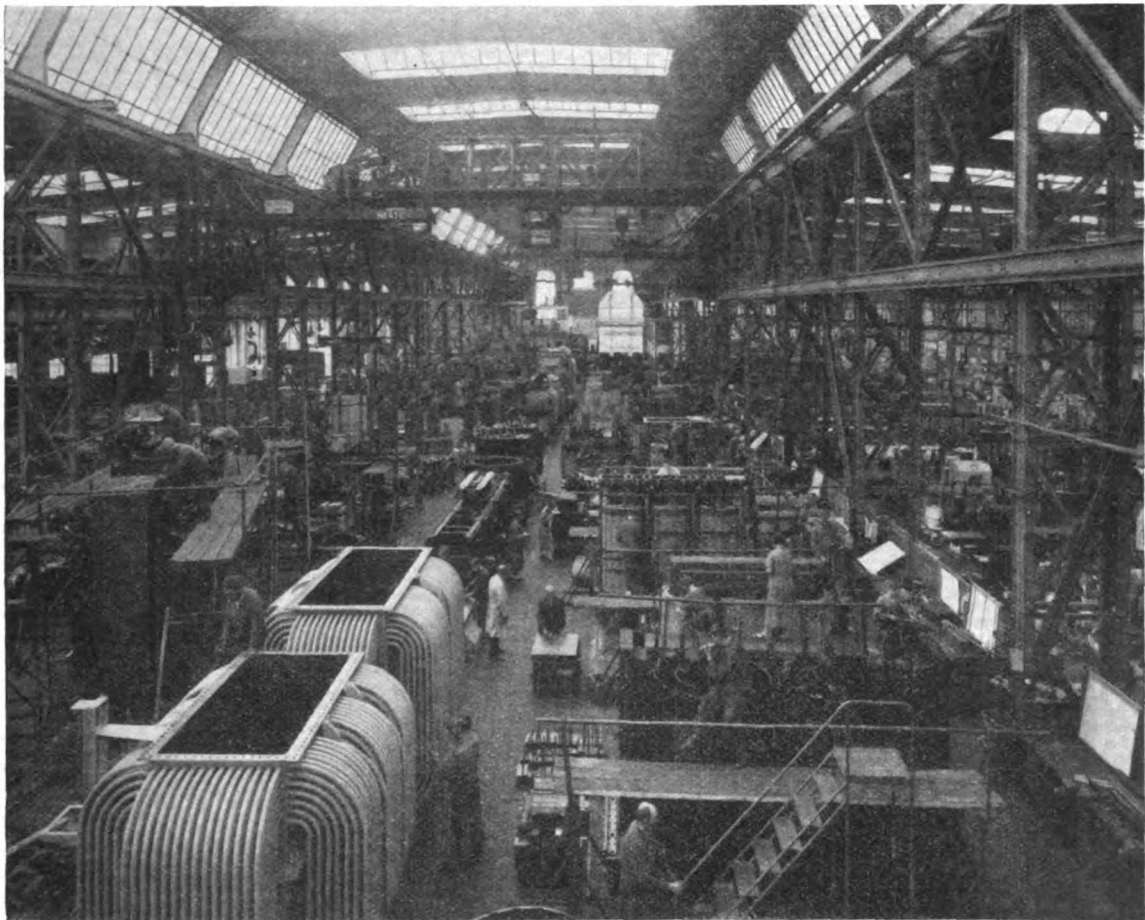


Bild 1. Montagehalle für Großtransformatoren.

bewerb eine führende Rolle spielen können. Weiterhin hängt die Entwicklung der gesamten Technik davon ab, welchen Lebensstandard die Bevölkerung des eigenen Landes erreicht hat. Nur wenn an die Technik hohe Ansprüche gestellt werden und ihre Erzeugnisse einem aufnahmewilligen Markt gegenüber treten, sind hohe Leistungen und Weiterentwicklungen zu erwarten. Wirklich große Leistungen in der Technik setzen ferner einen hohen Stand des wissenschaftlichen Rüstzeuges voraus. Das Land muß über wissenschaftlich gebildete Techniker und Naturwissenschaftler in großer Zahl verfügen, wenn die Technik an vielen Punkten gleichzeitig und mit der notwendigen Schnelligkeit weitergetrieben werden soll. Das gleiche gilt natürlich für die noch näher an der technischen Fertigung Eingesetzten, mögen sie nun als

lich: Meist sind mehrere Menschenalter erforderlich, ehe in einem Land alle diese Voraussetzungen geschaffen sind. Je weiter die Entwicklung auf einem Gebiet fortgeschritten ist, desto schwerer fällt es bekanntlich, noch weitere Spitzenleistungen zu erzielen. Ist aber diese Tradition in einem Zweig der Technik vorhanden, so kann sie immer wieder aus einem großen Reservoir von Erfahrungen und Menschen die Kraft zur Wettbewerbsfähigkeit schöpfen. Sie braucht vor keiner Aufgabe zurückzuschrecken und hat meistens die grundsätzliche Lösung eines Problems schon zur Hand.

An die deutsche Elektrofertigung kann man alle diese Maßstäbe anlegen, ohne befürchten zu müssen, daß sich ein ungünstiger oder auch nur unbefriedigender Eindruck ergibt. Alles, was unter den Begriff Tradition fällt, ist

in ihr vereinigt. In Deutschland wurden Telegraphenapparate schon zu einer Zeit fabrikmäßig hergestellt, als sie in anderen Ländern noch mit behelfsmäßigen Mitteln von Wissenschaftlern „gebastelt“ wurden. In Deutschland entdeckte Werner Siemens das dynamoelektrische Prinzip, auf dem die Starkstromtechnik beruht. In Deutschland wurde der Gedanke des Drehstroms in die Wirklichkeit übersetzt, in Deutschland führte Oskar von Miller die erste Kraftübertragung mit Hochspannung durch, in Deutschland wurde die Erfindung Pupins zum erstenmal in die Praxis eingeführt, in Deutschland fand die Wählertechnik des Fernsprecherkehrers schon ihre Pflegestätte, als andere Länder dieser Entwicklung noch zögernd gegenüberstanden.

Die deutsche Elektrotechnik bzw. ihre Vorgänger wagten sich schon zu einer Zeit an große Aufgaben heran, als andere Länder dazu noch nicht in der Lage waren. Erinnerung sei an die indo-europäische Telegraphenlinie, die im Jahre 1870 in Betrieb kam, sowie an die Errichtung des deutschen Telegraphenkabelnetzes in den Jahren 1876 bis 1881, das nicht weniger als 5500 km Kabel enthält. Elektrotechnische Fachzeitschriften dienten schon frühzeitig dem Erfahrungsaustausch der in der Elektrotechnik Tätigen. Dazu noch etwas ganz Besonderes: Während in anderen Ländern Wissenschaft und Technik noch auf getrennten Wegen vorwärtsschritten, bildeten sie

in Deutschland eine Einheit und befruchteten sich gegenseitig. In Deutschland gab es schon zu einer Zeit eigene Lehrstühle für Elektrotechnik, als in anderen Ländern noch Physiker oder Maschinenbauer die Elektrotechnik nebenbei vertreten mußten. Frühzeitig fanden darum wissenschaftlich geschulte Ingenieure den Weg in die Elektrotechnik. Die deutsche Elektroindustrie unterhielt schon vor 70 Jahren Forschungs- und Entwicklungslaboratorien und verwirklichte deren Arbeitsergebnisse in ihren

Erzeugnissen. Der Vorsprung Deutschlands wurde, wie das in der Natur der Sache liegt, zwar kleiner, daß aber die Überlegenheit erhalten blieb, beweist schon die Tatsache, daß Deutschlands Elektroausfuhr bis zum Ausbruch des jetzigen, uns aufgezwungenen Krieges mengen- und anteilmäßig von keinem Lande der Welt übertroffen wurde.

#### Die Maschinenausrüstung der deutschen Elektrofertigung

Die deutsche Elektrofertigung kann sich in all ihren zahlreichen Zweigen auf eine hochentwickelte Werkzeugmaschinenindustrie stützen, deren Leistungsfähigkeit ebenfalls die Exportziffern beweisen. Das gilt einmal für die Riesenmaschinen zur mechanischen Bearbeitung der schweren Stromerzeuger, Motoren usw., deren Fertigstellung immer ein beson-

deres Echo in der Öffentlichkeit findet. In den Fabrihallen unserer elektrotechnischen Großindustrie, die den Großmaschinenbau betreibt, stehen Riesenmaschinen in allen Ausführungen bereit. Oft genug muß die Elektrotechnik der Werkzeugmaschinenindustrie ganz neue Aufgaben stellen, da die Größe und das Gewicht ihrer Werkstücke jenseits aller bisher üblichen Ausführungen liegt. So entstand z. B. der Typ der ortsbeweglichen, schweren Werkzeugmaschine, die an das zu bearbeitende Werkstück herangebracht wird. Auch bei den schwersten Maschinen müssen Arbeitsgenauigkeiten von  $\frac{1}{100}$  mm eingehalten werden, da in der Elektrotechnik der Luftspalt zwischen feststehendem und umlaufendem Teil eine wichtige Rolle spielt. Die Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschinen beruht zu einem wesentlichen Teil auf elektrotechnischen Fortschritten, so daß hier eine gewisse Wechselwirkung festzustellen ist: Die elektrotechnische Fertigung verlangt hochwertige Werkzeugmaschinen und gibt die Mittel zu ihrem Antrieb und zur Steuerung. Eine ähnliche Wechselwirkung ist auch bei

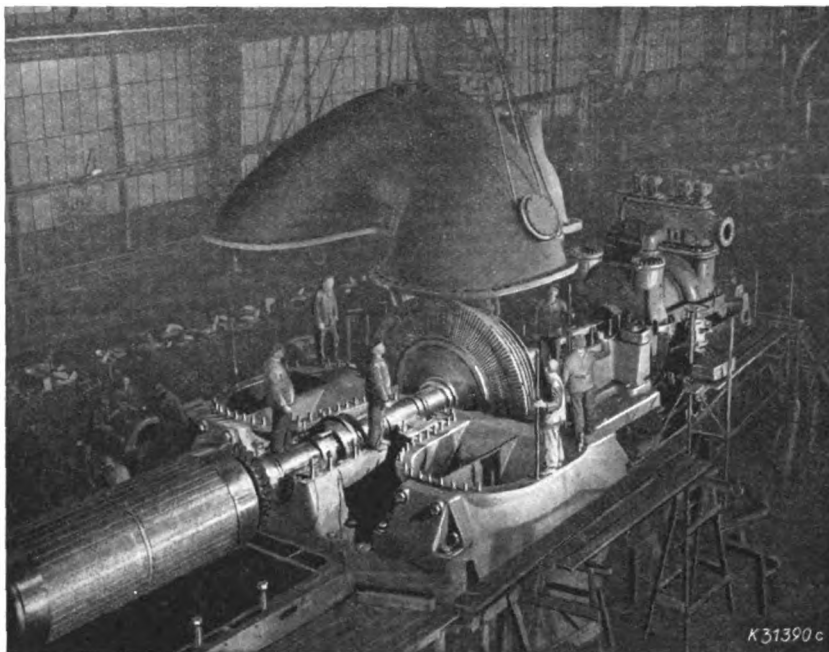


Bild 2. Zusammenbau einer Dampfturbine auf dem Prüfstand.

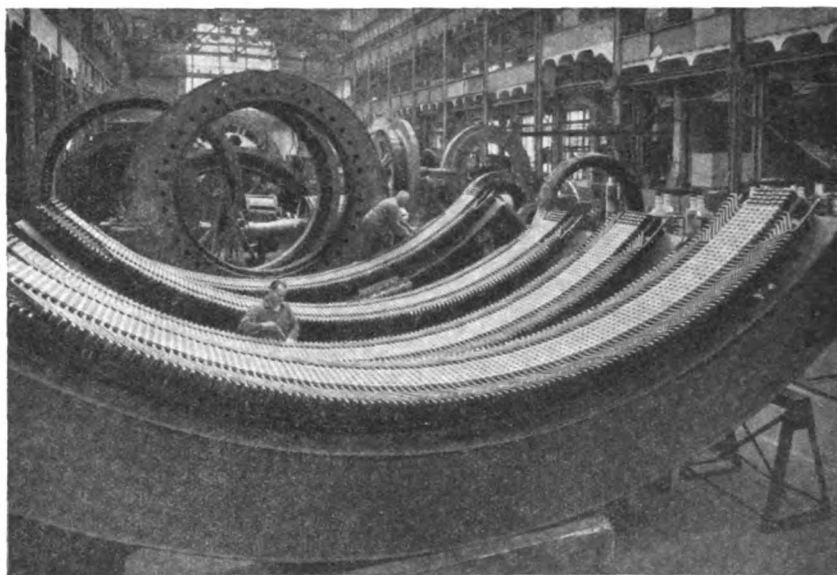


Bild 3. Montagehalle für Großmaschinen. Im Vordergrund die Ständerviertel für einen Wasserkraftgenerator.

den in der Elektrotechnik verwendeten Werkstoffen festzustellen, worüber später noch einiges gesagt wird. Für den Bau von elektrischen Maschinen und Apparaten mittlerer und kleiner Leistung stellt die Elektrofertigung wieder andere Ansprüche an die Werkzeugmaschinenindustrie. Zusätzlich wird hier das Ausbringen hoher Stückzahlen verlangt. Dabei müssen derartige Maschinen auch von angelernten Leuten zu bedienen sein. Hier herrscht, kurz gesagt, der Automat. Ein elektrotechnisches Großunternehmen

Deutschlands kann in einem seiner Werke mit einer Automattendreherei aufwarten, in der 50 Werkstätige an rd. 220 Automaten tagaus, tagein etwa eine Million Teile aus Messing und Eisen maß- und formgetreu herstellen<sup>1)</sup>. Bei gewöhnlichen Drehbänken statt Automaten wären theoretisch nicht weniger als 30mal so viele Menschen notwendig, um dieselbe Leistung auszubringen. Es liegt auf der Hand, daß derartig leistungsfähige Einrichtungen in mengenmäßiger und preislicher Hinsicht höchste Leistungsfähigkeit verbürgen. Oft genug muß auch die Einzweckmaschine eingesetzt werden, um irgendeinen schwierigen Arbeitsvorgang reibungslos in die Herstellung einzugliedern. Daß alle diese Arbeitsmaschinen nur dann zu ihrer hohen Leistung fähig sind, wenn sie mit besten Hartmetall-drehstählen besetzt werden, sei nur nebenbei erwähnt. Die Tatsache ist einer der vielen Beweise für die eingangs aufgestellte Behauptung, daß gute Leistungen nur auf den an ganz anderer Stelle geschaffenen Grundlagen möglich sind. Bei kleineren Teilen, wie es Klein- und Kleinstmotoren, Installationsmaterial, elektrische Hausgeräte usw. sind, handelt es sich um Stückzahlen in der Größenordnung von Hunderttausenden und sogar Millionen, so daß sich noch weitere Anforderungen an den Maschinenpark zur Herstellung der Einzelteile und an die Vorrichtungen für den Zusammenbau ergeben. Die Entwicklung strebt hier zum „Montageautomaten“, und bei einigen Erzeugnissen ist der Gedanke schon verwirklicht. Es gibt z. B. bereits automatisierte Bänder für den Zusammenbau von Lichtschaltern, bei denen eine umlaufende Kette die Einzelteile aus den Stapel- und Schüttmagazinen entgegennimmt und selbsttätig automatische Zusammenbauvorrichtungen auslöst<sup>2)</sup>. Ferner sei hier eine Einrichtung zum Aussortieren von Gleichrichterscheiben nach ihren elektrischen Eigenschaften, nämlich ihrer Sperrschichtwirkung, erwähnt. Bei ihr werden die Scheiben im Stapel angelegt und von der Maschine nach guten und schlechten Stücken getrennt gleich wieder auf Stapel aussortiert. Es liegt auf der Hand, daß alle diese Maschinen und Einrichtungen nicht katalogmäßig bezogen werden können, sondern meist in enger Zusammenarbeit zwischen Besteller und Lieferanten entstehen. Viele elektrotechnische Unternehmungen haben sich sogar Spezialfabriken angegliedert, um ihren Bedarf an Arbeitsmaschinen zu decken. Bekannt ist z. B., daß

die Leistungsfähigkeit der deutschen Glühlampen- und Verstärkerröhren-Industrie zu einem wesentlichen Teil auf ihren hochwertigen Spezialmaschinen beruht, an deren Verbesserung seit Jahrzehnten immer weiter gearbeitet wird. Was hier für Werkzeugmaschinen auseinander-

gesetzt wurde, gilt natürlich in gleicher Weise auch für alle anderen maschinellen Hilfsmittel der Elektrofertigung, also z. B. für Schneid- und Schweißeinrichtungen, die überall unentbehrlich sind, für Schneid- und Beklebemaschinen, für Stanzen, für die umfangreiche Ausrüstung von Kabelwerken und Drahtfabriken, für Vakuumpumpen und nicht zuletzt für die notwendigen Meßwerkzeuge. Überall stehen leistungsfähige Zulieferanten innerhalb der Grenzen Großdeutschlands zur Verfügung, um ihrer-

seits die deutsche Elektrofertigung zu ihren großen Leistungen zu befähigen.

#### Die deutsche Elektro-Feinwerktechnik

Ein besonderer Abschnitt muß in diesem Zusammenhang der deutschen Elektro-Feinwerktechnik gewidmet werden, also jener Industrie, die die Geräte der Meß- und Fernmeldetechnik herstellt. Ihre Arbeitsverfahren sind dadurch gekennzeichnet, daß größte Stückzahlen meist sehr

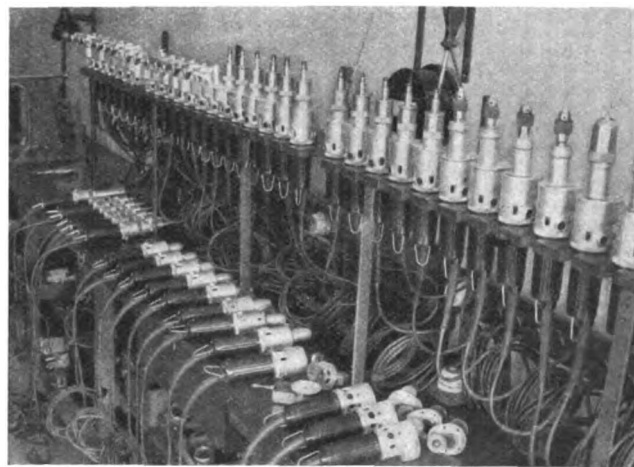


Bild 5. Reihenprüfung von Elektrowerkzeugen.

kleiner und aus vielen Einzelteilen bestehender Geräte mit der höchsten fabrikmäßig überhaupt zu erreichenden Genauigkeit ausgebracht werden müssen. Selbstverständlich kommen dabei auch häufig kleinere Serien vor, die nur einen geringeren Aufwand bei den Hilfsmitteln der Fertigung zulassen. Die Genauigkeit gilt sowohl für die Fertigung der Einzelteile als auch für den Zusammenbau. Die Entwicklung strebte hier an, das Gelingen der Arbeit von den Zufälligkeiten, die im einzelnen Mitschaffenden

<sup>1)</sup> Vgl. H. Benkert, (Vierjahresplan) (1939) S. 1135.

<sup>2)</sup> K. Kaatz, Masch.-Bau Betrieb 17 (1938) S. 517.

begründet sind, unabhängig zu machen, und für die Arbeit so genaue und leicht zu bedienende Vorrichtungen zur Verfügung zu stellen, daß unbedingte Übereinstimmung aller Stücke untereinander gewährleistet ist. Man hat sozusagen die früher von jedem Einzelnen geleistete geistige Arbeit an einer Stelle zusammengefaßt und sie hier ein für allemal gründlich erledigt. Man mußte sich zu diesem Vorgehen auch deshalb entschließen, um bei dem Mangel an Facharbeitern, der durchaus nicht auf Deutschland beschränkt ist, die Leistungsfähigkeit der Betriebe aufrecht erhalten zu können. Nur einige wenige Einrichtungen können erwähnt werden, um die Entwicklungsrichtung in diesem Zweig der Elektrofertigung darzulegen. Bearbeiten und Messen waren früher zwei getrennte Vorgänge. Jetzt arbeitet man dagegen bei der Elektrofertigung mit Vorrichtungen, die Herstellung und Messen vereinigen<sup>3)</sup>. Bei solchen Einrichtungen genügt



Bild 6. Zweckmäßig gestalteter Arbeitsplatz für den Zusammenbau elektrischer Meßinstrumente.



Bild 7 Auswiegen des Kontaktdruckes bei Fernmelderelais.

dann eine Meßuhr, um mehrere gefräste Flächen genau zu kontrollieren. Man hat sogar Maschinen entwickelt, die ein Fertigschleifen auf Maß ohne Verwendung eines be-

sonderen Meßwerkzeuges ermöglichen<sup>4)</sup>. Auch an anderen Stellen die sogenannten Nebenzeiten einzusparen, ist das Ziel der Entwicklung. Während früher bei Drehbänken beim Einspannen von Teilen das Festspannen des Werkstücks und das Einschalten der Drehbewegung getrennt zu erledigen war, und ferner vor dem Ausspannen das Auslaufen der Spindel abgewartet werden mußte, haben neuzeitliche Drehbänke nur einen Handhebel für Spannen und einen Fußhebel für Ausschalten des Stromes und Abbremsen der Spindel. Weiterhin koppelt man gegenwärtig mehrere Arbeitsmaschinen, um kurze Durchlaufzeiten zu erzielen und durch den Wegfall des sonst an jeder Maschine zu stapelnden Arbeitsvorrates die Werkstattbestände zu verringern.

Selbsttätige Prüfeinrichtungen, die vielfach auf elektrischem Verfahren beruhen, sorgen dafür, daß nur Teile, die in jeder Einzelheit richtig sind, in den Zusammenbau gelangen. Bei diesem Zweig der Elektrofertigung wirkte sich die Möglichkeit, auf bedeutend ältere Vorbilder zurückgreifen zu können, ebenfalls günstig aus. Die Uhrenindustrie hatte z. B. schon seit jeher feinste Arbeitsmaschinen verlangt, die bereits zu hoher Vollkommenheit entwickelt waren. Wenn sie auch niemals im Original zu übernehmen sind, so wiesen sie doch den Weg, auf dem weitere Fortschritte zu erzielen sind. Selbstverständlich ist der hochwertige Werkzeugmacher unentbehrlich, um die für so hochwertige Maschinen notwendigen Schnitte, Stanzen und Arbeitsstähle herzustellen. Auf die Ausbildung solcher Männer wird deshalb in der deutschen Elektrofertigung größter Wert gelegt, worüber später noch einiges gesagt wird.

#### Die Bedeutung der Werkstoff-Forschung für die deutsche Elektrofertigung

Auf der Werkstoffseite läßt sich eine ähnlich gute Fundierung der deutschen Elektrofertigung feststellen. Zwar birgt der deutsche Boden nicht alle Rohstoffe, die in der Elektrotechnik gebraucht werden, aber man muß bedenken, daß die Veredelung der Rohstoffe bis zu den für die Elektrotechnik notwendigen Reinheitsgraden, besonderen Eigenschaften usw. oft viel wichtiger, schwieriger und kostspieliger ist als das Ausgangsprodukt. In der Werkstoffzubereitung hat es die deutsche Industrie zu hoher Vollkommenheit gebracht trotz der Beschränkungen in der Beschaffung der Ausgangsstoffe, die durch die Bodenverhältnisse bedingt sind. Eisen- und Hüttenwerke, die zu den größten der Welt gehören, liefern die Baustoffe für die großen Turbinen und Generatoren. Auch die schwersten Werkstücke, wie z. B. Polräder oder Turbinenwellen, werden in deutschen Werken in bester Beschaffenheit hergestellt. Besondere Eigenschaften in mechanischer und elektrischer Hinsicht werden dabei dank der vieljährigen Erfahrungen genau getroffen.

<sup>3)</sup> B. Reichert, Masch.-Bau Betrieb 18 (1939) S. 171.

<sup>4)</sup> H. Karge, Masch.-Bau Betrieb 18 (1939) S. 431.

Magnetisch weiche und magnetisch harte Werkstoffe werden in Deutschland mit allen besonderen Eigenschaften hergestellt, ob es sich um hochlegierte Bleche für Maschinen, Transformatoren, Meßwandler, um Magnetpulver für die Herstellung von Pupinspulen oder um Bänder für die Umspinnung von Kabeladern handelt. Auch Dauermagnetstähle werden in Deutschland mit den größten erreichbaren Koerzitivkräften erzeugt. Es ist selbst in den Kreisen, die der technischen Entwicklung in diesem Spezialgebiet fernerstehen, bekannt, daß gerade bei den magnetischen Werkstoffen, von deren Eignung das Arbeiten sehr vieler elektrischer Einrichtungen abhängt, die deutsche Industrie hinsichtlich der Erreichbarkeit und Einhaltung der gewünschten Eigenschaften die Spitze hält. Die deutsche Aluminiumindustrie, um noch einige Zweige der Metallindustrie zu erwähnen, ist in der Lage, der Elektrofertigung ihre Erzeugnisse in den höchsten Reinheitsgraden zur Verfügung zu stellen. Die Herstellung von Magnesium und seinen Legierungen ist in Deutschland begründet worden. Die

Oberflächenbehandlung dieser Metalle, die sie fast zu neuen, für die Elektrotechnik besonders geeigneten Werkstoffen werden läßt, wurde in Deutschland zu hoher Blüte gebracht. Die straff ausgerichtete Entwicklung der letzten Jahre, die durch den Begriff „Vierjahresplan“ gekennzeichnet ist, darf nicht nur unter dem Gesichtspunkt gewertet werden, daß sie die Umstellung auf heimische Werkstoffe förderte, vielmehr sind im Zeichen dieser Entwicklung auch neue bessere

Werkstoffe entstanden, die von der Elektrofertigung dankbar aufgenommen wurden. Das macht sich vor allem auf dem Gebiete der Isolierstoffe bemerkbar, vom deutschen Buna angefangen bis zu den Preßstoffen. Die Überlegenheit der synthetischen Werkstoffe gegenüber den Naturstoffen ist darin begründet, daß ihnen systematisch die Eigenschaften angezuchtet werden konnten, die für besondere Anwendungen gerade erwünscht sind. In der Fertigung ergaben sich durch die Einführung der neuen Werkstoffe zahlreiche Vorteile, die sich auf die Formgebung und die Herstellungskosten auswirken<sup>6)</sup>. Die Porzellan- und Glasindustrie, deren Erzeugnisse für die Elektrofertigung unentbehrlich sind, steht in Deutschland seit jeder auf hoher Stufe und vermag auch die schwierigsten Aufgaben zu lösen. Das gleiche gilt für die betreffenden Zweige der chemischen Industrie, die auch ausgefallene Forderungen auf der Werkstoffseite zu erfüllen vermag; erinnert sei hier an den Werkstoff Stryoflex, der ganz neue Wege in der Hochfrequenztechnik zu gehen ermöglichte.

#### Prüffelder und Laboratorien

Aus den Stätten der deutschen Elektrofertigung die wichtigsten, eigens geschaffenen Einrichtungen aufzuzählen oder zu beschreiben, würde weit über den Rahmen eines Aufsatzes hinausgehen. Kurz eingegangen sei lediglich noch auf die mannigfachen Prüfeinrichtungen, von deren richtiger Gestaltung und zweckmäßigem Ein-

satz die Eignung und Betriebssicherheit aller elektrischen Geräte abhängt. Für die Prüfungen auf elektrische Eigenschaften, insbesondere auf Überlastbarkeit hinsichtlich Strom, Spannung und Leistung stehen selbstverständlich größte Prüffelder zur Verfügung, deren Leistungen und Abmessungen sogar schon die zukünftige Entwicklung berücksichtigen. Für die mechanische Prüfung umlaufender Teile sind Schleudergruben geschaffen worden, die auch größte Läufer- und Polräder aufnehmen können<sup>7)</sup>. Ein elektrotechnisches Großunternehmen unterhält ein Explosionsprüffeld, in dem die für explosionsgefährdete Betriebe bestimmten Maschinen und Apparate geprüft werden. Auch wurden hier die grundsätzlichen Bedingungen klargestellt, unter denen die Auswirkungen von Explosionen verhindert werden können, so daß die gesamte deutsche Elektrofertigung davon Nutzen hat<sup>8)</sup>. Akustische Prüfräume sind vorhanden, um die Geräte zur Fernverständigung und Sprachübertragung prüfen zu können und um neue Entwicklungen einzuleiten. Alle diese Prüffelder sind

oft gleichzeitig der Ausgangspunkt von Fortschritten und ergänzen damit die Arbeit in den eigentlichen Forschungs- und Entwicklungslaboratorien. Daß die Großunternehmen über derartige Stätten verfügen und daß diese Weltruf erlangt haben, ist auf Grund ihrer Leistungen selbstverständlich und allgemein bekannt. Aber auch kleinere Firmen leisten auf ihren Sondergebieten oft wichtige Entwicklungsarbeit, ebenso wie es in Deutschland eine ganze Anzahl privater physikalischer Institute gibt, welche

Forschungs- und Entwicklungsaufträge ausführen. In allen Erzeugnissen der deutschen Elektrofertigung ist ein Teil der an so vielen Stellen geleisteten Entwicklungsarbeit verkörpert.

#### Die Schulung der Mitarbeiter an der deutschen Elektrofertigung

Jedes Erzeugnis kann nur dann gut sein, wenn die, die es geschaffen haben, tüchtig sind. Darum wird in Deutschland unablässig an der Ertüchtigung der Mitarbeiter in der Elektrofertigung gearbeitet, ob es sich um Ingenieure oder um Facharbeiter handelt. Die deutschen Universitäten und Hochschulen vermitteln in international anerkannter Güte die notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen, mit denen die technischen Physiker, Entwicklungs- und Fabrikationsingenieure usw. in die Praxis der Elektrofertigung eintreten. Technische Mittelschulen ergänzen diese Arbeit, während Fachschulen den Bedarf an Technikern, Meistern und Facharbeitern decken. Die Zusammenarbeit aller dieser Unterrichtsstätten mit der Praxis verbürgt einen besonders hohen Wirkungsgrad ihrer Tätigkeit<sup>9)</sup>. Die Fertigungsstätten selbst übernehmen gewöhnlich die letzte Ausbildung ihrer Mitarbeiter, um sie mit den Spezialaufgaben vertraut zu machen. Die Großunternehmen unterhalten meistens eigene Werkschulen, die zusammen mit Lehrwerkstätten für den Nachwuchs an



Bild 8. Eichwerkstatt für Registrierinstrumente.

<sup>6)</sup> Evers, Feinmech. u. Präz. 47 (1939) S. 49.

<sup>7)</sup> H. Winkelsträter u. F. Wendt, Siemens-Z. 18 (1938) S. 305.

<sup>8)</sup> D. Müller-Hillebrand, ETZ 59 (1938) S. 1116.

<sup>9)</sup> Deutsche Allgemeine Zeitung vom 31. 12. 1938, Ebel, „Zusammenarbeit von Hochschule und Praxis“.



Facharbeitern sorgen. Bei kleineren Unternehmen übernimmt die öffentliche Fortbildungsschule, die meistens besondere Klassen für Elektrotechniker hat, diesen Teil der Ausbildung. Um den großen Bedarf an Facharbeitern zu decken, hat es sich vielfach als nötig erwiesen, auf andere Berufszweige zurückzugreifen. Durch solche Umschulungsmaßnahmen ist es gelungen, aus Angehörigen ganz anderer Berufskreise tüchtige Mitarbeiter der Elektrofertigung heranzuziehen<sup>9)</sup>. Systematisch wird an der Leistungssteigerung in den Stätten der Elektrofertigung gearbeitet. Durch die Lenkung des planmäßigen Arbeitseinsatzes ist es gelungen, die Leistung der Betriebe hinsichtlich Güte und Menge um ein Mehrfaches zu steigern<sup>10)</sup>.

**Aufbau und Organisation**

Die deutsche Elektrofertigung verteilte sich zu Beginn des Krieges auf mehr als 2000 Betriebe mit über 400 000 Beschäftigten, die in der Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie zusammengefaßt sind. 24 Fachgruppen vereinigen die Betriebe nach ihren Erzeugnissen. Ein Blick auf das Verzeichnis dieser Fachgruppen zeigt, daß es keinen Zweig der Elektrotechnik gibt, der nicht in Deutschland seine Pflegestätte gefunden hat. Es gibt dabei Betriebe jeden Umfangs, sowohl Großbetriebe, die das Gesamtgebiet bearbeiten, als auch mittlere und kleine Spezialfabriken, die Teilgebiete oder ein Spezialfach pflegen. Überall besteht eine enge Zusammenarbeit und ein reger Austausch von Erfahrungen. Die Pflegestätte hierfür sind wiederum die großen Fachverbände, von

<sup>9)</sup> Eberhard Pflaume: „Die Umschulung“ (1939).  
<sup>10)</sup> Lelfer, Vierjahresplan 3 (1939) S. 666.

denen für den Elektrotechniker der Verband Deutscher Elektrotechniker maßgeblich und richtungweisend ist. Weiterhin dienen dem Gedankenaustausch die großen Fachzeitschriften des Gebietes, die in hoher Auflage jeden Fachgenossen über die Fortschritte auf seinem engeren oder weiteren Arbeitsgebiet unterrichten. Wenn auch grundsätzliche und kostspielige Entwicklungen in erster Linie von den Großbetrieben getragen werden, so ist doch die Mitarbeit der anderen Betriebe in dieser Richtung nicht zu unterschätzen; denn oft genug erweisen sie sich z. B. als wertvolle Zulieferanten der großen Betriebe. Die deutsche Elektrofertigung verteilt sich über das ganze Land. In den Großstädten und an ihrem Rande wuchsen meist die Großbetriebe hervor, aber auch aus manchem Kleinunternehmen, das auf dem flachen Lande gegründet wurde, gingen Betriebe hervor, die in ihrem Fach Welt-ruf erlangten. So entstanden in den Tälern der Mittelgebirge, in Westfalen, Thüringen, Franken und Schwaben bedeutende Unternehmen für die Herstellung von Installationsmaterial, die sich auf einen dort ansässigen, gewöhnlich schon auf anderen Fertigungsgebieten geschulten Arbeiterstamm stützen konnten. Auch die Großunternehmen sind in letzter Zeit in verstärktem Maße dazu übergegangen, sich diese Arbeitskraftreserven dadurch nutzbar zu machen, daß sie Zweigfabriken dort begründeten. Die große Zahl der Betriebe begünstigt einen gesunden Wettbewerb, der den Abnehmern Deutschlands in aller Welt die Gewähr bietet, daß aus der deutschen Elektrofertigung Erzeugnisse hervorgehen, die im schärfsten Wettbewerb erfolgreich auch im Kriege bestehen können.

**Der elektrische Antrieb von schweren Metallwalzwerken mit selbsttätiger Steuerung**

Von A. Ohlhoff VDE, Mannheim

DK 621.34 : 621.944

In den letzten Jahren brachten die gesteigerten Anforderungen an die Leichtmetallindustrie eine wesentliche Vermehrung der in Betrieb genommenen Metallwalzwerke mit sich. Die fortschreitenden Verbesserungen im Walzwerk zur Steigerung der Erzeugung konnten auf die Entwicklung der Antriebe nicht ohne Einfluß bleiben. Nachdem früher die kleinen Walzwerke von einer gemeinsamen Transmission aus getrieben wurden, kam bei den schweren Metallwalzwerken nur Einzelantrieb in Betracht, und hier ist heute der Elektroantrieb dank seiner großen Anpassungsfähigkeit an die verlangten Betriebsbedingungen alleinherrschend. Es ist verständlich, wenn man früher, als nur mit geringen Motorleistungen zu rechnen war, glaubte, Umkehrantriebe nur mit durchlaufendem Motor und Umkehrkupplung ausrüsten zu können. Inzwischen haben aber die Maschineningenieure erkannt, daß der Aufbau des Walzwerkes bei Umkehrantrieb durch Ausnutzung der bei elektrischen Antrieben gegebenen Steuerungsmöglichkeiten mechanisch einfacher wird, da nur ein Getriebe, das für wechselnde Drehrichtung berechnet sein muß, nötig ist, während die Drehrichtungs-umkehr selbst durch den Elektromotor erfolgt. Der Verschleiß an der Umkehrkupplung kommt dadurch in Fortfall.

Je nach der Ausführung der Band- und Streifenwalzwerke, ob Trio-, durchlaufendes Duo- oder umkehrbares Duogerüst vorliegt, ergeben sich verschiedene Steuerbedingungen für den Antrieb, die nachstehend beschrieben werden sollen, wobei vorausgesetzt wird, daß die Walzwerke mit gleichbleibender Walzgeschwindigkeit arbeiten, so daß Drehstrommotoren mit einer Drehzahl verwendet werden können. Diese Motoren werden entsprechend den bei Walzbetrieb auftretenden Belastungsspitzen für 100prozentige stoßweise Überlastbarkeit bemessen.

Die Motoren erhalten Schleifringläufer, damit beim Anlassen keine allzu großen Stromspitzen auftreten und damit bei durchlaufenden Antrieben, wenn ein Schwungrad am Getriebe vorhanden ist, bei Belastung durch vor-

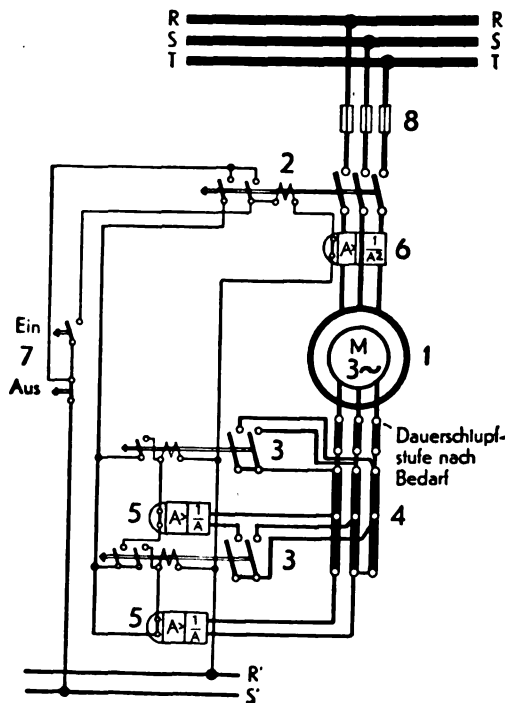


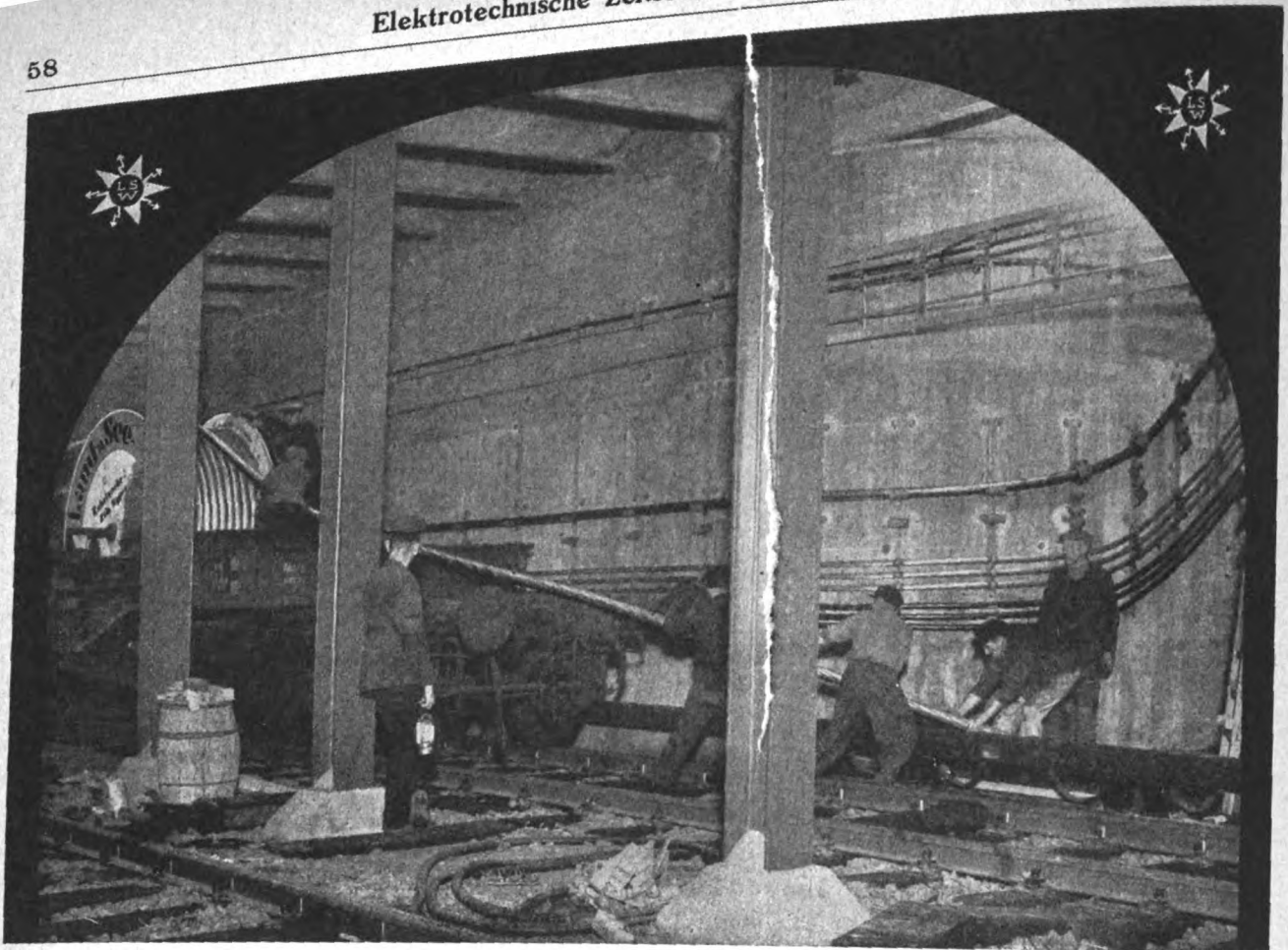
Bild 1. Drehstrom-Anlaß-Stromwächter-Schützsteuerung mit zwei Anlaßstufen.



# Die Walze

U  
nser neuer Klöckner-Walzen-  
schalter für hohe Schalzhäufigkeiten  
wird aufs sorgfältigste fabriziert und  
verläßt unser Werk erst, wenn für alle  
Walzenringe eine besondere Aus-  
wahl und Prüfung stattgefunden hat.  
Eine lange Lebensdauer ist die Folge.

F. KLÖCKNER K-G • KÖLN-BAYENTHAL



## **Starkstromkabel**

für alle Spannungen  
Dehnungskabel D. R. P.

## **Schwachstromkabel Isolierte Leitungen**

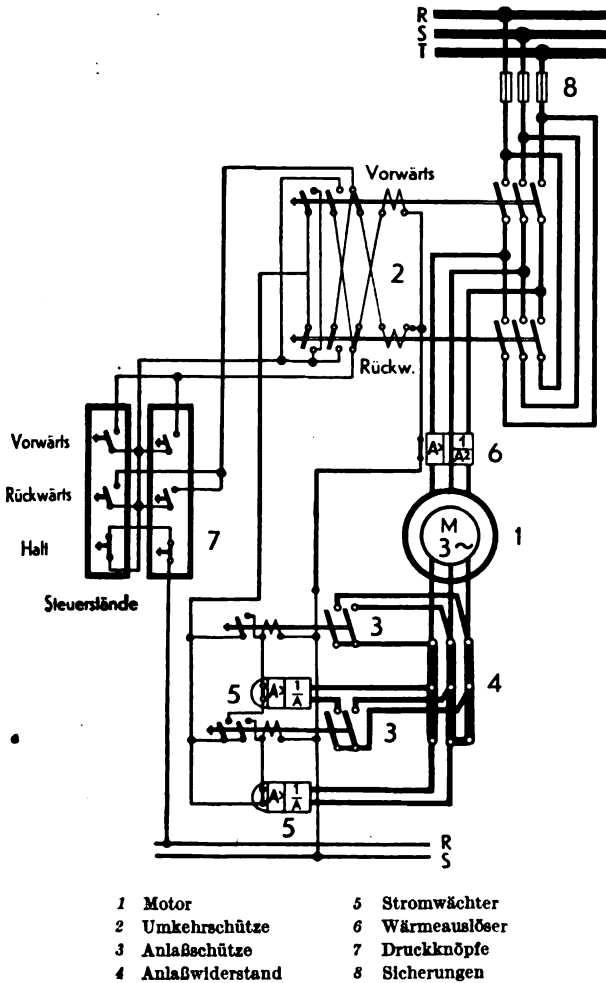
Tenax-Kabel  
Feuchtraum-Leitung

## **Gußgekapselte Niederspannungs- Schaltanlagen**

Kabelgarnituren  
Anlage von Kabelnetzen. Übernahme der Gesamtmontage  
Trennschutzschalter „Heinisch-Riedl“ D. R. P. D. R. G. M.  
Stecker-Schutzhüllen „Tenax“  
Längenmeßapparate

**LAND- u. SEEKABELWERKE A. G.**  
KÖLN-NIPPES

geschaltete Läuferwiderstände ein zusätzlicher Drehzahlabfall erzielt werden kann, so daß eine Entladung der Schwungradenergie eintritt. Hierdurch können derartige Walzwerksantriebe auch an verhältnismäßig schwache Netze angeschlossen werden.



- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1 Motor           | 5 Stromwächter  |
| 2 Umkehrschütze   | 6 Wärmeauslöser |
| 3 Anlaßschütze    | 7 Druckknöpfe   |
| 4 Anlaßwiderstand | 8 Sicherungen   |

Bild 2. Drehstrom-Umkehr-Schützsteuerung für selbsttätiges Anlassen durch Stromwächter.

Früher wurden die Motoren mit einem Motorschutzschalter und Anlasser versehen. Beim Einschalten mußte zuerst von Hand der Motorschutzschalter eingelegt werden, dann konnte der Anlasser in die Betriebsstellung gedreht werden. Dieses Einschalten wird heute mit Fernantrieben der Schalter bei durchlaufenden Antrieben erreicht, besonders wenn es sich um Hochspannungsmotoren handelt. Es bedeutet eine Steigerung der Betriebssicherheit, wenn die Inbetriebsetzung der Walzenstraße vom Walzwerk aus durch selbsttätig arbeitende Steuerungen durchgeführt werden kann. Daher haben sich die Schützsteuerungen für Druckknopf- oder Meisterschalterbetätigung immer mehr eingebürgert, weil sie durch ungeschulte Leute bedient werden können. Sie sollen nachstehend an einigen einfachen Anlaß- und Umkehrschaltungen erläutert werden. Die besprochenen Ausführungen können beliebig erweitert werden, und so ist die Möglichkeit gegeben, auch den schwierigsten Betriebsverhältnissen gerecht zu werden.

Vorweg sei gesagt, daß die Steuerungen sowohl für Kurzschluß- als auch bei Schleifringläufermotoren verwendbar sind. Da aber bei Antrieben für schwere Metallwalzwerke infolge der Anlaufbedingungen meistens Schleifringläufermotoren verwendet werden, sind nur diese hier berücksichtigt.

Bild 1 zeigt eine einfache Drehstrom-Anlaß-Stromwächter-Schützsteuerung mit zwei Anlaßstufen. Für die Betätigung eines mit dieser Steuerung versehenen Antriebes genügt ein Doppeldruckknopf mit zwei Schaltbefehlen „EIN“ und „AUS“. Bei Befehl „EIN“ wird zuerst das Ständerschütz 2 eingeschaltet, und dann läuft der durch einstellbare Stromwächter überwachte Anlaufvorgang selbsttätig ab. Für die Bemessung der Stromwächter ist die Größe des verlangten Anlaufmomentes maßgebend. Die Zahl der Anlaßstufen richtet sich nach der Größe des Antriebes und der zugelassenen Anlaufstromspitze, die bei kleineren Versorgungsnetzen beschränkt ist. Für den thermischen Schutz des Motors sorgt ein Wärmeauslöser, dessen Kontakt den Stromkreis der Schützspule 2 unterbricht, wodurch sämtliche Schütze abfallen. Den Grobschutz übernehmen Kurzschlußsicherungen; in manchen Fällen werden magnetische Schnellauslöser verwendet, durch die ebenfalls über einen Hilfskontakt auf die Schütze eingewirkt wird. Die angegebene Schaltung bietet keinerlei Schwierigkeiten, wenn man beachtet, daß Motor- und Steuerungspannung demselben Netz entnommen werden. Sonst bleiben trotz Ausbleibens der Motorspannung die Schütze hängen, und der Motor läuft beim Wiederkehren der Spannung ohne Anlaßstufen an. Sind Motor- und Steuerungspannung verschiedenen Netzen

- 1a Trennschalter
- 1b Steuerschalter
- 2a Schütz „Vorwärts“
- 2b Schütz „Rückwärts“
- 2c Anlaßschütz
- 2d Nullspannungshilfeschütz
- 3a Bremslüftmagnet
- 3a Grobschutz
- 3b Wärmeauslöser
- 7a Anlaßwiderstand
- 7b Schlupfwiderstand
- 8a Motor

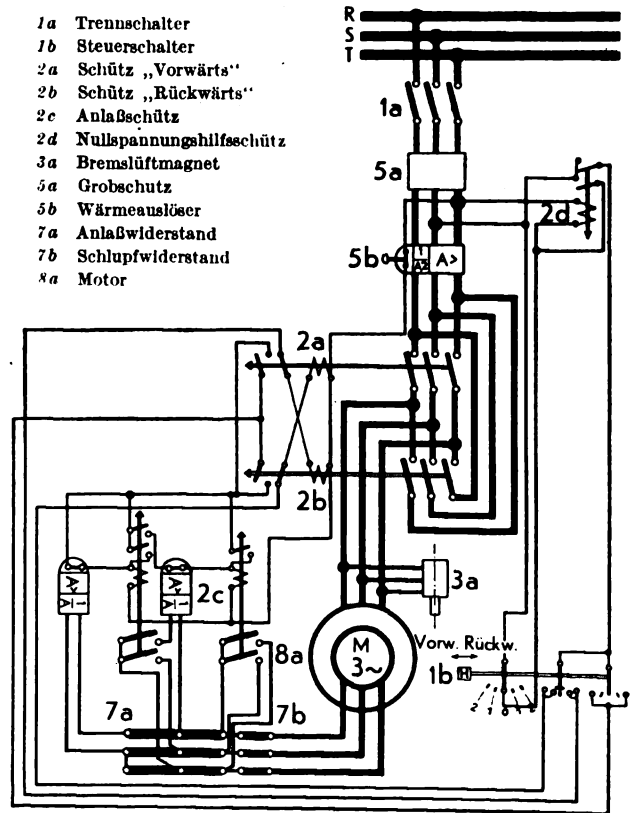


Bild 3. Drehstrom-Umkehr-Schützsteuerung mit Meisterschalter.

entnommen, muß ein Nullspannungs-Verriegelungsschütz eingebaut werden, wie aus Bild 3 abgeleitet werden kann. Bei Antrieben mit angekuppeltem Schwungrad muß, wie schon erwähnt, dafür gesorgt werden, daß bei Belastung des Motors ein Drehzahlabfall eintritt. Diesem Zweck dient der in dem Schaltbild angedeutete einstellbare Schlupfwiderstand, bei dessen Wegfall sich an der Schaltung grundsätzlich nichts ändert.

Die besprochene Schaltung kann vorwiegend bei einfachen durchlaufenden Walzwerken, wie z. B. Triegerüsten, verwendet werden. Vielfach wird jedoch auch hier verlangt, daß die Drehrichtung des Antriebes geändert wer-

den kann, z. B. wenn das Walzgut im Störfall wieder rückwärts herausgefahren werden muß, um eine Beschädigung der Walzen zu vermeiden. Dann kann eine Drehstrom-Umkehr-Schutzsteuerung nach Bild 2 verwendet werden. An Stelle des Doppeldruckknopfes tritt ein

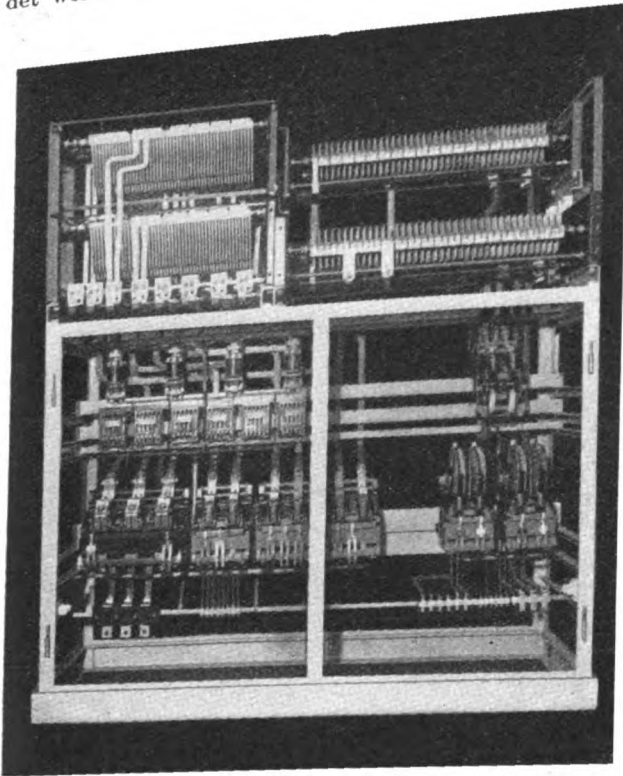


Bild 4. Schaltschrank beim Zusammenbau.

Dreifachdruckknopf für die Schaltbefehle „VORWÄRTS“, „RÜCKWÄRTS“ und „HALT“. Die Anlaßsteuerung bleibt gleich, ebenso die Schutzeinrichtungen, nur sind zwei Ständerschütze erforderlich. Auf diesem Schaltbild sind zwei Druckknopfkasten zu sehen, die einen großen Vorteil bei Schutzsteuerungen bilden. Ist ein Motor mit einem Motorschutzschalter und Anlasser versehen, so kann die Inbetriebnahme nur an einer Stelle erfolgen, da die mehrfache Beschaffung dieser Schaltgeräte und die Verlegung der schweren Motorkabel große Kosten verursachen würde. Bei Druckknopfsteuerungen ist es äußerst einfach, mehrere Steuerstände einzurichten, da diese Druckknöpfe nur parallel bzw. hintereinander geschaltet werden und nur Steuerleitungen geringen Querschnittes verlegt werden müssen.

Bei größeren Metallwalzwerken hat sich erwiesen, daß es beim Anfahren nicht immer erwünscht ist, wenn gleich beim Einschalten der Anlaßvorgang selbsttätig abzulaufen beginnt. Bei Bandwalzwerken muß das Band beim Anlaufen zwischen die Walzen eingeführt werden, weshalb nicht sofort die volle Drehzahl erreicht werden darf. Der Motor muß eine Zeitlang mit etwa halber Drehzahl laufen. Dies wird erreicht durch Vorschalten des gesamten Anlaß- und Schlupf Widerstandes vor den Läufer. Der Meisterschalter tritt an die Stelle der Druckknöpfe und ermöglicht das Einhalten der gestellten Anfahrbedingung.

Bild 3 zeigt eine Drehstrom-Umkehr-Schutzsteuerung mit Meisterschalter. Der Meisterschalter 1b hat auf beiden Seiten je zwei Stellungen. Der Schalter wird mit einem Handhebel bedient und hat gut fühlbare Raststellungen, damit ein Überschalten vermieden wird. In der ersten Stellung des Meisterschalters wird nur das

Ständerschütz entsprechend der gewählten Drehrichtung eingeschaltet. Dem Läufer des Motors ist der gesamte Widerstand vorgeschaltet, so daß er langsam anläuft. Erst auf der zweiten Stellung wird der selbsttätige Anlaßvorgang eingeleitet. Diese Steuerung ist für Duo-Reibvorgang geeignet, die mit einer größeren Schaltvielfachigkeit umgekehrt werden müssen. Um den Antriebsstillzusetzen, ist noch ein Drehstrombremslüfter vorhanden, der jedoch mit Dämpfung versehen sein muß, um erst einzufallen, wenn die Drehzahl bereits gesunken ist.

Der Bremslüfter mußte neuerdings der Gegenstrombremsung weichen, die den Motor schneller und stoßfrei stillzusetzen ermöglicht. Bei Metallwalzwerken ist es außerordentlich wichtig, daß bei Gegenstrombremsen ein Wiederhochlaufen in der anderen Drehrichtung vermieden wird, denn sonst wird das dünn gewalzte Band Ausschub und muß abgeschnitten werden. Die neuerdings ausgeführten Walzwerksantriebe genügen dieser Forderung einwandfrei durch Verwenden eines geeigneten Bremswächters, der am Motor angebaut wird.

Erwähnt sei noch, daß der Meisterschalter im Gegensatz zum Druckknopf einen Dauerkontakt hat, weshalb die Verwendung eines Nullspannungshilfsschützes (Bild 3, 2d) unbedingt erforderlich ist, um beim Wiederkommen

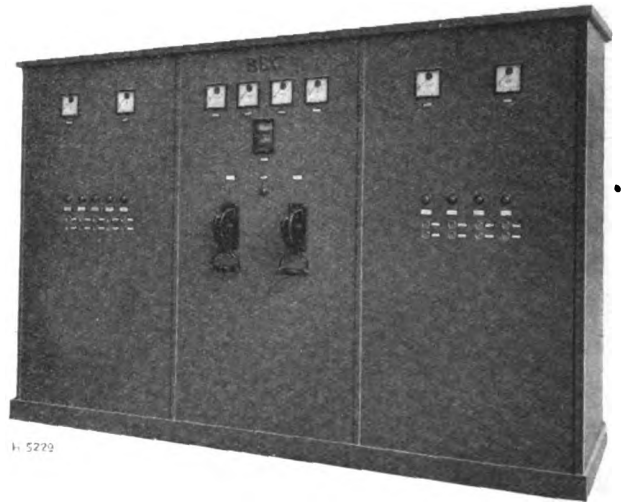


Bild 5. Vorderseite eines Schützenschranks.

der ausgefallenen Netzspannung ein Anlaufen des Motors zu verhindern. Gleichzeitig ermöglicht dieses Hilfsschütz eine Verriegelung bei verschiedenen Netzen für Betriebs- und Steuerspannung. Das große Gebiet der Steuerungstechnik hat bedingt, daß heute außer den erwähnten einfachen Schaltungen wesentlich schwierigere, von BBC entwickelte Ausführungen angewendet werden; sie zu behandeln führt an dieser Stelle zu weit.

Nicht nur für den Hauptantrieb eines Walzwerkes kommen derartige Schutzsteuerungen in Frage, sondern auch für sämtliche Hilfsantriebe, wie z. B. Anstellung, Ölpumpenantriebe, Wickelmaschinen, Scheren usw. Teilweise wird bei diesen an Stelle des Gegenstrombremsens mit Gleichstrombremsung gearbeitet, wofür Schaltung und Wirkungsweise allgemein bekannt ist.

Für die gesamte selbsttätige Steuerung eines Metallwalzwerkes kommen also viele Schütze in Frage, und diese können nicht schutzlos im Betrieb untergebracht werden. In den letzten Jahren wurden die Schütze und sonstigen Hilfsgeräte in Schaltschränken zusammengebaut, bei denen besonders auf übersichtliche Anordnung der Schaltgeräte größter Wert gelegt wurde.

Bild 4 zeigt einen derartigen Schrank während der Montage. In diesem Falle sind die erforderlichen Anlaß-

und Schlupf Widerstände auf dem Schrank angeordnet worden, damit sie besser abkühlen können.

Bild 5 zeigt die Vorderseite eines BBC-Schützenschranks. In den drei Feldern sind sämtliche Schaltgeräte für ein Duo-Reversier-Walzwerk mit sechs Hilfsantrieben untergebracht. Die übersichtlich verlegten Leitungen ermöglichen eine einwandfreie Wartung der Anlage. Außer den Schaltapparaten werden in die Schränke noch Meßgeräte und Signallampen eingebaut, mit denen der Betrieb überwacht wird.

Im rauhen Walzwerksbetrieb können keine kleinen isolierstoffgekapselten Druckknöpfe verwendet werden, sondern nur größere gußeiserne Druckknopfkasten, die auch Stöße aushalten können. Sie enthalten Druckknopfelemente, die für große Schalthäufigkeiten bemessen werden. Um Druckknopfkasten beliebiger Anordnung zu erhalten, werden einzelne Druckknopfelemente in leere Gußkasten eingebaut. Der Anbau derartiger Druckknopfkasten am Walzenständer eines Tandem-Duo-Reversier-Metallwalzwerkes sowie der eines Meisterschalters ist aus Bild 6 zu ersehen. Die Bedienung der Anlage ist der Mannschaft sehr leicht und übersichtlich gemacht,

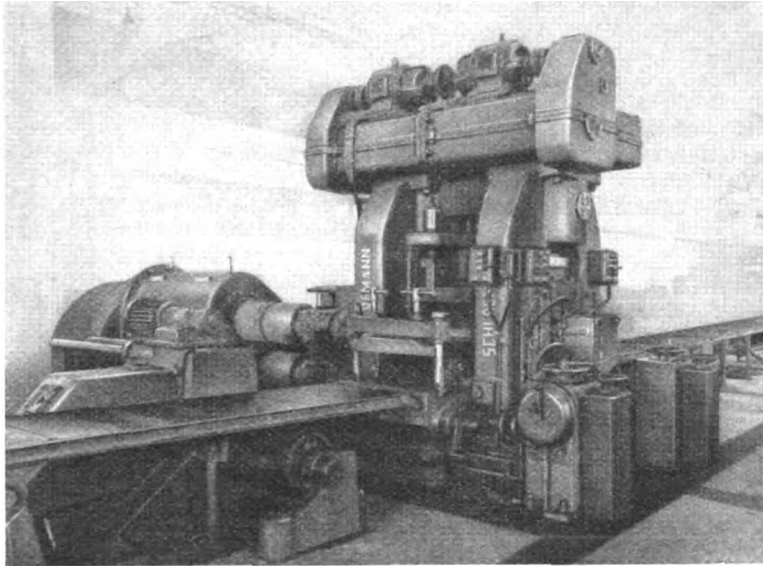


Bild 6. Tandem-Duo-Reversier-Metallwalzwerk mit am Walzenständer angebauten Druckknopfkasten und Meisterschalter.

zumal die Schaltgeräte doppelt, rechts und links, vorhanden sind. Dort, wo das Anbringen der Bedienungstafeln am Walzenständer nicht angebracht erscheint, werden Steuerpulte verwendet, wie sie der Werkzeugmaschinenbau schon längst benutzt.

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich im wesentlichen auf Antriebe, für die Niederspannung bis 500 V zur Verfügung steht. Bei dem heutigen fortgeschrittenen Schützenschaltbau ist es möglich, schwere Metallwalzwerke bis zu einer Leistung von 650 PS mit Niederspannung auszuführen. In manchen Fällen wird für den Hauptantriebsmotor eines Walzwerkes ein Hochspannungsanschluß gefordert. Die Steuerungen können auch in diesem Falle bei Beachtung der einschlägigen VDE-Vorschriften über Hochspan-

nungsschaltgeräte in Anwendung gebracht werden, da die Elektroindustrie auch leistungsfähige Hochspannungsschütze auf dem Markt hat.

Abschließend kann gesagt werden, daß die Verwendung der selbsttätigen Schützsteuerungen im Walzwerksbetrieb heute nicht mehr wegzudenken ist, und daß bei der Ausführung einer Anlage der Elektroingenieur neben dem Maschineningenieur maßgebend mitwirkt.

## Die Eignung des Druckgasschalters für die Kurzschlußfortschaltung

Von G. Brockhaus, Berlin

DK 631.316.54.064.241 : 621.3.064.1

In den letzten Jahren hat man in starr geerdeten Netzen Versuche gemacht, um Kurzschlüsse, die auf Grund von vorübergehenden Isolationsdurchbrüchen hervorgerufen wurden, durch eine kurzzeitige Unterbrechung der Energiezufuhr fortzuschalten<sup>1)</sup>. Erfahrungen in bereits erstellten Anlagen haben neuerdings dazu geführt, auch in Netzen mit Erdschlußpulen diesen Weg zu beschreiten. In einigen bisher ausgeführten Anlagen wurde damit die Zahl der Fehler um etwa 90 % herabgedrückt.

Bei Laboratoriumsuntersuchungen hat sich gezeigt, daß eine Verkleinerung der Kurzschlußdauer, abgesehen von den geringeren Schäden an den gefährdeten Anlagenteilen, wegen der damit verbundenen Verringerung der ionisierten und leitenden Luftmenge an der Kurzschlußstelle von Bedeutung ist. Diese leitende Gaswolke muß von der Störungsstelle entfernt sein, ehe wieder zugeschaltet werden kann, damit mit Sicherheit Rückzündungen vermieden werden. Da eine kleine Luftmenge schneller gekühlt und verteilt ist als eine große, gibt die Verkürzung der Relais- und Schalterzeiten indirekt die Möglichkeit, auch die Unterbrechungsdauer zu ver-

ringern. Je kürzer die Unterbrechungszeit ist, um so geringer sind die Rückwirkungen der Störung auf die angeschlossenen Abnehmer, die durch das vorübergehende Ausbleiben der Spannung hervorgerufen werden können.

Der von der AEG entwickelte Druckgasschalter besitzt für den vorliegenden Zweck Eigenschaften, die ihn dafür besonders geeignet erscheinen lassen. Die Eigenzeiten, d. h. die Zeit von der Impulsgebung bis zur Lichtbogenlöschung, sind gering, so daß die Dauer des Kurzschlusses bei Verwendung geeigneter Kurzzeitrelais niedrig gehalten werden kann.

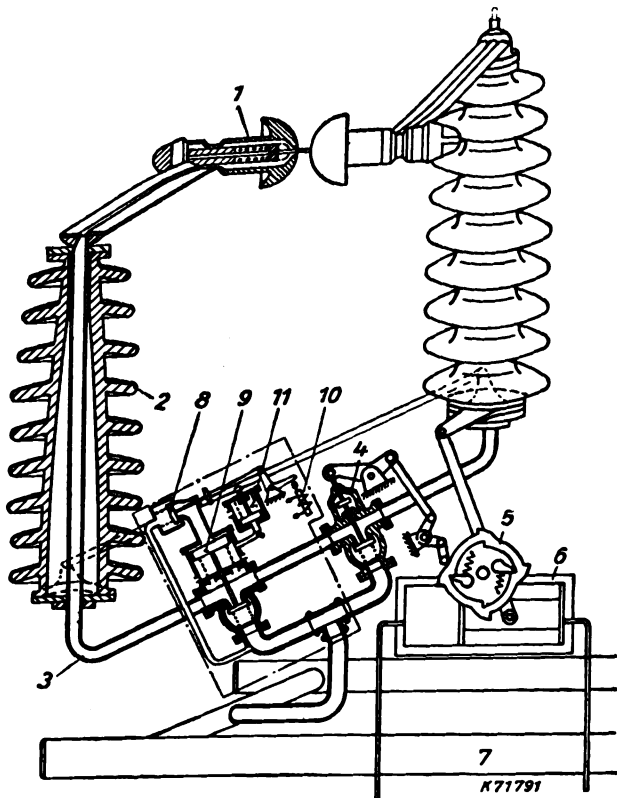
Nach der erfolgten Abschaltung ist die Trennstrecke durch das strömende Druckgas gereinigt und gekühlt. Dadurch ist der Druckgasschalter sofort wieder schaltbereit und die Möglichkeit gegeben, mehrmals nacheinander zu schalten, beispielsweise auch Störungen durch Doppelblitze zu beseitigen oder den Schalter zum endgültigen Abschalten der Leitung zu benutzen. Da in den seltensten Fällen die Schalter nur zur Kurzschlußfortschaltung dienen sollen, ist der letztere Gesichtspunkt von großer Bedeutung. Unbedingt muß der Schalter nach dem Wiedereinschalten sofort die volle Leistung abschalten können, besteht doch gerade nach einer Kurzschlußfortschaltung

<sup>1)</sup> O. Mayr, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 32.

Infolge der Möglichkeit des Fortbestehens der Störung erhöhte Gefahr für Anlage und Schalter. Zur endgültigen Abschaltung einen zweiten Schalter zu verwenden, ist unwirtschaftlich und wird sich in vielen Fällen auch aus Raumgründen kaum durchführen lassen.

Der Druckgasschalter läßt sich in konstruktiver Hinsicht gut auf mehrmalige kurzzeitige Unterbrechung, gegebenenfalls mit nachfolgender Abschaltung, umstellen. Die Druckluft, die neben ihrer Funktion als Lichtbogenlöschmittel auch zum Antrieb dient, kann bei plötzlich auftretendem großen Bedarf ohne Schwierigkeiten in ausreichender Menge bereitgestellt werden, so daß für alle denkbaren Anforderungen genügend Energie am Schalter vorhanden ist. Außerdem besteht bei den Schaltern hoher

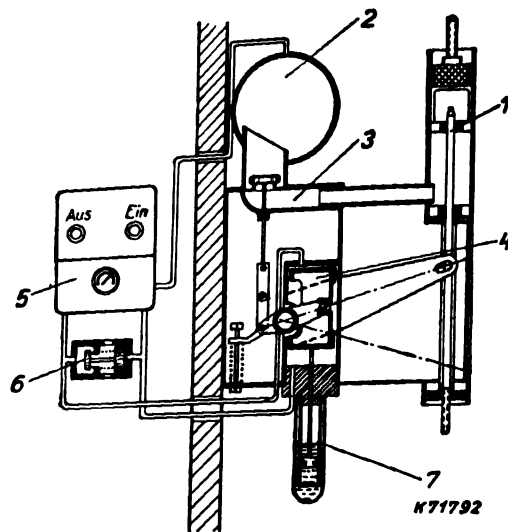
Während bei der üblichen Schalterbetätigung die Blasluft durch das Blasluftventil 4 einströmt, wird bei der Kurzschlußfortschaltung die Zusatzeinrichtung betätigt (im Bild umrandet). Das Blasluftventil ist über ein Gestänge (im Bild umrandet) gekuppelt, wird also bei der Schalterbewegung zwangsläufig geöffnet. Das Zusatz-



- |                     |                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------|
| 1 Trennstelle       | 8 Betätigungsventil für die Kurzschlußfortschaltung  |
| 2 Schwenksolator    | 9 Antriebskolben für das Kurzschluß-Fortschaltventil |
| 3 Blasluftleitung   | 10 Betätigungsmagnet                                 |
| 4 Hauptblasventil   | 11 Auslösekolben                                     |
| 5 Ventillbetätigung |                                                      |
| 6 Antrieb           |                                                      |
| 7 Kessel            |                                                      |

Bild 1. Freistrahldruckgasschalter mit Kurzschluß-Fortschaltvorrichtung.

Spannung in der heute üblichen Bauart die Möglichkeit, die Kurzschlußfortschaltung in Form eines unvollständigen Schaltvorganges durchzuführen. Bei den Freistrahlschaltern beispielsweise werden bei Beblasung der Löschstelle lediglich die Kontaktstifte durch Beaufschlagung der starr mit ihnen verbundenen Kolben mit Blasluft in die Löschdüsen zurückgezogen; gleichzeitig wird der entstandene Lichtbogen beblasen und dabei beim nächsten Stromdurchgang gelöscht. Während der Beblasungsdauer werden die Kontaktstifte durch die Blasluft festgehalten, schnellen nach Abklingen des Druckes mittels Federkraft wieder vor und schließen den Kontakt. Die Unterbrechungsdauer ist also abhängig von der Blasdauer bzw. der Ventilöffnungszeit. In vorhandene Schalter ist demnach beispielsweise ein zweites Blasventil in der in dem Schema (Bild 1) angedeuteten Weise einzubauen.



- |                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| 1 Trennstelle     | 5 Betätigungsventil      |
| 2 Kessel          | 6 Entlüftungsventil      |
| 3 Blasluftleitung | 7 Geschwindigkeitsregler |
| 4 Antrieb         |                          |

Bild 2. Wandschalter.

ventil wird durch einen Kolben 9 aufgestoßen, der durch ein kleines Hilfsventil beaufschlagt wird, das durch den Magneten vom Überstromrelais aus geöffnet wird. Der Auslösekolben 11 unterbricht die Kupplung zwischen Magnet und Betätigungsventil, so daß sich das Ventil schließt. Die Öffnungszeit ist von dem Druckanstieg unter dem Auslösekolben 11 abhängig, der durch eine Drosselschraube einstellbar ist. Vorteilhaft ist bei dieser Anordnung, daß der Schalter in seiner Arbeitsweise nicht beeinflusst wird. Es ist aber auch ohne weiteres möglich, beide Funktionen, Kurzschlußfortschaltung und Normalabschaltung, von einem einzigen Ventil ausführen zu lassen. Die notwendigen konstruktiven Änderungen bieten keinerlei Schwierigkeiten. Beide Bauarten sind bereits ausgeführt.

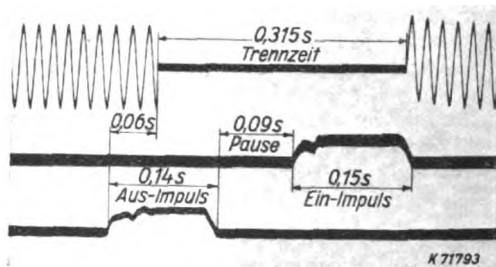


Bild 3. Oszillogramm einer Leerschaltung des Wandschalters.

Bei den meist in Wandbauart ausgeführten Schaltern der niedrigen Spannungsreihen von 10 bis 30 kV, deren Arbeitsweise im allgemeinen bekannt ist und aus der Schnittzeichnung (Bild 2) hervorgeht, ist diese Unterteilung in zwei Bewegungsvorgängen nicht erforderlich. Bei den kurzen Bewegungszeiten der vollen Aus- und Einschaltung ist es vielmehr möglich, den Schalter vollständig aus- und wieder einzuschalten. Es müssen lediglich Vorkehrungen getroffen werden, daß bei der auf die

Ausschaltung sofort folgenden Einschaltung die über dem Schaltkolben stehende Luft schnell genug abgeblasen wird. In die Luftleitung, die der Ausschaltung dient, ist deshalb ein Entlüftungsventil eingebaut, das beim Einschalten durch die Einschaltluft aufgestoßen wird. Die Ausschaltluft wird bei Wahl eines genügend großen Ventilquerschnitts schnell abgeblasen und behindert die gegenläufige Einschaltbewegung nicht mehr. Der Einschaltimpuls wird bei den Wandschaltern im Gegensatz zu den Freistrahlschaltern relaisseitig gegeben. Die Unterbrechungsdauer ist also hier durch geeignete Wahl und Einstellung des Relais regelbar, während sie beim Freistrahlschalter pneumatisch geändert wird.

Das Oszillogramm (Bild 3) einer Leerschaltung zeigt den Arbeitsstrom der Ein- und Ausmagnete und die dazugehörige Unterbrechung des Kurzschlußfortschalters. Die Unterbrechungszeit beträgt 0,315 s. Nach den vorliegenden Versuchsunterlagen ist die günstigste Unterbrechungszeit etwa 0,2 bis 0,3 s. Bei kürzeren Zeiten wird die Rückzündung des Lichtbogens nicht mit Sicherheit verhindert;

längere Unterbrechungen wirken sich im Netz störend aus. Die bisher bekanntgewordenen praktischen Ergebnisse bestätigen diese Werte.

Mit den Druckgasschaltern der Freistrahlsbauart lassen sich diese und bei Vorliegen besonderer Verhältnisse sogar noch kürzere Zeiten bis herab zu etwa 0,05 s erreichen. Bei den Wandschaltern liegen die Mindestzeiten wegen der größeren zu beschleunigenden Massen höher und betragen je nach Schaltertype etwa 0,2 bis 0,28 s.

In Zeiten größter Kräfteanspannung ist ein reibungsfreier Ablauf des industriellen Schaffens von allergrößter Bedeutung. Die Kurzschlußfortschaltung gibt der Elektrizitätswirtschaft ein Mittel in die Hand, Betriebsunterbrechungen weitgehend zu unterbinden. Da sich mit dem Druckgasschalter die verschiedenen Schaltvorgänge mit geringen Änderungen und Ergänzungen ausführen lassen, ist er für den vorliegenden Zweck bestens geeignet. Vorhandene Anlagen lassen sich ohne Einsatz neuer oder zusätzlicher Schalter umstellen.

## Höchstempfindliche Tintenschreiber mit selbstkompensierendem Verstärker

Von H. Derigs und F. Voss, Berlin

Bei der Untersuchung physikalischer und elektrischer Vorgänge, bei denen nur geringe elektrische Energien zur Verfügung stehen, ist es oft erwünscht, die Meßwerte mit Tintenschreibern aufzuzeichnen. Auch zur Überwachung schnell veränderlicher Vorgänge, die der Punktstreiber nicht aufzunehmen vermag, werden Tintenschreiber mit Verstärkern immer mehr eingesetzt.

Eine ganze Reihe von Verstärkern für Tintenschreiber ist entwickelt worden. Die Schwierigkeit besteht darin, einen Verstärker zu bauen, der weitgehend unabhängig von Temperatur- und Spannungsschwankungen der Hilfsstromquelle ist, der eine lineare Verstärkung und einen konstanten Nullwert besitzt und dadurch eine Zusammenziehung mit dem Tintenschreiber ermöglicht.

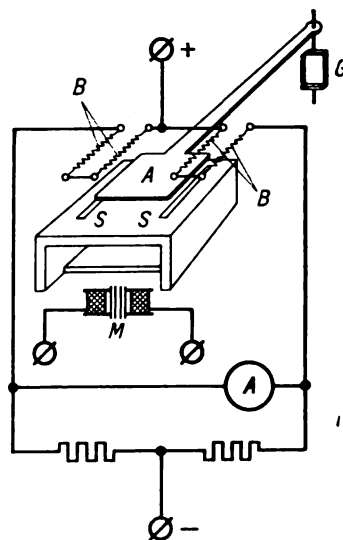
### Der Bolometerverstärker

Nachstehend werden kurz zwei verschiedene Verstärker für Tintenschreiber, der Bolometerverstärker und der lichtelektrische Verstärker, der Siemens & Halske AG. beschrieben, die als Gleichstromkompensatoren mit selbsttätiger Steuerung arbeiten und die gestellten Forderungen erfüllen. Die Bolometeranordnung ist in Bild 1 schematisch dargestellt. Vor zwei Schlitzdüsen *S* eines Federblaswerkes *M* liegen Heizdrähte *B*, die Zweige einer Brücke. Durch einen zusätzlichen, gleichgerichteten Hilfswechselstrom, dessen Größe zum Betrieb des Tintenschreibers ausreicht, werden im Gleichgewichtszustand diese Drähte gleichmäßig erhitzt und von dem aus den Düsen austretenden Kühlwind gleichmäßig gekühlt. Der Zeiger des steuernden Galvanometers *G* trägt eine Abdeckfahne *A*, die beim Verlassen der Nulllage den Luftstrom der einen oder der anderen Düse abdrosselt, so daß der darüber befindliche Brückenweig durch die geringere Abkühlung seinen Widerstand und damit den durchgehenden Strom ändert. Diese Änderung erfolgt entsprechend dem Meßstrom, in dessen Kreis das Steuergalvanometer liegt. Durch die Verstellung der Brücke wird damit die zur Betätigung des im Diagonalzweig liegenden, gesteuerten Drehspul-Tintenschreibers erforderliche Verstärkung bzw. Ausgangsleistung erzielt. Die in Bild 1 dargestellte Schaltung genügt aber nicht den hohen Ge-

naulichkeitsansprüchen der Meßtechnik. Dem Verstärker muß daher eine Kompensationsschaltung übergeordnet werden, die ihn von den störenden Eigenschaften, wie Ab-

hängigkeit von Schwankungen der Hilfsspannung, der Temperatur, Alterung der Bolometerwendel und Pumpe usw. befreit. Diese Vorzüge lassen sich allerdings nur durch eine Einbuße an Empfindlichkeit erkaufen. Bild 2 zeigt die Kompensationsschaltung für Spannungsmessungen und die Saugschaltung für Strommessungen. Liegt z. B. im Bild 2a eine Meßspannung  $U_x$  an den Eingangsklemmen, so schlägt das Steuergalvanometer aus. Es fließt infolge der Brückenverstimmung ein Ausgleichstrom über den Tintenschreiber *T* und den Widerstand  $R_n$  und ruft in diesem einen Spannungsabfall hervor, der der zu messenden Spannung entgegengerichtet ist. Das Steuergalvanometer bewegt sich so lange, bis der Spannungsabfall am Widerstand  $R_n$  gleich der zu messenden Spannung und damit die Klemmenspannung am Galvanometer Null geworden ist.

Die Wirkungsweise der Saugschaltung ist ähnlich (Bild 2b). Hier wird die Spannung am Galvanometer Null, wenn die Spannungsabfälle an den Widerständen  $R_n$  und  $R_v$  einander gleich geworden sind. Durch diese Schaltungen wird der Ausschlag des Galvanometers selbst für die Messung bedeutungslos und diese auf einen Ver-



A Zeigerfahne  
B Bolometerbrücke  
G Steuergalvanometer  
M Federblaswerk  
S Schlitzdüsen

Bild 1. Schema des Bolometerverstärkers.

DK 621.317.7

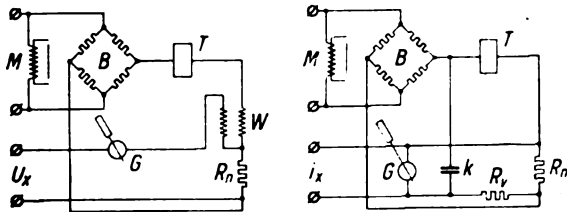


gleich zweier elektromotorischer Kräfte zurückgeführt. Maßgebend für den Verstärkungsgrad ist die Größe des Widerstandes  $R_n$ . Durch die Rückwirkung der Luftströme auf die Zeigerfahne und durch das Drehmoment der Gal-

zum Anschluß an Thermoumformer der Hochfrequenzmeßtechnik). Die ausgeführten Meßbereiche sind folgende:

Tafel 1.

Meßbereich:	40	100	150	300	500 $\mu$ A
Spannungsabfall:	etwa 0,53	0,45	0,18	0,095	0,04 mV
Grenzwiderstand:	$\geq 800$	400	100	20	6 $\Omega$
Meßbereich:	3	6	15	30	mV
Stromverbrauch:	etwa 11,2	3,53	2,4	0,97	$\mu$ A
Grenzwiderstand:	$\leq 6$	20	100	400	$\Omega$



bolometrisch

a Kompensationsschaltung

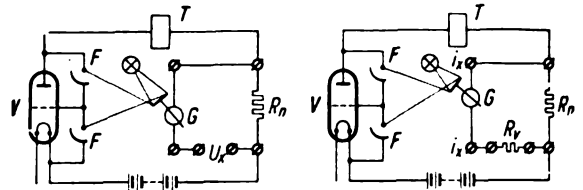
b Saugschaltung

- B Bolometerbrücke
- G Steuergalvanometer
- k Kondensator
- M Federblaswerk
- $R_n, R_p$  Neben- und Vorwiderstand
- T Tintenschreiber
- W Wandler

Bild 2. Bolometerverstärker.

vanometer-Stromzuführungsfedern entsteht ein Stördrehmoment, das sich als Übersetzungsfehler des Verstärkers auswirkt. Um diesen möglichst klein zu halten, muß das Einstellmoment der elektrischen Feder hoch gewählt werden. Ausführliches hierüber berichten die Arbeiten von Merz<sup>1)</sup>. Durch diese Maßnahme reagiert das Steuergalvanometer sehr schnell, während die Bolometerwendel eine gewisse Trägheit besitzt. Die hierdurch bedingten Pendelschwingungen werden durch eine nachgiebige Rückführung unterdrückt. Dies geschieht bei der Kompensationsschaltung durch einen Wandler W, der eine Zusatzspannung in den Galvanometerkreis schickt; bei der Saugschaltung leitet ein Kondensator k einen Zusatzstrom zum Galvanometer. Der Bolometerverstärker arbeitet in dieser Ausführung trotz der thermischen Trägheit der Bolometerwendel schneller als die meisten übrigen Verstärker, die trägheitslos verstärken, aber langsam regeln. Er ist ziemlich unempfindlich gegen Erschütterungen und Spannungsschwankungen, da solche Störungen ausgeglet werden, bevor sich der Tintenschreiber merklich bewegt. Die Einstellzeit des Bolometerschreibers ist bestimmt durch die des Tintenschreibers und beträgt etwa 1,5 s. Der Bolometerverstärker ist so klein gehalten (Zwergbolometer), daß er in die handelsüblichen Tintenschreiber mit 120 mm nutzbarer Papierbreite eingebaut werden kann. Dabei ist die abgegebene Leistung des Bolometerverstärkers ausreichend, um ein verhältnismäßig robustes Meßwerk eines Tintenschreibers sicher betätigen zu können.

Die Verwendung des Bolometerschreibers ist daher nicht auf das Laboratorium beschränkt, sondern erstreckt sich in erster Linie auf die betriebsmäßige Überwachung kleiner Spannungen und Ströme (Schnellschreiber für Temperaturmessungen, Druckmessungen, Stromschreiber



lichtelektrisch

a Kompensationsschaltung

b Saugschaltung

- F Photozellen
- G Steuergalvanometer
- $R_n, R_p$  Neben- und Vorwiderstand
- T Tintenschreiber
- V Verstärkerrohr

Bild 3. Lichtelektrischer Verstärker.

Als Genauigkeit können  $\pm 2\%$  vom Skalenendwert angenommen werden. Der in Tafel 1 angegebene Grenzwiderstand ist der Widerstand des äußeren Schließungskreises, der nicht über- bzw. unterschritten werden darf, wenn der Verstärker zuverlässig arbeiten und die Meß-

genauigkeit eingehalten werden soll. Würde man den Bolometerverstärker in Saugschaltung an eine Stromquelle, deren innerer Widerstand Null ist, anschließen, so könnte sich das elektrische Einstellmoment nicht entwickeln. Ebenso ist es unzulässig, die Kompensationsschaltung an einen unendlich großen Außenwiderstand anzuschließen.

Eine bemerkenswerte Ausführung ist der Multizetschreiber. Hier wird ein Bolometerverstärker in Saugschaltung für 300  $\mu$ A in den Rähmchenkreis eines Vielfachinstrumentes gelegt. Der Rähmchen-

strom wird verstärkt und vom Tintenschreiber aufgezeichnet. Man erhält so mit einfachen Mitteln einen Tintenschreiber für Gleich- und Wechselstrom mit Meßbereichen 0,003, 0,015, 0,06, 0,3, 1,5, 6 A und 0,1, 1,5, 6, 30, 150, 300, 600 V.

Der lichtelektrische Verstärker

Wesentlich empfindlicher als der Bolometerverstärker ist der lichtelektrische Verstärker<sup>2)</sup>. Die Schaltanordnung ist in Bild 3 gezeigt. Der Lichtstrahl einer Glühlampe trifft durch eine Spaltblende und eine Optik auf den Spiegel des Steuergalvanometers G, der ihn über ein Doppelprisma teils auf die eine, teils auf die andere Photozelle F wirft. Je nach der Spiegelstellung wird die eine Zelle mehr, die andere weniger belichtet. Wird an die Eingangsklemmen die zu messende Spannung gelegt,



Bild 4. Tragbarer Tintenschreiber mit lichtelektrischem Verstärker.

1) L. Merz, Arch. Elektrotechn. 31 (1937) S. 1.

2) L. Merz, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 134; 11 (1939) S. 59.

so setzt sich die Drehspule des Spiegelgalvanometers in Bewegung, verändert den Lichteinfall auf die Photozellen und damit das Gitterpotential der Verstärkerröhre V. Es fließt ein kräftiger Anodenstrom über den Tintenschreiber T. Zur Aussteuerung der Röhre vom Anfang bis zum Endwert des Meßbereiches genügen Bewegungen des Galvanometerspiegels von etwa 0,05 Winkelgrad. Ohne Kompensationschaltung würde man einen Meßbereich von etwa  $10^{-9}$  A erreichen. Zwecks Erzielung hoher Genauigkeit, sicherer Einstellung des Regelgalvanometers und Stabilität des Nullpunktes werden auch bei diesem Verstärker die gleichen Kompensationschaltungen wie beim Bolometerverstärker angewendet. Der empfindlichste Meßbereich beträgt bei der Saugschaltung  $3 \cdot 10^{-7}$  A, bei der Kompensationschaltung  $3 \cdot 10^{-5}$  V. Der Verstärker erhält bei der stromempfindlichen Ausführung ein Steuergalvanometer mit 500  $\Omega$ , bei der spannungsempfindlichen mit 20  $\Omega$  Systemwiderstand. Durch auswechselbare Vor- und Nebenwiderstände ergibt sich eine große Anzahl von Meßbereichen, und zwar:

Stromempfindliche Type					
Meßbereiche:	0,3	1	3	10	30 100 $\mu$ A
Grenzwiderstand:	$\geq 500$	400	250	100	14 10 $\Omega$
Meßbereiche:	300	1500	$\mu$ V		
Grenzwiderstand:	$\leq 500$	100	$\Omega$ .		

## Spannungsempfindliche Type

Meßbereiche:	30	100	300	1500 $\mu$ V
Grenzwiderstand:	$\leq 20$	30	60	300 $\Omega$
Meßbereiche:	3	10	30	100 $\mu$ A
Grenzwiderstand:	$\leq 20$	10	5	1 $\Omega$

Außerordentlich gering ist der Verbrauch. Der Betriebswiderstand beträgt für den Meßbereich 0,3  $\mu$ A etwa 2,5  $\Omega$  bei einem Spannungsabfall von nur etwa 0,7  $\mu$ V. Daraus errechnet sich ein Leistungsbedarf von etwa  $2 \cdot 10^{-13}$  W. Für den Meßbereich 30  $\mu$ V ergeben sich folgende Werte: Betriebswiderstand etwa 4000  $\Omega$ , Stromverbrauch etwa  $7 \cdot 10^{-9}$  A, Leistungsbedarf etwa  $2 \cdot 10^{-13}$  W. Dabei kann für die Anzeige am Tintenschreiber die verhältnismäßig hohe Genauigkeit von  $\pm 2,5\%$  vom Meßbereichendwert garantiert werden. Der Meßbereich 30  $\mu$ V konnte bisher nur mit den empfindlichsten Spiegelgalvanometern erreicht werden. In diesem Bereich macht sich bereits die Thermokraft Kupfer-Manganin bemerkbar. Eine Temperaturdifferenz von nur 1  $^{\circ}$ C verursacht eine Thermospannung von etwa 0,5  $\mu$ V, das entspricht 1,5 % des empfindlichsten Meßbereiches. Bei Benutzung dieses Meßbereiches muß die Meßschaltung und der Verstärker vor Temperaturwechsel und Wärmestrahlungen geschützt werden. Bild 4 zeigt einen tragbaren Tintenschreiber mit lichtelektrischem Verstärker und Netzanschlußgerät.

## Neuartige lichtelektrisch gesteuerte Regelgeräte

Von Arthur Kuntze VDE, Düsseldorf

DK 621.316.74 : 621.383

Für in zahlreichen Industrien vorkommende Betriebsvorgänge ist eine selbsttätige, genaue und betriebssichere Regelung eines Zustandes auf einen vorgegebenen festen Sollwert oder auf einen sich mit der Zeit nach einem bestimmten Programm ändernden Sollwert notwendig. Hierfür werden vorwiegend elektrisch wirkende, fallbügelbetätigte Regler verwendet, die entweder nach dem Ausschlag- oder nach dem Kompensationsverfahren arbeiten.

### Fallbügelbetätigte Regler

Beim Ausschlagregler wird durch einen Geber jedem Istwert des zu regelnden Zustandes ein entsprechender Widerstands- oder Spannungswert zugeordnet und mit einem elektrischen Widerstands- oder Spannungsmesser zur Anzeige gebracht. Bei der Temperaturregelung z. B. wird als Geber ein Widerstandsthermometer (bis 400  $^{\circ}$ C), ein Thermoelement (bis 1600  $^{\circ}$ C) oder bei hohen Temperaturen (über 800  $^{\circ}$ ) eine Photozelle oder ein Photoelement verwendet. Bei vielen anderen Zuständen, z. B. Drücken, Durchflußmengen, Zusammensetzung von Gasgemischen, erfolgt die Messung des Istwertes durch das hierfür übliche Instrument, dessen beweglicher Teil einen Abgriff auf einem elektrischen Fernsenderwiderstand stellt.

Beim Kompensationsregler ergibt ein Geber z. B. eine dem Istwert des zu regelnden Zustandes eindeutig zugeordnete Spannung. Diese Spannung, die bei der Temperaturregelung z. B. thermoelektrisch erzeugt wird, wird mit Hilfe einer Kompensationsmethode gemessen, d. h. es wird ihr die dem Sollwert zugeordnete Spannung entgegengeschaltet und die Übereinstimmung zwischen Ist- und Sollwert durch das Verschwinden des Stromes, z. B. mit Hilfe eines Nullgalvanometers, festgestellt. Die Gegeneinanderschaltung der beiden Spannungen erfolgt entweder nach der Kompensationsmethode von Lindeck-Rothe oder in einer Wheatstoneschen Brückenschaltung.

Die Stellung des Anzeigers des Ausschlaginstrumentes bzw. des Nullgalvanometers wird mit Hilfe eines periodisch bewegten Fallbügelmechanismus, z. B. in Abständen von 15 s, abgetastet. Je nachdem, ob hierbei der Anzeiger oberhalb, unterhalb oder in seiner Sollstellung angetroffen wird, erfolgt die Einstellung eines Quecksilberschaltrohres in die eine oder andere Schaltlage und hierdurch die Beeinflussung des zu regelnden Vorganges über Schalter, Ventile oder Steuermotoren. Besonders vorteilhaft sind die Konstruktionen, bei denen das Quecksilberschaltrohr in seiner jeweiligen Stellung bis zur nächsten notwendigen Umschaltung liegen bleibt, ohne hierfür eine Verklüpfung zu benötigen<sup>1)</sup>.

Diese mechanisch abgetasteten Regler arbeiten seit Jahren zu allgemeiner Zufriedenheit. Trotzdem erscheint es im Hinblick auf die große technische Bedeutung der elektrischen Regelgeräte angebracht, jede mögliche Verbesserung durchzuführen.

### Regler mit lichtempfindlichen Photozellen

Die Herstellung photoelektrischer Alkalizellen ist so weit fortgeschritten, daß Lebensdauern von 30 000 h im allgemeinen erreicht werden, wobei die Lichtempfindlichkeit hoch ist und Ermüddungserscheinungen außer nach dem Auffallen sehr hoher Beleuchtungsstärken nicht auftreten. Da sich das Auffallen dieser unzulässig hohen Beleuchtungsstärken mit Sicherheit vermeiden läßt, erfüllen diese Photozellen besonders auch im Hinblick auf ihre hohe Lichtempfindlichkeit (Schaltungen mit kleinen Widerständen) alle in der Regeltechnik an sie zu stellenden Anforderungen.

Da sich bei diesen Photozellen alle mechanisch bewegten Teile des Fallbügelmechanismus sowie die drehbare Quecksilber-Schaltröhrenhalterung durch elektrisch wirkende unbewegliche Schaltteile ersetzen lassen, bedeutet die Einführung der Photozelle in die Regeltechnik

<sup>1)</sup> DRP 628 374.

im Hinblick auf das betriebssichere Arbeiten in längeren Zeiträumen einen großen Vorteil. Weiterhin wird, da bei den photoelektrischen Reglern die Notwendigkeit, die Stellung des Anzeigers mechanisch abzutasten, wegfällt, der empfindlichste Teil des Reglers, nämlich das Ausschlaginstrument bzw. Nullgalvanometer, keiner mechanischen Belastung mehr ausgesetzt. Die Spitzenlagerungen der beweglichen Achsen bzw. die Bandaufhängungen werden nicht mehr durch ein sie aus ihrer Ebene herausdrückendes Drehmoment beansprucht. Dadurch läßt sich die Empfindlichkeit dieser Instrumente in notwendigen Fällen weiter steigern und, was viel wichtiger ist, über längere Zeiträume unveränderlich erhalten.

Bei der Entwicklung der lichtelektrisch wirkenden Regelgeräte wurde die für den wartungslosen Dauerbetrieb erwünschte Schaltung mit kleinen Widerständen berücksichtigt und deshalb zuerst versucht, an Stelle einer Photozelle ein Photoelement zu verwenden. Hierfür sprach außerdem noch, daß die Photoelemente bei Belichtung eine Spannung erzeugen. Das Arbeiten der mittels Photoelementen gesteuerten Anordnungen befriedigte jedoch nicht restlos. Um die sichere Steuerung des Gitters eines Gasentladungsrohres durch das Photoelement zu erreichen, war die Erzeugung einer beträchtlichen Spannungsänderung bei Belichtung notwendig. Dies konnte nur durch das Einfügen einer Vorspannung in den Photoelementkreis erreicht werden. Infolge des kleinen Widerstandes des Photoelementes rief jedoch diese Vorspannung bereits einen Dunkelstrom hervor, der im Hinblick auf die Unveränderlichkeit der Eigenschaften des Photoelementes einen geringen Wert nicht überschreiten durfte. Dieser Strom stieg bei Belichtung an. Da er durch den Höchstwert von  $0,2 \text{ mA/cm}^2$  der lichtempfindlichen Fläche begrenzt war, ergab sich bei günstigster Anpassung des Gitterableitwiderstandes ( $5000 \Omega$ ) an

den Photoelementwiderstand ( $2000 \Omega$ ) im Belichtungsfalle eine maximale Spannung von  $1 \text{ V/cm}^2$  der lichtempfindlichen Fläche. Da im Dunkelfall gleichfalls eine dem Dunkelwiderstand des Photoelementes entsprechende Spannung fast gleicher Größenordnung auftritt, war das betriebssichere Arbeiten in einen engen Spannungsbereich eingegrenzt. Der Strom im Gasentladungsrohr konnte zwar zwischen dem Wert Null und dem Maximalwert gesteuert werden, jedoch lagen Schwankungen der Speisenspannungen um  $\pm 15\%$  an der Grenze der für das sichere Arbeiten des Reglers zulässigen Toleranz. Infolge der im Photoelement liegenden Vorspannung traten nach monatelangem Betrieb, wahrscheinlich infolge Änderungen der Eigenschaften des Photoelementes, Verschiebungen dieser Toleranz auf und machten Nachstellungen erforderlich. Bei einem Regler ergab sich dies erst nach acht Monaten ununterbrochenen Betriebes. Da die Photoelemente weiterhin den Nachteil haben, nicht gasdicht abgeschlossen und somit dem Angriff aggressiver Gase ausgesetzt zu sein, wurde von ihrer weiteren Verwendung für die Steuerung der Regler abgesehen.

#### Regler mit rottempfindlichen Photozellen

Die bei Joens & Co., Düsseldorf, neu entwickelten und vollkommen betriebssicher arbeitenden Regler verwenden edelgasgefüllte, rottempfindliche Photozellen der Empfindlichkeit  $3 \cdot 10^{-7} \text{ A/mlm}$ . Die lichtempfindliche Schicht besteht aus Cs und  $\text{Cs}_2\text{O}$  auf einem Träger aus Ag. Infolge ihrer hohen Empfindlichkeit benötigt die Schal-

tung am Gitter des Entladungsrohres nur kleine Widerstände. Die lichtempfindliche Fläche ist in einem Glaskolben eingeschmolzen und wird durch aggressive Gase und Dämpfe nicht verändert. Die Rotempfindlichkeit gestattet eine weitgehende Unterheizung der als Beleuchtung dienenden Glühbirne. Die Steuerung eines gasgefüllten Ionenrohres durch eine Photozelle stieß bisher wegen des großen Widerstandes der Photozelle auf Schwierigkeiten. Durch die vorgesehene besonders rottempfindliche und gasgefüllte Photozelle konnte die Schaltung mit kleinen Widerständen ausgeführt werden, um das Ionenrohr mit Sicherheit steuern zu können.

Im Dunkelfall fließt infolge des hohen Isolationswiderstandes der Photozelle kein Strom, mithin liegt am Gitter keine Vorspannung, im Hellfall dagegen läßt sich leicht eine Gitterspannung von  $20 \text{ V}$  herstellen, so daß sich, da die für die Steuerung notwendige Spannung  $4 \text{ V}$  beträgt, sehr große Toleranzen ergeben. Lichtstromänderungen um  $\pm 70\%$  sind gleichfalls ohne Einfluß auf den Regler. Empfindliche Spannungseinstellungen bzw. Nachstellungen sind nicht notwendig. Die Einstellzeit der in den neu entwickelten lichtelektrischen Reglern verwendeten Meßwerke beträgt  $1 \text{ s}$ . Da die Meßwerke stän-

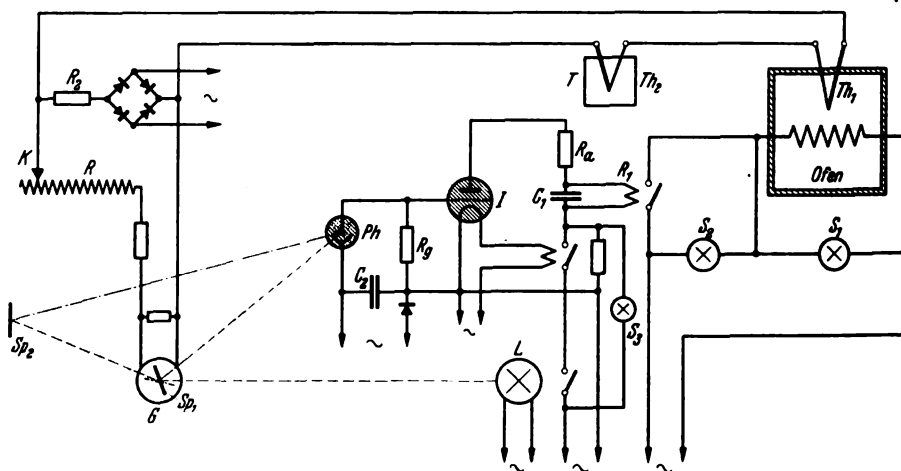


Bild 1. Schaltbild des lichtelektrischen Ausschlagreglers.

dig über den dem aperiodischen Grenzfall entsprechenden Widerstand geschlossen sind, ist die Einstellung die schnellstmögliche. Durch die verwendeten Lichtzeiger-Spannbandsysteme wurden empfindliche Lager sowie Gleichgewichtsstörungen vermieden. Alle Starkstromanschlüsse sind fest verlegt. Weil der Regelmechanismus sofort, nachdem der Fühler den Istwert angezeigt hat, anspricht, treten lediglich geringe Regelverzögerungen und somit geringe Pendelungen des Istwertes um den Sollwert auf.

Im Bild 1 ist die Schaltung des neu entwickelten lichtelektrisch arbeitenden Ausschlagreglers, in den Bildern 2 und 3 Schaltung und Ansicht des lichtelektrisch arbeitenden Kompensationsreglers dargestellt. Der Ausschlagregler wird auch für die Schaltung der Energiezufuhr in mehreren Stufen, z. B. Dreieck — Stern — Aus, hergestellt. Die Geräte sind bis zur Fabrikationsreife durchgebildet und netzgepeist.

Beide Regler verwenden als Entladungsrohr ein gittergesteuertes, gasgefülltes Ionenrohr  $I$ , das Ströme bis zu  $0,35 \text{ A}$  zu schalten gestattet, und erreichen dadurch den Vorteil, daß der gesteuerte Anodenstrom ausreicht, um die größten Quecksilber-Vertikalschalterschütze ( $380 \text{ V}$ ,  $25 \text{ A}$ )  $R_1$  zu steuern. Das Relais  $R_1$  ist geschlossen, solange das Rohr  $I$  nicht gesperrt ist, d. h. die Photozelle  $Ph$  dunkel ist. Bei Belichtung wird der Anodenstrom eingeschaltet und das Relais  $R_1$  geöffnet. Die Erregerspule dieses Relais wird hierbei mit zerhacktem Gleichstrom gespeist. Der Widerstand  $R_a$  und der Kondensa-

tor  $C_1$  dienen zur Glättung, um ein ruhiges, betriebssicheres und plötzliches Schalten des Relais  $R_1$  zu erreichen. Wird der Heizstromkreis des Ionenrohres  $I$  bzw. der die Glühlampe  $L$  speisende Stromkreis z. B. durch Heizfadenbruch

eine in % des jeweilig einzuregelnden Sollwertes ge-eichte Skala. Daraus ergibt sich der Vorteil, daß die Regelgenauigkeit bei jeder einzuregelnden Solltemperatur relativ gleich groß ist. Einflüsse der Verbindungsleitung

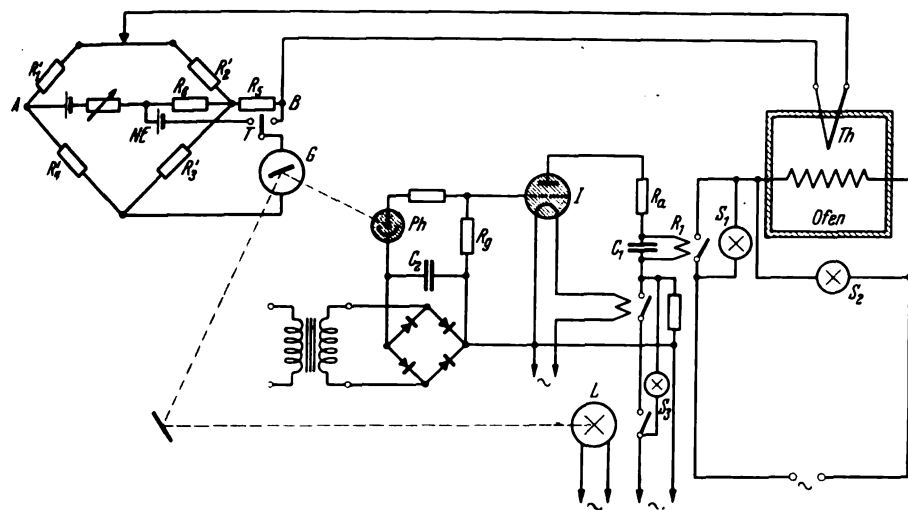


Bild 2. Schaltbild des lichtelektrischen Kompensationsreglers.

unterbrochen, so wird der zu regelnde Zustand mit Hilfe zweier Relais selbsttätig so beeinflusst, daß er in den dem Nullwert entsprechenden Zustand zurückkehrt. Bei der Temperaturregelung z. B. erfolgt die Abschaltung der Stromzufuhr, so daß der Ofen erkaltet. Im Gehäuse der Regler (Bild 3) sind je drei Glühlampen vorgesehen. Ist das Relais  $R_1$  geschlossen, ist also der Sollwert noch nicht erreicht, so leuchtet die grüne Lampe  $S_1$ . Ist der Sollwert überschritten und das Relais  $R_1$  offen, so leuchtet die rote Lampe  $S_2$ . Wird der Beleuchtungs- oder Röhrenheizstrom unterbrochen, so leuchtet die gelbe Lampe  $S_3$  auf, so daß der Arbeitszustand des Reglers jederzeit zu erkennen ist.

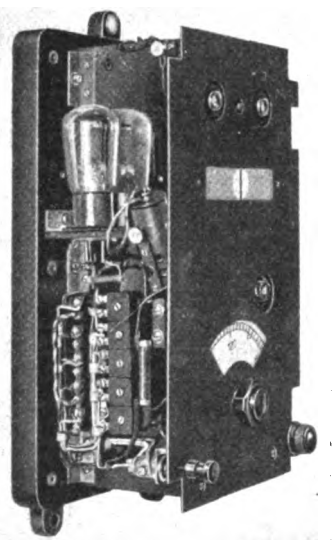


Bild 3. Innenansicht des lichtelektrischen Kompensationsreglers.

den Regelvorgang zuzuordnen wie der Sollwerteneinstellung. Dagegen muß bei Beginn des Anheizvorganges auch bei der Nullstellung die Energiezufuhr eingeschaltet sein. Der hier beschriebene Ausschlagregler erreicht diese vollselbsttätige Nullpunktsicherung völlig einwandfrei durch folgende Einrichtung:

Ein feststehender Planspiegel  $Sp_2$  ist einige Skalenteile links vom Skalennullpunkt des Anzeigergerätes so angebracht, daß der vom Spiegel  $Sp_1$  des Ausschlaginstrumentes  $G$  kommende Lichtstrahl, wenn er auf den Spiegel  $Sp_2$  trifft, auf die lichtempfindliche Fläche der Photozelle  $Ph$  reflektiert wird und hierdurch die Stromzufuhr über das Relais  $R_1$  abschaltet. Weiterhin liegt parallel zu den Thermoelementen  $Th_1$  und  $Th_2$  eine Gleichspannung in Reihe mit einem Widerstand  $R_2$  (etwa 1 M $\Omega$ ), die der wirksamen Thermospannung entgegengesetzt gepolt ist. Da der Widerstand des Thermoelements im Vergleich zu dem Widerstand  $R$  sehr klein ist, fließt der geringe durch die Spannung verursachte Strom fast ausschließlich über das Thermoelement. Ist das Thermoelement gebrochen, so ist sein Widerstand groß gegen  $R_1$ , und mithin fließt durch  $R_1$  der gesamte Strom. Dieser Strom bringt den Lichtzeiger in eine Stellung einige Skalenteile links vom Nullpunkt und schaltet somit den Ofen ab. Die Nullpunktsicherung bedarf keiner Voreinstellung und wirkt vollselbsttätig. Der von der Gleichstromquelle herrührende zusätzliche Strom ist im Betriebszustand so gering, daß er an der Skala des Ausschlaginstrumentes keinen bemerkbaren Ausschlag hervorruft. Eine Möglichkeit für die Nullpunktnachstellung des Anzeigeeinstrumentes ist vorgesehen.

Wirkungsweise des Ausschlagreglers (Bild 1)

Wirkungsweise des Kompensationsreglers (Bild 2)

Das Thermometer  $Th_1$  dient als Temperaturfühler. Da bei der thermoelektrischen Temperaturmessung die Differenz zwischen den Temperaturen der Lötstellen  $Th_1$  und  $Th_2$  gemessen wird, ist es notwendig, die kalte Lötstelle  $Th_2$  auf einer festen Bezugstemperatur zu halten. Sie befindet sich in einem besonderen Thermostaten  $T$ , in dem die Temperatur von  $50^\circ C \pm 0,25^\circ C$  selbsttätig aufrechterhalten wird.

Die lichtelektrische Steuereinrichtung ist in der gleichen Weise aufgebaut wie die des Ausschlagreglers. Das Thermoelement  $Th$  befindet sich auf der zu regelnden Temperatur und ist in die Spannungsdiagonale des Reglers und in Reihe mit einem Nullgalvanometer geschaltet. Mit Hilfe des Widerstandes  $R_7$  wird eine Spannungsdifferenz eingestellt, die der durch das Thermoelement  $Th$  erzeugten entgegengesetzt gepolt ist. Stimmt die Isttemperatur mit der Solltemperatur überein, so fließt im Nullgalvanometer kein Strom, wird die Solltemperatur über- bzw. unterschritten, so fließt ein Strom in der einen bzw. anderen Richtung. Als Nullgalvanometer  $G$  dient ein Spannband-Drehspul-Instrument mit kleinem Wider-

Die der Temperaturdifferenz beider Lötstellen entsprechende Spannung wird dem Meßwerk  $G$  im Regler über einen in Reihe geschalteten Widerstand  $R$  zugeführt. Mit Hilfe des verstellbaren Kontaktes  $K$  wird die einzuregelnde Temperatur eingestellt. Das als Ausschlaginstrument  $G$  dienende Drehspul-Spannbandsystem besitzt

stand. Eine Abweichung des Istwertes vom Sollwert von etwa  $0,1^\circ\text{C}$  leitet den Regelvorgang ein.

Die Nullpunktsicherung des Kompensationsreglers wird durch den Widerstand  $R_5$  erreicht<sup>2)</sup>, der zwischen einen Eckpunkt der Brücke und die Verbindung des Thermo-elementes mit dem Nullgalvanometer geschaltet ist. Erfolgt während des Betriebes ein Thermo-elementbruch, so fließt durch den Widerstand  $R_5$  und das Nullgalvanometer ein Strom, der den Lichtstrahl ablenkt, so daß die Ionenröhre  $I$  und das Relais  $R_1$  abschalten.

In einen Brückenweig des Kompensationsreglers kann ein temperaturabhängiger Widerstand eingebaut werden, der die dem Sollwert entsprechende Gegenspannung mit der jeweiligen Raumtemperatur so ändert, daß der Einfluß der kalten Lötstellen des Thermo-elementes ausgeglichen wird. Bei dieser Ausführung befindet sich die kalte Lötstelle im Regler, jedoch arbeiten diese Regler nur mit der Thermo-element-Legierung, für die sie abgeglichen sind, einwandfrei.

Die im Kompensationsregler benötigte Gegenspannung wird einer Batterie (vorteilhaft Carbone-Naßelement) entnommen. Der Dauerstrom beträgt 20 mA. Die Speisespannung wird der Brücke im Regler über den regelbaren Widerstand  $R_6$  zugeführt. Der Abgleich auf die richtige Speisespannung erfolgt durch Verändern des Widerstandes  $R_6$  bei gleichzeitigem Drücken des Tasters  $T$  so lange, bis sich der Lichtzeiger des Nullgalvanometers mit der Nullmarke an der Skala deckt. Durch den Taster wird die Brücke umgeschaltet und an Stelle des Thermo-elementes ein Weston-Normalelement in die Galvanometerdiagonale gelegt. Der Abgleich der Speisespannung erfolgt mit der gleichen Empfindlichkeit wie die Regelung. Das Abgleichen der Speisespannung ist wie bei allen Kompensationsreglern in Abständen von ein bis drei Tagen vorzunehmen.

#### Vergleich zwischen Kompensations- und Ausschlagreglern

Ein Vergleich zwischen Kompensations- und Ausschlagreglern ergibt für die ersteren folgende Vorteile:

1. Durch die Gegeneinanderschaltung hat der Regler bei Übereinstimmung des Istwertes mit dem Sollwert vom Geber her gesehen einen praktisch unendlich hohen Widerstand. Einflüsse der sich mit der Umgebungstemperatur ändernden Leitungswiderstände auf die Genauigkeit der Regelung sind nicht vorhanden.
2. Abweichungen des Istwertes vom einzuregelnden Sollwert werden auch, wenn sie sehr gering sind, erfaßt, weil die Brückenmethode sehr empfindlich ist. Hierdurch werden die Pendelungen um den Sollwert verringert. Außerdem können Kompensationsregler mit einer elastischen Rückführungseinrichtung zusammenwirken, wodurch sich eine noch weitergehende Verringerung der Pendelung erreichen läßt.
3. Die Stromempfindlichkeitsänderungen des Nullstromindikators ändern in sehr geringem Maße lediglich die Regelempfindlichkeit, nicht jedoch die Regelgenauigkeit. Bei Ausschlagreglern gehen Empfindlichkeitsänderungen voll als Fehler des einzuregelnden Sollwertes ein.
4. Die Genauigkeit der Regelung ist im ganzen Regelbereich konstant, während sie bei den üblichen Ausschlagreglern (nicht jedoch bei dem vorher beschriebenen) im unteren Drittel des Bereiches (bei linearer Teilung der Skala) beträchtlich abnimmt.

Als Nachteil der Kompensationsregler ist anzuführen, daß diese eine zeitlich unveränderliche Gleichspannungsquelle für die Erzeugung der Gegenspannung benötigen; Ausschlagregler erfordern diese Gegenspannung nicht.

<sup>2)</sup> DRP 688051.

#### Der Gleichstromkompensator

Als Gleichspannungsquelle mit einer zeitlich unveränderlichen EMK wird für den Kompensationsregler vorteilhaft ein sich selbsttätig abgleichender Gleichstromkompensator verwandt, dessen Schaltung in Bild 4 angegeben ist. Er arbeitet nach der von Lindeck-Rothe angegebenen Kompensationsmethode. Der Widerstand  $R_1$  ändert seine Größe so lange, bis der durchfließende Strom am Präzisionswiderstand  $R_2$  einen Spannungsabfall erzeugt, der der EMK des Weston-Normalelementes  $NE$  mit sehr großer Annäherung entgegengesetzt gleich ist. Die beiden Spannungen sind über ein Spannband-Galvanometer  $G$  entgegengeschaltet. Vom Spiegel dieses Galvanometers wird ein von der Lichtquelle  $L_1$  emittierter Lichtstrahl auf die lichtempfindliche Schicht der Photozelle  $Ph$  reflektiert. Je nach der Stel-

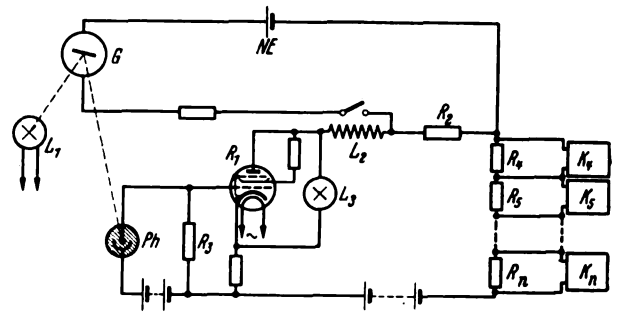


Bild 4. Lichtelektrische Konstantspannungsquelle.

lung des Spiegels fällt der einer Blende entsprechende Teil der reflektierten Strahlung auf die Kathode der Photozelle. Hierdurch entsteht ein in seiner Größe veränderlicher Strom, der am Widerstand  $R_3$  eine Gitterspannung erzeugt, die den Anodenstrom des als Widerstand  $R_1$  wirkenden Elektronenrohres steuert. Der Anodenstrom durchfließt die Widerstände  $R_4$  bis  $R_n$  und erzeugt an jedem eine konstante Spannung der Größenordnung 1 V. Diese Spannungen dienen zur Speisung der Kompensationsregler  $K_1$  bis  $K_n$ . Zu- oder Abschalten eines Reglers ändert die den anderen Reglern zugeführte Spannung nicht. Im Anodenstromkreis befindet sich weiterhin die Erregerspule  $L_2$  eines zur Sicherung dieses Relais liegenden Stromkreises des Normalelementes. Sinkt der Anodenstrom z. B. infolge Bruch des Heizfadens des Elektronenrohres unter den vorgegebenen Wert, so wird das Normalelement von der übrigen Schaltung abgetrennt und dadurch vermieden, daß ihm ein unzulässig starker Strom entnommen wird. Die zum Elektronenrohr parallel geschaltete Glimmlampe  $L_3$  leuchtet in diesem Fall auf. Aus Gründen der Betriebssicherheit werden alle Gleichspannungen aus Trockengleichrichtern entnommen, die nur mit einem Teil der Nennlast betrieben werden. Das Gerät kann auch als Tintenschreiber ausgeführt werden. Dann wird ein kräftig ausgeführtes Drehspulinstrument in den Anodenstromkreis geschaltet.

Das Auswechseln der Elektronen- bzw. Ionenröhren sowie der Lichtquelle kann bei allen beschriebenen photoelektrischen Geräten durchgeführt werden, ohne daß eine Nacheichung notwendig ist. Infolge der sorgfältigen Dimensionierung der Heizkreise und des weit unter den Nennstrombelastungen gewählten Anodenstromes und des Beleuchtungsstromes erreichen diese auswechselbaren Einzelteile Lebensdauern von 5000 bis 10 000 Betriebsstunden. Alle empfindlichen Einzelteile der Geräte sind durch eine Unterteilung des Raumes im entlüfteten und nichtentlüfteten Teil vor unzulässiger Erwärmung bzw. Verstaubung geschützt.

## Elektrisch beheizte Drehherdöfen mit Kippbechern zum Härten von Massenteilen

Von S. Herbst, Dortmund

DK 621.365.413

Der Drehherdofen hat den besonderen Vorzug, daß die durchzusetzenden Teile während des Durchganges durch den Glühraum keinerlei Eigenbewegung ausführen. Stücke mit verwickelt gestalteter Form oder empfindlicher Oberfläche sind deshalb Beschädigungen irgendwelcher Art nicht ausgesetzt. Drehherdöfen sind zum Härten von Massenteilen insofern geeignet, weil ein stetiger, absatzweiser Durchsatz des Härtegutes auf einfachste Weise erzielbar ist, wobei die Beschickungs- und Entnahmeöffnungen zwangsweise am Ofenkörper nebeneinander liegen. Eine bequeme Zu- und Abfuhr der zu härtenden Teile steht damit von vornherein fest.

In wärmetechnischer Hinsicht ist zu beachten, daß durch eine entsprechende Unterteilung der Heizleistung jede gewünschte Anheiz- und Glühkurve erzielt werden kann, die Ausführung von Anfang an also nicht unbedingt für einen besonderen Fall der Wärmebehandlung festzulegen ist. Infolge des absatzweise angetriebenen

Drehherdes können durch Verändern der Betätigungszeiten des Drehherdvorschubes die günstigsten wärmetechnischen Verhältnisse hinsichtlich Beschickungsmenge und Glühraumtemperatur bei gleichem Durchsatz festgestellt und ausgewählt werden. Auf die erforderliche Einbaufäche bezogen, ist seine Durchsatzleistung als hoch zu bezeichnen, obwohl die Glühraumausnutzung diejenige von Kammeröfen oder sonstigen rein satzweise betriebenen Öfen nicht erreicht. Da neben dem eigentlichen Härtegut meist keinerlei Totgewicht mit aufgeheizt werden muß, ergibt sich ein geringer spezifischer Energieverbrauch, der die Ofenanlage auch für untergeordnete Maschinenelemente, wie Schrauben usw., geeignet macht.

Von betriebswirtschaftlicher Seite gesehen ist der Aufbau für einen durchlaufend betriebenen Ofen verhältnismäßig einfach und damit betriebssicher. Alle bewegten Teile sind außerhalb des Glühraumes untergebracht und der hohen Temperatur entzogen. Ein niedriger Verschleiß und ein zuverlässiges Arbeiten sind die damit erzielten Vorzüge. Die Beschickung und Entnahme des Härtegutes kann an Einfachheit nicht übertroffen werden, ebenso die übrige Bedienung, die der Ofen erfordert. Beim elektrisch beheizten Drehherdofen kommt im besonderen die bequeme Einstellung und Haltung der gewünschten Härte-temperatur hinzu. Eine Fehlbedienung ist durch entsprechende elektrische Verriegelung aller Bewegungsvorgänge auf einfache Weise ausschließbar. Außerdem kann ein derartiger Ofen ohne weiteres in den Fluß der Erzeugung eingeschaltet werden, da eine Belästigung der Be-

dienungsleute durch Abhitze, Ruß oder dgl. nicht auftritt.

Der normale Drehherdofen mit ebenem glatten Herd wird dann verwendet, wenn es sich um größere Teile handelt, die verhältnismäßig viel Ofenraum beanspruchen, wenn also nur eine beschränkte Anzahl Stücke zum Einsatz kommt. Sind beispielsweise Schrauben der verschiedensten Abmessungen, Kugeln oder dergl. zu härten, dann

benutzt man meist Glühbehälter, die den Glühraumabmessungen angepaßt sind und in die man diese Teile einfüllt. Neben dem eigentlichen Beschickungsgewicht muß der zugehörige Behälter als Totgewicht mit erwärmt werden. Es liegt nahe, die Glühkästen fest auf den Drehherd aufzubauen und sie mit geeigneten Einrichtungen zu beschicken und zu entleeren. Aus dieser Überlegung heraus entstand der Drehherdofen mit Kippbechern, bei dem, wie der Name schon sagt, diese Glühbehälter in Form von Kippbechern auf dem Drehherd befestigt sind. Bild 1

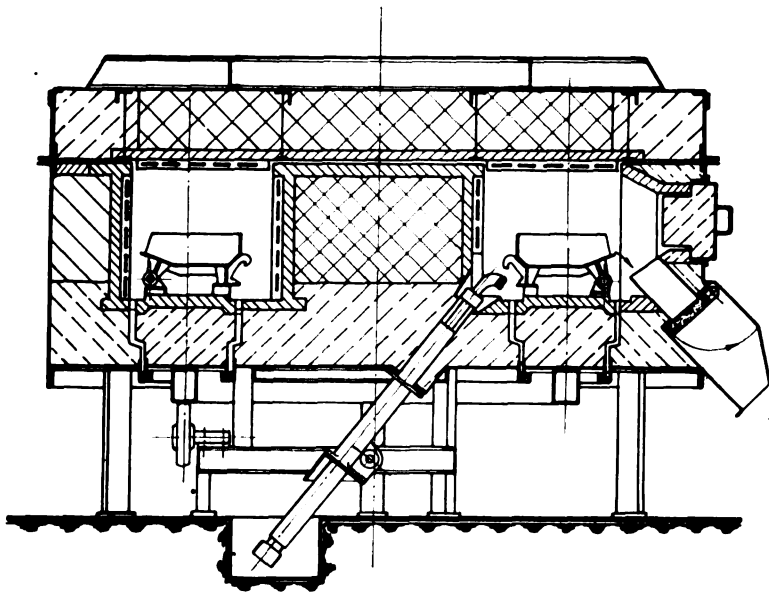


Bild 1. Querschnitt durch einen seiten- und deckenbeheizten Drehherdofen mit Kippbechern.

zeigt einen derartigen von BBC entwickelten Ofen für größere Durchsatzleistungen im Schmitt.

Im Querschnitt betrachtet besteht der Ofen aus einem festen Ofenkörper und aus einem bewegten Drehherd. Der Ofen ist den Aufbaugrundsätzen des Elektroofenbaus entsprechend mit einer dünnwandigen Glühraumauskleidung aus hochwertiger Schamotte versehen, in die in den Seitenwänden und in der Decke die notwendigen Heizwicklungen eingebaut werden. Die Decke des rechteckigen, ringförmig gebogenen Glühraumes ist abnehmbar eingerichtet, wodurch das Ofeninnere und insbesondere die Heizwicklungen leicht zugänglich sind. Die Wärmedämmschicht, die den Glühraum umgibt, besteht hauptsächlich aus Pulver, so daß der Ofenleerwert und das Wärmespeichervermögen gering ausfallen. Die ganze Ausmauerung ist in ein Stahlblechgehäuse eingebaut und damit wirksam gegen Beschädigungen von außen her geschützt. Durch Anwendung eines Untergestells ist der Ofenkörper allseitig zugänglich und damit bei etwaigen Störungen einfach nachzusehen.

In gleicher Weise wie beim Ofenkörper erhält auch der drehbare Ringherd eine Schamotteabdeckung, die von einem Mauerwerk aus Wärmeisolersteinen getragen wird. Der ganze Ringherd ruht auf einem kräftigen Eisenträger, der meist auf festen Laufrollen gelagert ist. An dem Eisengerüst des Drehherdes greift auch der zur Verdrehung notwendige elektromotorische Antrieb an. Um einen möglichst wärmedichten Abschluß zwischen dem feststehenden Ofenkörper und dem beweglichen Drehherd

sicherzustellen, ist eine Sandtassendichtung an den vorhandenen Ringspalten angeordnet. Bild 2 stellt bei abgenommener Ofendecke einen Blick in den Glühraum eines derartigen Ofens dar.

Die wichtigsten Teile des Ofens, die Kippbecher, sind Mulden, die einen etwa trapezförmigen Grundriß haben und völlig aus hitzebeständigem Stahl bestehen. Sie sind

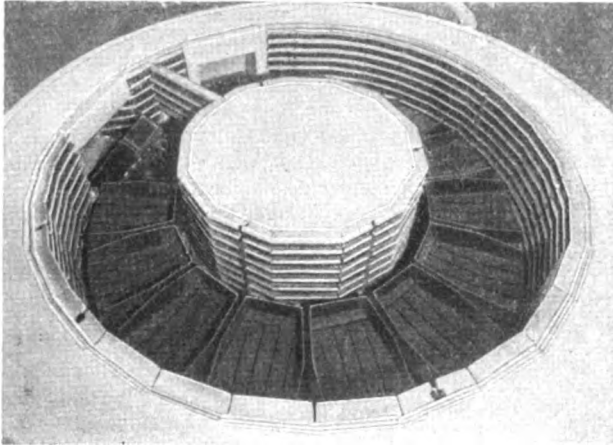


Bild 2. Glühraum eines Drehherdofens mit Kippbechern, Ofendeckel abgenommen.

in ununterbrochener Reihe und hochkippar auf dem umlaufenden Dreh-Ringherd befestigt in der Weise, daß sie ihren Inhalt beim Hochheben nach außen entleeren (Bild 1). Von der Beschickungstür aus durchlaufen sie in waagerechter Stellung den Glühraum des Ofens. An der Entnahmestelle befindet sich gegenüber der Ausfallöffnung ein Stößel, der von unten her schräg in den Glühraum eingeführt werden kann, den Kippbecher am äußersten Rande faßt und hochhebt. Sein Inhalt rutscht dann durch eine Ausfalllutte in das Ölabschreckbad. Wie alle metallischen Teile, die bei höheren Temperaturen arbeiten, sind auch die Kippbecher dem Verziehen und Verwerfen ausgesetzt. Da diese Umstände einen geordneten Ablauf des Ofenbetriebes stören würden, muß durch eine entsprechende Ausführung dafür gesorgt werden, daß sie weitgehend vermieden werden.

Die Heizwicklungen des Ofens sind in Form von Heizwendeln ausgeführt, die in Schamottenischen der Glühraumauskleidung liegen. In der Durchgangsrichtung des Glühgutes, das sich je nach der Ausführung des Ofens im oder entgegen dem Uhrzeigersinne bewegt, sind mindestens drei getrennt geregelte Heizgruppen vorhanden, so daß auf alle Fälle eine genügend hohe Temperaturgleichmäßigkeit und eine dem Wärmeübergang entsprechende Verteilung der Heizleistung gewährleistet ist.

Durch die abnehmbare Ofendecke wird die Zugänglichkeit der Heizkörper bei irgendwelchen Störungen sichergestellt.

Die zu härtenden Teile werden außerhalb des Ofens in einen besonderen, radial verfahrbaren Beschickungslöffel eingefüllt, dessen Grundfläche genau dem Grundriß des Kippbeckers entspricht. Der Beschickungslöffel erhält einen von Hand abziehbaren Boden, der auf Bild 3 erkennbar ist. Nach Öffnen der Beschickungstür wird der Beschickungslöffel genau über den am Ofeneingang liegenden Kippbecher gebracht. Die richtige Stellung ist durch Anschläge an der Fahrbahn vor der Ofentür festgelegt. Durch Abziehen des Löffelbodens fallen die Teile in den darunter befindlichen Kippbecher. Der Beschickungslöffel wird hierauf zurückgezogen, worauf durch Schließen der Ofentür der Beschickungsvorgang auf der Einbringseite abgelaufen ist.

Bei Teilen, die empfindlich gegen Stoß oder leichten Fall sind, kann die Beschickungseinrichtung auch so ausgeführt werden, daß sich vor dem Abziehen des Löffelbodens der Beschickungslöffel bis auf den Grund des Kippbeckers senkt, wodurch restlos jede Gefahr für das Härtegut beseitigt wird.

Nach dem Ablauf eines Beschickungsvorganges wird der Drehherd durch Drücken auf einen Knopf, der seitlich an der Beschickungsöffnung angebracht ist, verdreht. Ist genau eine Becherteilung zurückgelegt, so betätigt ein Anschlag am Ringherd einen Endschalter, der den Drehherdantrieb ausschaltet und den Herd in dieser Stellung festhält. Der Antriebsmotor arbeitet über ein entsprechendes Übersetzungsgetriebe unter Zuhilfenahme eines Reibrad- oder Stirnradtriebes auf den Herd. In besonders gelagerten Fällen wird auch eine Klinkenübertragung gewählt, die in weit größerem Maße als die vor-

genannten Übertragungsmittel die Einstellung einer genauen Herdlage erzielen läßt.

Ist der Ringherd um eine Becherteilung verschoben, so ist ein neuer, noch unbeschickter Kippbecher an die Beschickungstür und ein gefüllter, auf Glühtemperatur befindlicher Becher, der nunmehr sofort zu entleeren ist, vor die Ausfallöffnung gelangt. Durch Drehen einer Handkurbel, die in Reichweite von der Beschickungstür aus angebracht ist, wird nun der Kippstößel an der Ausfallöffnung in den Glühraum eingefahren.

Er kippt den Becher hoch, so daß sein Inhalt durch die Ausfallöffnung, die die Form einer geschlossenen Lutte besitzt, in das Abschreckbad fällt. Mit dem folgenden Zurückziehen des Stößels samt dem Becher ist der Bedienungsvorgang auf der Entnahmeseite des Ofens bis zum nächsten Beschickungswechsel abgeschlossen. Das geschilderte Spiel kann dann von neuem wiederholt werden.

Wie bereits erwähnt wurde, befinden sich beim Drehherdofen die Beschickungs- und Entnahmeöffnungen unmittelbar nebeneinander am Ofenkörper. Das eingebrachte kalte Härtegut und das auf Härtetemperatur befindliche

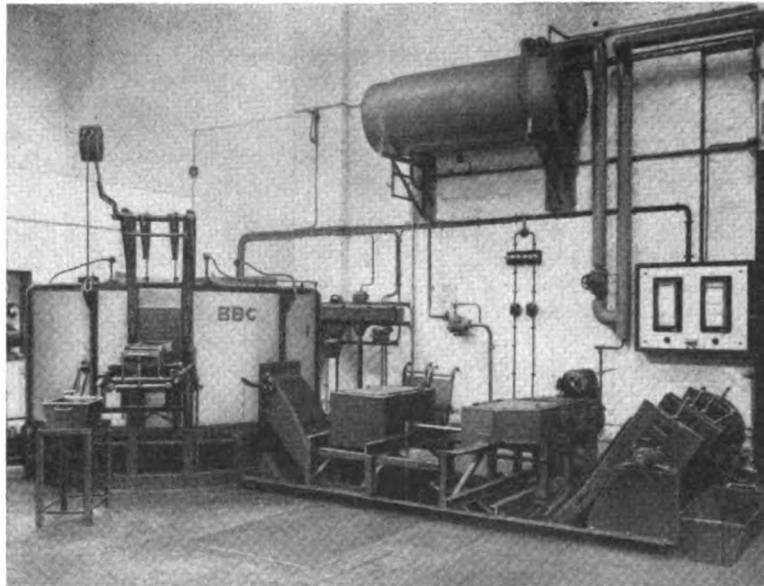


Bild 3. Drehherdofenanlage mit Kippbechern einschl. Ölabschreckeinrichtung.

liegen also im Glühraum fast beisammen. Um zu verhindern, daß durch die neu eingebrachte Beschickung die unmittelbar vor der Abschreckung stehende abgekühlt wird, liegt zwischen beiden Öffnungen eine beheizte Trennwand, unter der die Kippbecher sich in waagerechter Lage hindurchbewegen können (s. Bild 2). Auch sind beide Öffnungen unter einem solchen Winkel gegeneinander versetzt, daß noch ein leerer, nicht beschickter Becher dazwischen liegt.

Die Ausfalllutte stellt gewöhnlich einen nicht abgeschlossenen Ausgang des Härtegutes in das Ölabschreckbad dar. Durch eintretende Außenluft könnte gleichfalls eine Abkühlung des auf Härtetemperatur befindlichen Gutes stattfinden. Um diesen schädlichen Umstand auszuschalten, ist an der Austrittsstelle der Lutte aus dem Ofenkörper in dieser eine wärmeisolierte Klappe angeordnet, die gewöhnlich geschlossen bleibt. Sie wird dann geöffnet, wenn der Kippstößel einfährt, und schließt sich, wenn dieser zurückgezogen wird.

Die Kippeinrichtung der Becher arbeitet mit ihren hauptsächlichsten Teilen im warmen Ofenraum. Es ist daher leicht möglich, daß an diesem eine Störung auftritt. Um jederzeit einen freien Zugang zur Entnahmeöffnung zu haben, ist über der Ausfallutten eine Schwenktür angeordnet, die eine Beobachtung des Ofeninneren an dieser Stelle gestattet. Teile, die ein Abrutschen durch die Ausfallöffnung nicht vertragen, können durch diese Entnahmetür unmittelbar in das Ölbad gebracht werden.

Wird beispielsweise vor einer neuen Beschickung des Ofens vergessen, den entleerten Kippbecher zurückzunehmen, dann müßte dieser bei der Verdrehung des Ringherdes um eine Becherteilung die beheizte Zwischenwand zwischen der Beschickungs- und Entnahmeöffnung beschädigen, oder der Herd liefe fest. Deshalb sind beide Endstellungen des Kippstößels mit Endschaltern versehen, die den Drehherdantrieb so lange sperren, bis der Kipp-

becher wieder in die richtige Endlage zurückgebracht ist. Eine Fehlbedienung der Ofenanlage ist damit unterbunden.

In Bild 3 ist eine kleinere, in ihrer Bauart ältere Ofenanlage gezeigt. Sie hat eine Durchsatzleistung von etwa 200 bis 250 kg/h bei einer höchsten Härtetemperatur von 950 °C. Das Ölabschreckbad mit selbsttätiger Förderung des Härtegutes aus diesem ist gleichfalls zu sehen, ebenso alle Nebeneinrichtungen zum Abkühlen des sich beim Abschrecken erhaltenden Öles. Zu bemerken wäre, daß diese Ofenanlage mit einer Zugtür an der Beschickungsöffnung versehen ist. Hierfür verwendet man heute ausschließlich eine fußbetätigte, selbstschließende Senktür, die dem Bedienungsmann vollkommen freie Hand für den Beschickungsvorgang läßt.

Die in den Bildern dargestellten Ofenanlagen sind für offenes, oxydierendes Abhärten bestimmt. Beim Glühvorgang tritt also eine der Glühdauer und der Härtetemperatur entsprechende Zunderbildung auf. Da nicht alle Massenteile, wie beispielsweise Kugellageringringe, Kugeln usw., eine Verzunderung während des Härtens zulassen, sind auch vollständig gasdichte Öfen für den Betrieb unter einer Schutzgasatmosphäre gebaut worden.

Bei den Drehherdöfen mit Kippbechern handelt es sich um Ofenanlagen, die ausschließlich auf die Erfordernisse beim Härten der Kleinteile abgestimmt sind. Die Entwicklung dieser Ofenform ist heute bereits durch die stetige Anpassung an ihren Verwendungszweck so weit fortgeschritten, daß man mehr von einer Härtemaschine als von einem Ofen sprechen kann. Die besonderen Vorteile dieser Bauart sowie ihre zweckentsprechende Ausführung haben dem Ofen daher in Schrauben- und Kugellagerfabriken sowie ähnlichen verwandten Betrieben einen guten Eingang gesichert, wie die große Anzahl der in verschiedenen Größen bis zu etwa 450 kg/h Durchsatzleistung gebauten Anlagen beweist.

## Anpassung der beleuchtungstechnischen Arbeit an die Erfordernisse der Gegenwart

Von Werner A. Seelig, Berlin

Da das Licht ein Helfer und Werkzeug des Menschen bei der Arbeit ist<sup>1)</sup>, darf die Verdunkelung nach außen die einwandfreie Beleuchtung im Innern nicht ausschließen. Unter diesem Gesichtspunkt muß der Beleuchtungstechniker die Entwicklung von Sonderleuchten für den Luftschutz vornehmen.

### Außenleuchten

Diese Leuchten sollen auch während des Aufrufes des Luftschutzes die Durchführung von Arbeiten im Freien ermöglichen. In erster Linie ist dabei an den Betrieb der Eisenbahnen, der Hafen- und Zechenanlagen, offener Gießereihallen u. dgl. zu denken. Nach den Erfahrungen der Luftschutzübungen sieht der Flieger, insbesondere aus großen Höhen, die beleuchteten Teile der Erdoberfläche vornehmlich als Kontrast verschiedener Beleuchtungsstärken. Es mußte also eine Leuchte geschaffen werden, die bei geringer Beleuchtungsstärke eine möglichst gleichförmige Lichtverteilung besitzt. Die Gleichförmigkeit verbessert dabei die Sehbedingungen, und die beleuchtete Fläche erhält einen gleichmäßigen Übergang zur nichtbeleuchteten Umgebung, wird also als Ziel eines Angriffes schwer zu erkennen sein. Eine Leuchte zur Erfüllung dieser Aufgabe stellt der in Bild 1 gezeigte Luftschutz-

Breitstrahler dar, der nach Richtlinien des Elektrotechnischen Versuchsamts der Reichsbahn von der AEG entwickelt wurde. Wie die Lichtverteilungskurve zeigt, wird

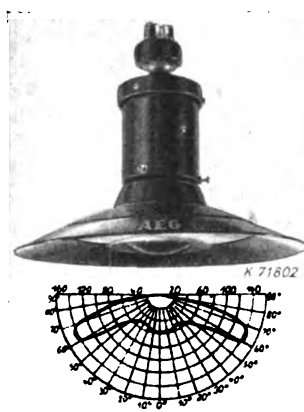


Bild 1. Luftschutz-Breitstrahler.

DK 621.32 : 628.94

mit dieser Leuchte die Bildung eines Maximums am Fußpunkt vermieden und eine starke Breitstrahlung erreicht. Die Bestückung ist dem Einzelfall entsprechend so zu wählen, daß gerade diejenige Mindestbeleuchtungsstärke erreicht wird, die die Sicherheit des Betriebes einigermaßen gewährleistet.

Eine weitere Sonderleuchte stellt die Luftschutz-Richtleuchte (Bild 2) dar. Ihre Hauptaufgabe ist die Kennzeichnung des Wegverlaufes. In zweiter Linie hat sie eine schwache Beleuchtung auf der Verkehrsfläche zu schaffen. Für den Aufbau solcher LS-Richtleuchten hat die Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz Ausführungsbestimmungen erlassen, denen die dargestellte AEG-Ausführung entspricht. Auch hier ist

<sup>1)</sup> W. Köhler, ETZ 61 (1940) H. 1, S. 3.



der Lichtverteilungskurve zu entnehmen, daß die Leuchte eine gleichmäßige Breitstrahlung besitzt. Die höchsten Helligkeitswerte treten an den Lichtschlitzen auf, die den Verlauf des Verkehrsweges kennzeichnen. Selbstverständlich sind diese Lichtschlitze nach oben abgedeckt, vom Flieger also nicht zu erkennen. Die Leuchte bietet die

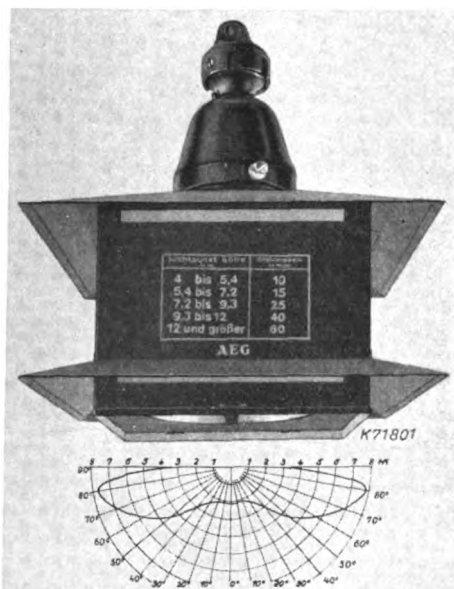


Bild 2. Richtleuchte zur Kennzeichnung des Wegeverlaufes.

Möglichkeit, durch einen Lichtschlitz (Kennung) den Straßenlauf zu bezeichnen oder durch zwei Lichtschlitze besonders belebte Kreuzungen oder andere Gefahrenpunkte anzukündigen.

### Innenleuchten

Für Innenbeleuchtungsanlagen, für die eine mechanische Verdunklung völlig unmöglich erscheint, wurden verschiedene „optische“ Verdunklungsmaßnahmen entwickelt. Ehe man sich zu der fast immer unbefriedigenden „lichttechnischen“ Verdunklung entschließt, sollte man in jedem Falle die Anwendungsmöglichkeit optischer Verdunklung prüfen. So kann man z. B. bei tageslichtdurchlässigen Fenstern die Innenbeleuchtung voll aufrechterhalten, wenn man sich der Absorption von Komplementärfarben bedient. Hierfür werden die Fenster mit einem tageslichtdurchlässigen grünen Anstrich versehen und die Lichtfarbe der künstlichen Beleuchtung rot-gelb gehalten. Man verwendet zur Erzeugung dieser Lichtfarbe Leuchten, wie sie in Bild 3 dargestellt werden. Diese enthalten als Hauptlichtquelle eine Natriumdampflampe mit rein gelber Lichtausstrahlung. An Stelle der früher üblichen Vorschaltdrossel kann bei 220 V Wechselspannung eine Glühlampe in Reihe geschaltet werden, wodurch nicht nur der Anschaffungspreis wesentlich herabgesetzt, sondern auch die Lichtausbeute durch den Fortfall der Verluste im Vorschaltgerät gesteigert wird<sup>2)</sup>. Wenn man nun die Glühlampe rot färbt, so wird die rötlich-gelbe Gesamtlichtfarbe von dem grünen Fensteranstrich verschluckt. Durch Abstimmung der Dichte des Anstriches mit der Beleuchtungsstärke im Raum wird erreicht, daß kein wahrnehmbarer Lichtschein nach außen dringt, die Vorschriften des Luftschutzgesetzes also erfüllt werden. Die Anwendung dieses Natriummischlichtes beschränkt sich allerdings auf solche Räume, in denen keine Farben unterschieden werden müssen. Bei Tage wird man die

Lichtfärbung dadurch den gewohnten Verhältnissen anpassen, daß man einen Teil der Fenster (erfahrungsgemäß rd. 10 %) ungestrichen läßt. Durch diese Teile tritt also ungefärbtes Tageslicht ein, so daß der Gesamtlichteindruck recht günstig wird. Bei Dunkelheit werden die ungestrichenen Fensterteile mechanisch verdunkelt.



Bild 3. Na-Mischleuchte für Sperrfilter-Verdunklung (Komplementärfarben-Verfahren).



Bild 4. Isolierstoffschirm mit Isokopf.

Jede solche mechanische Verdunklung sollte übrigens nach innen hell gefärbt, also rückstrahlend ausgeführt sein, damit die Lichtverluste so klein wie möglich gehalten werden.

In großen Hallen mit reichlichem Tageslichteinfall kann man zur Ersparnis von Rohstoffen für Vorhänge, Fensterläden usw. auch einen Teil der Fensterflächen, insbesondere die Oberlichter, lichtdicht streichen. An ganz besonders dunklen Tagen wird dann das etwa fehlende Tageslicht durch Quecksilbermischlicht ergänzt.



Bild 5. Isolierstoff-Tischleuchte, ganz isoliert.

Über die Frage des Werkstoffwechsels ist in dieser Zeitschrift bereits früher berichtet worden<sup>3)</sup>. Zur Verfügung stehen heute Zink, Glas, Porzellan und Preßstoff. Insbesondere wurde die Anwendung des Preßstoffs stark erweitert. Die in Bild 4 gezeigte Werkplatzeuchte besteht ganz aus Isolierstoff. Während der Schirmhalter (AEG-Isokopf) zur Erhöhung der Betriebssicherheit schon früher ganz isoliert aus Preßstoff hergestellt wurde, wird nunmehr auch der Schirm gepreßt. Der schwarze, lichtundurchlässige Preßstoff oder durchscheinende Pollopasspart also das früher verwendete Stahlblech ein.

Der Einsparung von Eisen dient auch eine soeben auf dem Markt erscheinende Isolux-Tischleuchte (Bild 5), die völlig aus Heimstoffen aufgebaut ist. Gerade für Tischleuchten wurden wegen der großen Verbreitung dieser Leuchtenform früher erhebliche Eisenmengen benötigt. Die neue Leuchte entspricht in ihrer Wirkung unter Beachtung ansprechender Formgebung den früheren Ausführungen. Der Isolierstofffuß wird jedoch nicht mehr durch Eisen beschwert, sondern enthält eine Preßglaseinlage, die der Leuchte eine ausreichende Standfestigkeit gibt. Der Isolierstoffkopf wird mit dem Fuß durch ein in ihn eingekittetes Isolierstoffrohr verbunden und trägt einen Preßstoffschirm, der aus dem oben beschriebenen Werkplatzeuchenschirm entstanden ist. Auch diese

<sup>2)</sup> Hierüber wird demnächst an dieser Stelle noch berichtet.

<sup>3)</sup> Werner A. Seelig, ETZ 60 (1939) S. 255.

Leuchte ist also gegen Störungen bei etwaigen Körperschlüssen geschützt. Bemerkenswert ist, daß das Gelenk aus Zinkspritzguß besteht, daß also der Aufbau völlig unter Benutzung deutscher Werkstoffe erfolgte.

Die vielfachen Gebrauchsvorteile, die sich mit den neuen Baustoffen ergeben, werden ihre Verwendung auch dann sichern, wenn uns die heutigen Sparstoffe wieder unbeschränkt zur Verfügung stehen werden.

## Schweißumformer oder -umspanner für das Handwerk

Von H. Kaiser, Weinheim a. d. B.

Seitdem die Elektro- und die Autogenschweißung nicht mehr als Wettbewerber gegenüberstehen, hat das elektrische Lichtbogenschweißverfahren auch in den kleinen und mittleren Betrieben des eisenverarbeitenden Handwerkes immer mehr Eingang gefunden. Es geht für den Handwerker nicht mehr darum, ob er sich nur für das autogene oder für das elektrische Schweißen entscheidet, sondern nur noch darum, festzustellen, welche Arbeiten jeweils vorteilhafter autogen oder elektrisch auszuführen sind. Eine Autogenanlage ist heute für den kleinsten Betrieb eine Selbstverständlichkeit. Eine solche Anlage wird nun durch die elektrische Schweißanlage nicht überflüssig, sondern leistet sogar z. B. für das Vorrichten der Werkstücke mit dem Schneidbrenner gute Dienste.

Vor der Beschaffung einer Lichtbogen-Schweißanlage ergibt sich nun in den meisten Fällen die Frage, ob für den einzelnen Betrieb die Gleichstrom- oder die Wechselstromschweißung vorteilhafter ist. Es wurde eine Zeitlang von Häusern, die ausschließlich Schweißtransformatoren herstellen, die Wechselstromschweißung als das geeignetste elektrische Lichtbogenschweißverfahren für Handwerksbetriebe empfohlen. Bedingt war dies nicht zuletzt auch durch den Umstand, daß hierbei die von den gleichen Stellen hergestellten umhüllten Elektroden gebraucht wurden. Es hat sich jedoch auch hier die Überzeugung durchgesetzt, daß die Frage, ob mit Gleichstrom oder Wechselstrom geschweißt werden soll, in der Hauptsache von den jeweiligen Betriebsbedingungen abhängig ist, so daß jetzt auch die Gleichstromschweißung von vielen Handwerkern vorgezogen wird.

Betrachten wir zunächst etwas eingehender die Wechselstromschweißung. Ausschlaggebend ist hierbei in den meisten Fällen der geringere Anschaffungspreis eines Schweißtransformators. Hierzu kommen die ebenfalls geringeren Betriebskosten, vor allen Dingen, wenn nur wenig geschweißt wird, da die Leerlaufverluste kleiner sind als bei einem Gleichstrom-Schweißumformer. Ebenfalls für den Transformator spricht noch die Tatsache, daß keine umlaufenden Teile vorhanden sind, die dem Verschleiß unterliegen. Demgegenüber stehen die ungünstigen Anschlußverhältnisse durch ungleichmäßige Phasenbelastung des Drehstromnetzes, so daß verschiedene Stromversorger Schwierigkeiten wegen des Anschlusses von Schweißtransformatoren machen. Nach einer Anordnung der Vereinigung der Elektrizitätswerke werden Schweißtransformatoren über 110 kVA nicht mehr zugelassen.

Aus diesem Grunde baut die Brown, Boveri & Cie A.G. heute Transformatoren mit angebauten Kondensatoren zur Verbesserung des Leistungsfaktors und des Anschlußwertes. Der Schweißtransformator nach Bild 1 hat z. B. einen Schweißstromregelbereich von 18 bis 250 A. Durch einen außenliegenden Hebel können wahlweise zwei Strombereiche eingeschaltet werden, und zwar für Dünnblechschweißungen von 18 bis 50 A und für normale Arbeiten von 50 bis 250 A, so daß praktisch alle in einem Handwerksbetrieb vorkommenden Schweißarbeiten damit aus-

geführt werden können. Besonders beachtenswert ist auch die neuartige vorteilhafte Anordnung der geeichten Schweißstromskala an einer Seite des Gehäuses, die ein rasches Beobachten der jeweils eingestellten Schweißstromstärke ermöglicht. Der Transformator ist regensicher in einem korrosionsfesten Leichtmetallgehäuse eingebaut und erfüllt sowohl durch seine äußere Ausführung wie durch seinen inneren elektrischen Aufbau alle Ansprüche, die der Handwerker hinsichtlich Leistung und Lebensdauer an ein solches Gerät stellen kann.

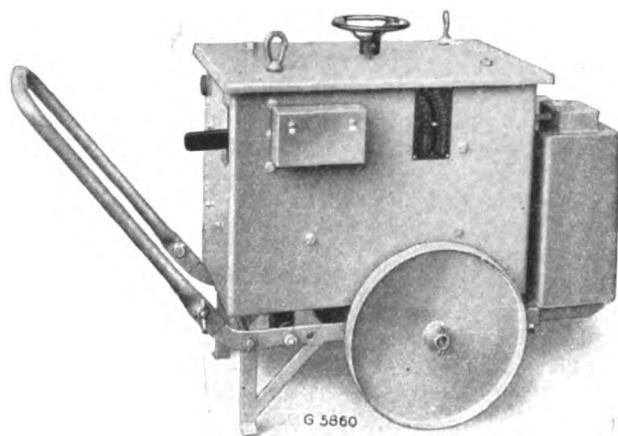


Bild 1. Schweißtransformator mit angebautem Kondensator für einen Regelbereich von 18 bis 250 A.

Vor der Anschaffung eines Schweißtransformators muß jedoch berücksichtigt werden, daß die elektrische Lichtbogenschweißung mit Wechselstrom unbedingt die Verwendung von umhüllten Elektroden verlangt und die billigen blanken Schweißdrähte ausschließt. Die Umhüllung der Elektroden ist zum Zünden und Halten des Lichtbogens hierbei unbedingt erforderlich, um durch einen Gasstrom, den die Umhüllungsmasse beim Verbrennen erzeugt, die Luftstrecke zwischen Elektrodenspitze und Werkstück zu ionisieren, d. h. leitend zu machen und den Lichtbogen zu beruhigen. Werden umhüllte Elektroden verwendet, dann besteht allerdings rein schweißtechnisch heute kaum noch ein Unterschied zwischen einer mit Gleichstrom oder Wechselstrom hergestellten Schweißnaht.

Das elektrische Schweißen von hochlegierten Sonderstählen und von den heute in steigendem Maße bei der Fertigung verwendeten Leichtmetall-Legierungen ist jedoch nur mit Gleichstrom möglich. Ebenfalls muß bei Schweißarbeiten in Kesseln, Behältern usw., wobei der Schweißer mit dem an die Stromquelle angeschlossenen Werkstück in ständige Berührung kommt, von Wechselstromschweißung abgesehen werden. Außerdem haben auch die Gleichstromumformer eine geringere Leerlauf-

spannung als die Schweißtransformatoren. Der in Bild 2 dargestellte Schweißumformer arbeitet bei ausgezeichneten schweißtechnischen Eigenschaften mit einer vollständig ungefährlichen Leerlaufspannung und hat bei einem zwar höheren Anschaffungspreis den Vorteil der uneingeschränkten Verwendbarkeit für alle in einem Handwerksbetrieb auch größeren Umfanges auszuführenden Schweißarbeiten. Es können also alle Elektrodenarten verwendet werden, d. h. für einfache Auftrags- und Verbindungsschweißungen auch blanke Drähte. Außer der bereits erwähnten Schweißung von hochlegierten Stählen und allen elektrisch überhaupt schweißbaren Leichtmetall-Legierungen lassen sich auch elektrische Kupferschweißungen mit der Schlauchelektrode nach Dr. Lessel durchführen, wozu zwei derartige Umformer zur Er-

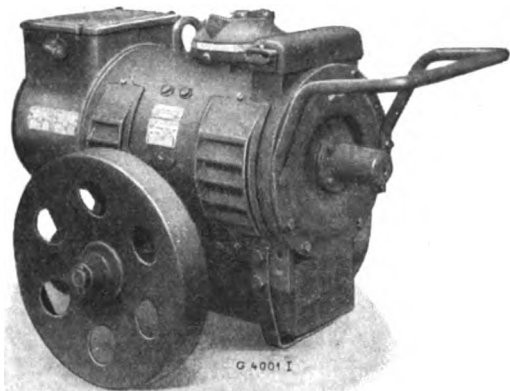


Bild 2. Schweißumformer mit freiem Wellenende für einen Regelbereich von 50 bis 300 A.

zielung der hierbei erforderlichen höheren Lichtbogen-spannungen hintereinander zu schalten sind. Bei Schweißungen an starkwandigen Teilen hat die Gleichstrom-schweißung noch den Vorteil, daß die Temperatur des Lichtbogens an dem positiven Pol wesentlich höher ist als an dem negativen. Aus diesem Grunde wird, um einen gleichmäßigen Schmelzfluß zu erzeugen, das Werkstück normalerweise an den Pluspol und die Elektrode an den Minuspol angeschlossen. Bei Wechselstromschweißung ist ein Temperaturunterschied durch den dauernden Pol-wechsel nicht vorhanden. Aus bisher noch nicht einwandfrei geklärten Ursachen ist allerdings auch hier die Temperatur des Lichtbogens an der Werkstückseite etwas höher als an der Elektrodenspitze, was praktisch jedoch kaum ins Gewicht fällt. Der abgebildete Schweißumformer hat z. B. einen Schweißstromregelbereich von 50 bis 300 A. In diesem Bereich wird der Schweißstrom vollkommen stufenlos durch eine einzige Reglerumdrehung eingestellt. Die auf Schweißstrom geeichte Skala des Reglers gestattet dem Schweißer, jede gewünschte Stromstärke sofort mit einem Handgriff sicher einzustellen. Durch einen einfachen Zusatzregler kann außerdem der Regelbereich noch unter 50 A bis auf etwa 10 A herab erweitert werden, wodurch alle Arten von Dünnschweißungen ermöglicht werden, was für den Handwerksbetrieb von Wichtigkeit ist. Besonderer Wert wurde bei diesem Umformer auch auf funkenfreie Kommutierung gelegt, wodurch der Kohlebürstenverschleiß gering bleibt. Diese Umformer haben auch einen eingebauten Umpolenschutz, so daß sie auch mit anderen Schweißumformern am gleichen Werkstück arbeiten können, ohne daß die Gefahr der Umpolung besteht.

Wesentlich ist auch noch, daß bei dem Zünden des Lichtbogens sowie bei den dauernd auftretenden Kurz-

schlüssen, die durch den Tropfenübergang von der Elektrode zum Werkstück während des Schweißens ständig entstehen, keine unzulässigen Stromspitzen auftreten. Das Fehlen dieser Stromspitzen ist bekanntlich von großem Einfluß auf die Güte und Beschaffenheit der Schweißnaht, da die Elektroden dann gleichmäßig abschmelzen und die Umhüllung nicht durch Glühendwerden der Schweißdrähte abspringt. Mit diesem Gleichstrom-Schweißumformer sind Schweißungen in allen Lagen, d. h. waagrecht, senkrecht und über Kopf, möglich. Ein Gleichstrom-Schweißumformer ist allgemein überall da zu empfehlen, wo eine vielseitige Verwendbarkeit gefordert wird und auch nach den Betriebsverhältnissen mit laufenden Schweißarbeiten zu rechnen ist. Für Arbeiten an Eisenkonstruktionen ist es wichtig, daß der Gleichstromumformer auch mit einer Fernregelung ausgerüstet werden kann, die es dem Schweißer ermöglicht, den Schweißstrom an der Arbeitsstelle unmittelbar einzustellen, wenn der Umformer in größerer Entfernung hiervon stehen muß.

Wenn sich also ein Handwerksbetrieb vor der Anschaffung eines Schweißgerätes für die elektrische Lichtbogenschweißung die Frage stellt: Gleich- oder Wechselstrom, so ist das keine Prinzipfrage, sondern richtet sich einzig und allein, wie bereits gesagt, nach den jeweils vorhandenen Betriebsbedingungen und nach der Häufigkeit der elektrisch auszuführenden Schweißarbeiten. Es ist daher auch hierbei unzweckmäßig, durch vergleichende Kostenberechnungen die Frage allgemein entscheiden zu wollen, da diese doch nur für gleichbleibende Arbeiten in der Fertigung zutreffend sein können. Der Handwerksbetrieb muß jedoch vor allen Dingen auf vielseitige Verwendbarkeit seiner Schweißanlage sehen, da er ja außer reinen Konstruktionsschweißungen an den verschiedensten Maschinen- und Eisenkonstruktionsteilen auch immer mit der Ausführung von Instandsetzungen aller Art rechnen muß.

Zum Schluß wollen wir noch kurz auf eine bekannte und viel erörterte Erscheinung bei der Gleichstrom-Lichtbogenschweißung eingehen, d. i. die magnetische Blaswirkung des Lichtbogens. Wenn der Schweißer diese Erscheinung jedoch in ihren Auswirkungen richtig erkannt hat, so wird sie ihm in vielen Fällen, z. B. als Richtwirkung beim Verschweißen von stark umhüllten Elektroden, zum richtigen Schlackenaufbau sowie zum guten Durchschweißen der Wurzel bei Kehlnähten, sogar erwünscht sein. Die unerwünschten Auswirkungen dieser Erscheinung können natürlich auch durch geeignete Verlegung des Stromanschlusses an das Werkstück und durch entsprechendes Schräghalten der Elektroden fast aufgehoben werden. Wenn aber öfter Konstruktionsschweißungen mit kurzen Nähten an Teilen mit vielen Ecken auszuführen sind, wird sich die Wechselstromschweißung als vorteilhafter erweisen, da hierbei die Blaswirkung weniger stark in Erscheinung tritt.

Zusammenfassend kann zu der Frage, ob Schweißumformer oder Schweißumspanner für das Handwerk zu wählen sind, gesagt werden, daß der Umspanner, d. h. die Schweißung mit Wechselstrom, dort in Frage kommt, wo verhältnismäßig wenig geschweißt wird und daher mit größeren Leerlaufzeiten zu rechnen ist, und wo nach den geschilderten Verhältnissen auf die allseitige Verwendbarkeit des Gleichstromumformers verzichtet werden kann. Der Umformer, d. h. die Schweißung mit Gleichstrom, wird jedoch für solche Handwerksbetriebe unentbehrlich sein, bei denen mit laufenden Schweißarbeiten zu rechnen ist, und welche Wert darauf legen, alle Schweißungen vornehmen zu können, die mit der elektrischen Lichtbogenschweißung nach dem heutigen Entwicklungsstand dieses Arbeitsverfahrens überhaupt ausführbar sind.

## Anzeigende Frequenzmeßgeräte für die Starkstromtechnik

Von H. Lübeck, Berlin

DK 621.317.76

Die überwiegende Mehrzahl der elektrischen Meßverfahren sind im Grunde auf eine Strommessung zurückzuführen. Infolge der durch das Ohmsche Gesetz gegebenen eindeutigen Beziehung zwischen Strom, Spannung und Widerstand sind diese drei Meßgrößen ebenso wie die Selbstinduktion und die Kapazität leicht durch eine reine Strommessung oder durch Brückenmethoden zu bestimmen. In dieser Beziehung jedoch nimmt die Frequenz eine Sonderstellung unter den elektrischen Meßgrößen ein, weswegen im allgemeinen auch die Frequenzmesser einen verhältnismäßig komplizierten schaltungstechnischen Aufbau aufweisen. Die Zahl der vorgeschlagenen und ausgeführten Verfahren ist sehr groß<sup>1)</sup>.

Entsprechend der unterschiedlichen Problemstellung in der Starkstrom- und der Schwachstromtechnik unterscheiden sich auch die diesbezüglichen Frequenzmeßverfahren. Während es im ersteren Falle fast ausschließlich darauf ankommt, die Frequenz innerhalb eines sehr engen Bereiches in der Umgebung der jeweiligen Netzfrequenz sehr genau zu messen, sind in der Tonfrequenz- und Hochfrequenztechnik Meßbereiche von mehreren Dekaden zu überstreichen. Demgemäß benutzt der Starkstromtechniker vorwiegend Schaltungen, in denen ein Resonanzkreis genau auf die Meßfrequenz oder dicht daneben abgestimmt ist, während in der Schwachstromtechnik neben der Resonanzfrequenzmessung in erster Linie Verfahren angewendet werden, in denen die Frequenzmessung auf eine Auszählung der einzelnen Wellenzüge zurückgeführt wird. In diesem Aufsatz sollen die Frequenzmeßverfahren in der Starkstromtechnik behandelt werden.

### Zeigerfrequenzmesser für 49 bis 51 Hz

Es sind im wesentlichen zwei Gründe, die die genaue Frequenzhaltung eines Starkstromnetzes erforderlich machen. Die zunehmende Bedeutung des Verbundbetriebes von Kraftwerken bringt es mit sich, daß die einzelnen Werke insbesondere zu Zeiten der größten Belastung zwecks Lastverteilung parallel geschaltet werden müssen. Voraussetzung für die Parallelschaltung mehrerer Generatoren ist aber, daß alle genau die gleiche Frequenz haben. Ein weiterer Grund für die Einhaltung einer gewissen Sollfrequenz von z. B. 50 Hz liegt in der Tatsache, daß in wachsendem Umfange elektrische Uhren an die Starkstromnetze angeschlossen werden. Eine dauernde noch so geringfügige Abweichung der Frequenz von ihrem Sollwert würde bedingen, daß sämtliche an das Netz angeschlossenen Uhren im gleichen Sinne falsch laufen.

Die früher verwendeten Zungenfrequenzmesser sind der obengeschilderten Aufgabe nicht gewachsen. Ein Verfahren, das den Vorzug hoher Meßgenauigkeit mit dem einer großen Ablesegenauigkeit verbindet, sei im folgenden beschrieben<sup>2)</sup>. Die Grundlage dieses Verfahrens ist die gleiche, wie sie heute allgemein in den Induktionswechselstromzählern unter Verwendung des sogenannten Ferraris-Meßsystems angewendet wird (Bild 1). Dieses System besteht aus einem Stromeisen *b*, in dessen Luftspalt eine drehbare, exzentrisch gelagerte Aluminiumscheibe *a* eintaucht. Die Pole des Stromeisens sind gespalten und auf der einen Seite mit einem kräftigen Kurzschlußring versehen. Dieser bewirkt, daß die Phase des Luftspaltfeldes verschoben wird. Derartige phasenver-

schobene Wechselfelder üben auf die Aluminiumscheibe ein Drehmoment aus, das dem Meßwerkstrom proportional ist. Das Drehmoment ist außerdem um so größer, je tiefer die exzentrisch gelagerte Scheibe in das Feld des Stromeisens eintaucht. Der Frequenzmesser enthält nun

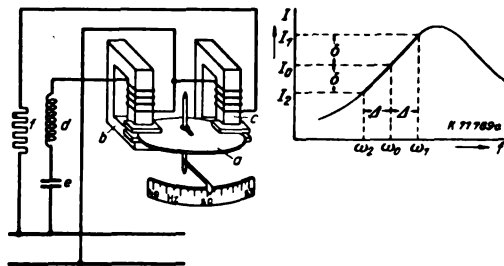
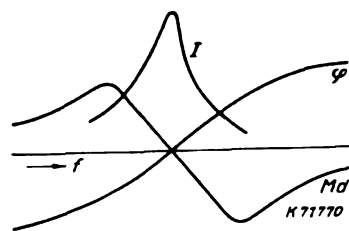


Bild 1. Schaltung des Zeigerfrequenzmessers.

zwei Stromeisen *b* und *c*. Ersteres liegt in Reihe mit der Induktivität *d* und der Kapazität *e* an der Meßspannung. Der Serienresonanzkreis *b, d, e* ist auf eine Frequenz oberhalb von 50 Hz abgestimmt, derart, daß die Frequenz 50 Hz gerade auf die Mitte des gradlinigen Teiles der Flanke des Resonanzkreises zu liegen kommt. Mit wachsender Frequenz nimmt demnach der Strom durch *b* und damit das Drehmoment der Scheibe *a* zu.

Die Spule des Stromeisens *c* liegt in Reihe mit einem ohmschen Widerstand an der Meßspannung. Ihr Drehmoment ist infolgedessen unabhängig von der Frequenz, steigt jedoch, ebenso wie das des anderen Stromeisens, mit zunehmender Netzspannung. Durch die gegensinnige Wirkung der beiden Drehmomente von *b* und *c* läßt sich der Einfluß von Netzspannungsänderungen auf die Anzeige weitgehend ausschalten.

Steigt nun die Netzfrequenz, so erhöht sich entsprechend der Stromzunahme in dem Kreise *b, d, e* das auf die Scheibe seitens *b* ausgeübte Drehmoment. Die Scheibe hat nun die Tendenz, wie in einem Wechselstromzähler zu rotieren. Infolge der Drehung und ihrer exzentrischen Lagerung taucht sie jedoch nunmehr tiefer in das Feld des Stromeisens *c* ein, so daß das Gegendrehmoment ebenfalls steigt und sich ein neuer



*I* Resonanzstrom  $\varphi$  Phasenwinkel  
*M<sub>d</sub>* Drehmoment auf das bewegl. System  
Bild 2. Kennlinien des Resonanzkreises.

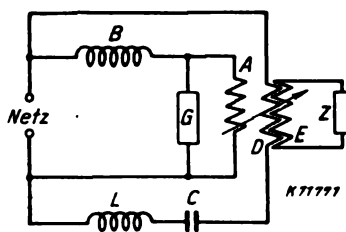


Bild 3. Schaltung des Phasensprung-Frequenzmessers.

Gleichgewichtszustand herausbildet, wobei die Zeigerstellung ein direktes Maß für die Netzfrequenz ist.

Derartige Meßgeräte lassen sich bei Verwendung sehr steiler Resonanzkreise mit einem kleinsten Meßbereich von 49,5 bis 50,5 Hz ausführen. Schalttafelgeräte mit

<sup>1)</sup> Arch. techn. Messen, V 3611 . . . V 3614; G. Keinath, Techn. Elektr. Meßgeräte, Bd. 2, B. Oldenbourg, München 1928; O. Zinke, Hochfrequenzmeßtechnik, S. Hirzel, Leipzig 1938.

<sup>2)</sup> H. Boekels, ETZ 56 (1935) S. 205.

einer Skalenlänge von 100 mm gestatten auch noch aus einiger Entfernung die Ablesung der Frequenz auf  $\frac{1}{100}$  Hz genau. Die Meßgenauigkeit eines derartigen Gerätes ist besser als 0,5 ‰, während durch Wahl geeigneter Schaltelemente der Temperatureinfluß auf ein vernachlässigbar kleines Maß herabgedrückt werden kann.

**Frequenzmesser nach dem Phasensprung-Prinzip**

Eine weitere Möglichkeit der Frequenzmessung beruht in der Tatsache, daß in einem aus einer Drossel  $L$  und einer Kapazität  $C$  sowie einem Widerstand  $R$  bestehenden Reihenresonanzkreis der Phasenwinkel des

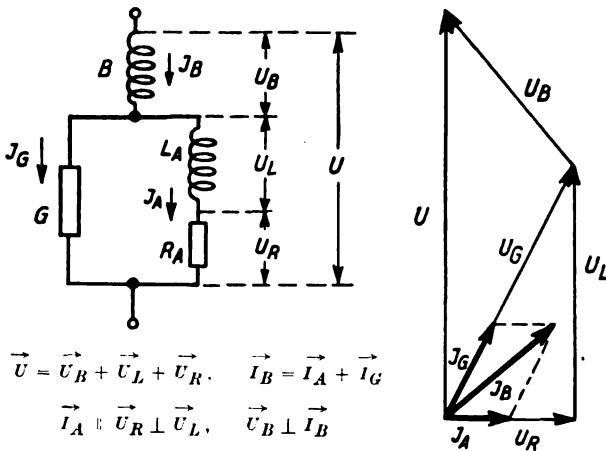


Bild 4. Vektordiagramm des Stromkreises B, G, A;  $I_A \perp U_{\text{Netz}}$ .

Stromes gegenüber der angelegten Spannung sich in der Umgebung der Eigenresonanz des Kreises stark ändert<sup>3)</sup>, und zwar ist die Abhängigkeit des Phasenwinkels von der Frequenz um so ausgeprägter, je geringer die Dämpfung des Resonanzkreises ist. Bei der Resonanzfrequenz sind Strom und Spannung genau in Phase (s. Bild 2); dies wird

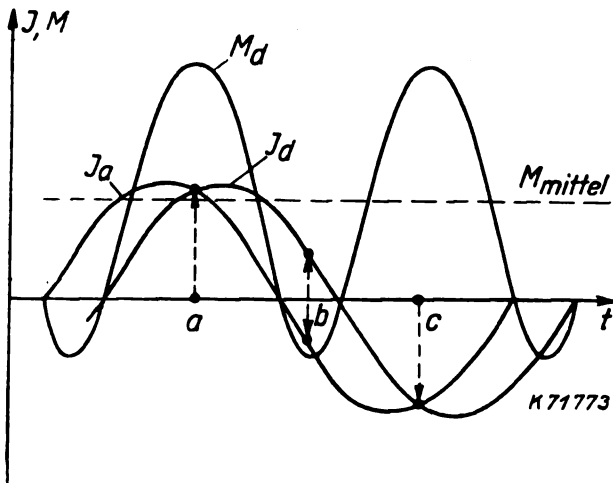
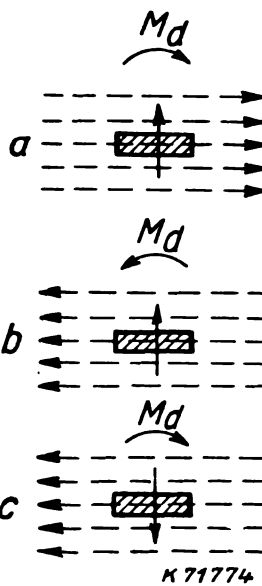


Bild 5 a und b. Drehmomente und Stromverlauf bei einer Phasenverschiebung von 45° zwischen  $I_A$  und  $I_D$ .

in dem hochempfindlichen Frequenzzeiger der AEG ausgenutzt. Die Schaltung eines Phasensprungfrequenzmessers zeigt Bild 3. Wie oben erläutert, ist die Phasenlage des die Drehspule  $D$  durchfließenden Stromes von der Meßfrequenz abhängig. Da der aus  $L$ ,  $C$  und  $D$  bestehende Resonanzkreis auf die Sollfrequenz von 50 Hz abgestimmt ist, so sind bei dieser Frequenz Netzspannung und Strom durch  $D$  in Phase. Andererseits ist durch geeignete Bemessung der Vorschalt-drossel  $B$  und des Parallelwiderstandes  $G$  erreicht, daß der Strom durch die feststehende Spule  $A$  der Netzspannung um 90° nacheilt

(Bild 4). Die Folge dieser Phasenbeziehungen ist aber, wie sich leicht nachweisen läßt, daß bei der Resonanzfrequenz kein Drehmoment auf die senkrecht zur Spule  $A$  angeordnete Drehspule ausgeübt wird, während bei Frequenzen unterhalb und oberhalb der Resonanz ein mit der Verstimmung wachsendes Drehmoment  $M_d$  in der einen oder der anderen Richtung auftritt. Die Zusammenhänge gehen aus Bild 5 hervor. In Bild 5 a ist der zeitliche Verlauf der Ströme durch  $A$  und  $D$  für eine Periode für eine Frequenz unterhalb der Resonanz aufgetragen, während in Bild 5 b die Feldverteilung für die drei Zeitpunkte  $a$ ,  $b$ ,  $c$  wiedergegeben ist; hier ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nur das Feld der Spule  $A$ , nicht aber diese selbst eingezeichnet. Die Richtung der Drehmomente ergibt sich aus den Pfeilen, ihre Größe aus Bild 5 a, Kurve  $M_d$ . Infolge seiner Masseträgheit reagiert das bewegliche Rähmchen nur auf den zeitlichen Mittelwert  $M_{\text{mittel}}$  des Drehmomentes. Bei wachsendem Abstand der Meßfrequenz von der Resonanzfrequenz nimmt wegen des zunehmenden Phasenwinkels das Drehmoment  $M_d$  zunächst zu; da aber mit wachsendem Abstand von der Resonanz der Resonanzstrom durch  $D$  steiler abfällt als der Phasenwinkel zunimmt, durchläuft der Betrag von  $M_d$  beiderseits der Resonanzfrequenz ein Maximum, um dann allmählich auf 0 abzusinken.

Die Spannungsabhängigkeit dieses Verfahrens wird nun dadurch behoben, daß an Stelle der üblichen Spiralfeder, deren Richtkraft nur von dem Ausschlagwinkel, nicht aber von der Spannung abhängt, eine elektrische Feder verwendet wird. Man wickelt zu diesem Zweck eine zweite Spule  $E$  auf das Drehspulrähmchen (Bild 3); durch Belastung mit einer Reaktanz  $Z$  läßt sich dann erreichen, daß der beim Ausschlag der Spule in dieser induzierte Strom gegenüber dem Strom in  $A$  um 180° phasenverschoben ist. Eine einfache Überlegung zeigt, daß unter diesen Umständen eine Richtkraft auf die Drehspule  $E$  ausgeübt wird, die diese in die 0-Stellung zurückzudrehen bestrebt ist. Weil sowohl dieses Gegendrehmoment  $M_e$ , wie auch das Nutzdrehmoment  $M_d$  quadratisch mit der Netzspannung ansteigen, wird die Anzeige spannungsunabhängig.



Es sei erwähnt, daß die Schaltung des hochempfindlichen Frequenzmessers durch Fortlassen von  $B$ ,  $G$  und der Spule  $E$  — in diesem Falle liegt die Reaktanz  $Z$  direkt parallel zur Drehspule  $D$  — wesentlich vereinfacht werden konnte, ohne daß sich damit die prinzipielle Wirkungsweise der Schaltung ändert.

Dieser Frequenzmesser wird sowohl als Anzeige- wie auch als Registrierinstrument ausgeführt. Bei einer Skalenbreite von 120 mm hat das Instrument einen Meßbereich

von 49,9 bis 50,1 Hz; das entspricht einer Empfindlichkeit von 0,002 Hz je mm Skalenbreite.

**Lichtelektrisches Meßgerät zur Bestimmung der Umlauffrequenz**

Im folgenden soll ein Verfahren beschrieben werden, das wegen seiner Verwendungsmöglichkeit vorzugsweise den Starkstromtechniker interessiert, seiner Funktion nach aber zu den schwachstromtechnischen Frequenzmessern zählt. In Fällen, in denen die zusätzliche Belastung durch einen Tourenzähler die Arbeitsweise bei-

<sup>3)</sup> H. Boeckels und F. W. Müller, ETZ 57 (1936) S. 1259.

spielsweise einer sehr schwachen Maschine stört, dient es zur leistungslosen Bestimmung der Umlauffrequenz auf lichtelektrischer Grundlage<sup>4)</sup>. Das Grundschaltbild dieses Gerätes ist in Bild 6 dargestellt.

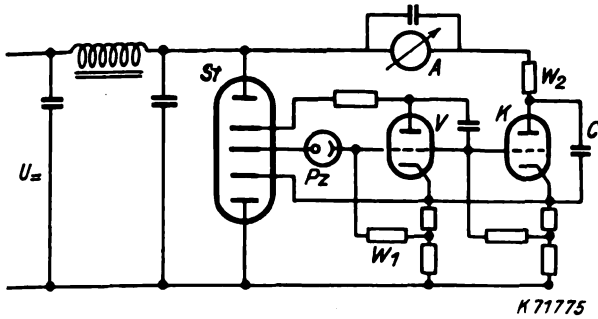


Bild 6. Prinzipschaltung des lichtelektrischen Drehzahlmessers.

Die Maschinenachse wird mit einem kleinen Spiegel versehen, der im Takte der Umlauffrequenz einen Lichtstrahl auf der Photozelle  $Pz$  abbildet. An dem im Photozellenkreis liegenden Widerstand  $W_1$  treten dann mit der gleichen Frequenz Spannungstöße auf, die zunächst mit-

tels der Verstärkerröhre  $V$  verstärkt werden und als Steuerspannung für ein als Kippschwingrohr geschaltetes Thyatron  $K$  dienen. Bei jedem Spannungstoß zündet das Thyatron und bewirkt eine plötzliche Entladung des Kondensators  $C$ ; hierdurch bricht die Anodenspannung des Thyatrons zusammen. Der Kondensator  $C$  wird in den Pausen zwischen den Zündstößen über den Vorwiderstand  $W_2$  wieder aufgeladen.

Durch geeignete Bemessung der Schaltelemente läßt sich erreichen, daß unabhängig von der Meßfrequenz der Kondensator nach jeder Entladung auf die gleiche Spannung aufgeladen wird. Die entstehenden Ladestromstöße haben dann immer den gleichen zeitlichen Verlauf und die gleiche Größe und wiederholen sich  $f$ mal je Sekunde. Da ein Drehspulstrommesser geeigneter Dämpfung den zeitlichen Mittelwert des Ladestroms mißt (vgl. auch Bild 5,  $M_d$  und  $M_{\text{mittel}}$ ), letzterer aber proportional der Zahl der Stromstöße anwächst, läßt sich mit einem Drehspulinstrument direkt die Umlauffrequenz der zu untersuchenden Maschine anzeigen, wobei der Skalenverlauf praktisch linear ist.

Derartige Drehzahlmesser haben Meßbereiche von 1000 bis 15 000 und 2000 bis 30 000 U/min. Durch Änderung der Zeitkonstante im Ladekreis des Kondensators  $C$  lassen sich ohne weiteres auch beliebige andere Meßbereiche erzielen.

<sup>4)</sup> ETZ 58 (1937) H. 51, S. 15 des Anzeigentells.

## Eine neue Konferenzanlage mit Lautfernsprecher ohne Röhrenverstärker

Von E. Hettwig und A. Pfeiffer, Berlin

### Aufbau und Betriebsabwicklung

Mit einer Konferenzanlage können fernmündliche Konferenzen abgehalten werden. Gleichzeitig bietet eine derartige Anlage schnellste Verkehrsmöglichkeit zwischen einer leitenden Persönlichkeit und ihren engsten Mitarbeitern.

Die für den Konferenz-Einberufer, also z. B. für den Betriebsführer bestimmte Einrichtung der Siemens & Halske AG. besteht aus einem braunen Edelmholz-Tischgehäuse und einem Metall-Wandbeikasten. In dem Tischgehäuse, der eigentlichen „Einberuferstelle“ (Bild 1), sind die Einschalthebel und Überwachungslämpchen sowie hinter einer Seidenstoffbespannung Lautsprecher und Mikrofon zusammengefaßt. An die Einberuferstelle können bis zehn Teilnehmer angeschlossen werden. Diese „Konferenzteilnehmer“ erhalten Tischfernsprecher neuester Ausführung in Preßstoffgehäuse, ohne Nummernschalter.

Um eine fernmündliche Konferenz zusammenzuschalten, legt der Einberufer die Einschalthebel ( $V_1$  usw. in Bild 2) der von ihm gewünschten Mitarbeiter um und ruft diese durch Drücken des gemeinsamen Rufhebels. Heben die Angerufenen ihre Handapparate ab, so leuchten beim Einberufer die zugehörigen Überwachungslämpchen auf und zeigen an, wer sprechbereit ist. Die Konferenz ist geheim, da niemand ohne Zutun des Einberufers in die Konferenzverbindung eintreten kann. Dagegen kann der Einberufer jederzeit andere Mitarbeiter, die an die Konferenzanlage angeschlossen sind, in ein gerade bestehendes Konferenzgespräch einbeziehen oder jemand, dessen Mitwirkung nicht mehr benötigt wird, wieder abschalten.

Der Einberufer spricht, ohne durch das Halten eines Handapparates irgendwie behindert zu werden, frei in das eingebaute Mikrofon und hört die Antworten der Konferenzteilnehmer in dem Lautsprecher. Dadurch können alle, die im Zimmer des Einberufers anwesend sind, dem Gespräch mühelos folgen. Will der Einberufer dagegen

DK 621.395-97

vertrauliche Mitteilungen entgegennehmen, so hört er die Antworten in einem Hörer. Dieser Hörer ( $F$  in Bild 2) schaltet beim Abheben den Lautsprecher selbsttätig ab.

In umgekehrter Richtung können die an die Anlage angeschlossenen Teilnehmer auch den Einberufer jederzeit anrufen, indem sie einfach den Handapparat abheben und die Ruftaste ihres Fernsprechers drücken. Dadurch leuchtet in der Einberuferstelle das zugehörige Lämpchen auf; außerdem ertönt solange eine Schnarre, wie die Ruftaste gedrückt wird.

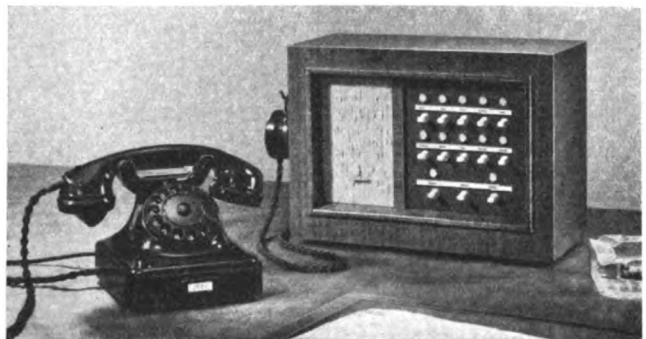
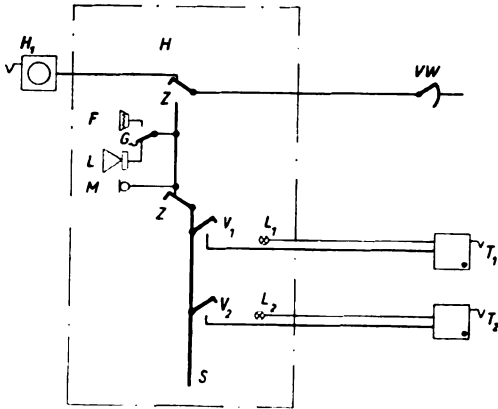


Bild 1. Einberuferstelle einer Konferenzanlage mit Lautfernsprecher.

Will der Einberufer, z. B. während einer Besprechung, nicht gestört werden, so legt er einen Besetzthebel um. Jeder Anrufer erhält dann beim Abheben des Handapparates ein Besetzzeichen; er weiß also sofort, daß Anrufe nur in ganz dringenden Fällen erwünscht sind.

Die Annehmlichkeit, ohne Handapparat zu telefonieren, kann vom Einberufer auch für den übrigen Fernsprechverkehr ausgenutzt werden. Nach Umlegen eines Hebels werden Gespräche über die Betriebsfernsprech-

anlage<sup>1)</sup> auf den Lautfernsprecher der Konferenzanlage übernommen; gleichzeitig wird die Konferenz-Sammelleitung (S in Bild 2) abgetrennt. Da die Leistung vieler Mikrophone für Betriebsfernsprechanlagen geringer ist als die Leistung der in der Konferenzanlage benutzten Hochleistungsmikrophone, wird man von dieser Möglichkeit naturgemäß nur dann Gebrauch machen, wenn die Empfangslautstärke der Betriebsgespräche vom Einberufer als ausreichend empfunden wird.



- |                                                               |                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| F Fernhörer                                                   | T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> Sprechstellen der Konferenzteilnehmer                        |
| G Gabel- oder Hakenumschalter                                 | V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> Verbindungs- oder Einschalt-<br>hebel                        |
| H Haupt- oder Einberuferstelle                                | Z Zentralenhebel zum Umschalten<br>des Lautfernsprechers auf die<br>Betriebsfernsprechanlage |
| H <sub>1</sub> Fernsprecher der Betriebs-<br>fernsprechanlage | VW Vorwähler                                                                                 |
| L Lautsprecher                                                |                                                                                              |
| L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> Überwachungslämpchen          |                                                                                              |
| M Mikrophon                                                   |                                                                                              |
| S Sammelleitung                                               |                                                                                              |

Bild 2. Konferenzanlage mit Lautfernsprecher in grundsätzlicher Darstellung.

Die Anlage arbeitet ohne Röhrenverstärker. Um eine möglichst verlust- und rückkopplungsfreie Sprachübertragung zu gewährleisten, sind getrennte Leitungen für das Senden und für das Empfangen vorgesehen. Die Mikrophone der Konferenzteilnehmer arbeiten also un-

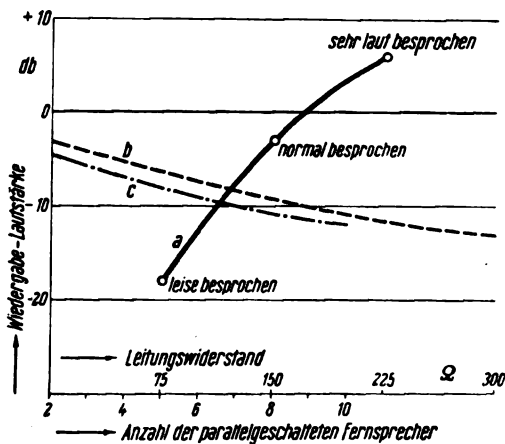


Bild 3. Wiedergabe-Lautstärke in Abhängigkeit von der Besprechungs-Lautstärke (Kurve a), von der Leitungslänge zwischen Einberuferstelle und Konferenzteilnehmer (Kurve b) und von der Zahl der am Gespräch beteiligten Konferenzteilnehmer (Kurve c).

mittelbar auf den dynamischen Lautsprecher der Einberuferstelle, und das Mikrophon des Einberufers ist über besondere Leitungen mit den Hörern der Konferenzteilnehmer verbunden. Die Konferenzeinrichtung des Einberufers ist ungefähr in einer Entfernung von der Länge eines ausgestreckten Armes vom Sprecher so aufzustellen,

<sup>1)</sup> Im Gebiet der Deutschen Reichspost bezieht sich dies nur auf reine Hausanlagen.

daß die Frontfläche der Konferenzeinrichtung etwa senkrecht zur Besprechungsrichtung liegt. Unter diesen Bedingungen arbeitet die Einrichtung selbst in Räumen mit starker Hallwirkung einwandfrei. Als Betriebsspannung ist 24 V vorgesehen; im allgemeinen kann daher die Akkumulatorenbatterie der Betriebsfernsprechanlage zur Stromversorgung mitbenutzt werden.

Übertragungstechnische Eigenschaften

In der Rundfunktechnik hat man in bezug auf Verzerrungsfreiheit bzw. naturgetreue Übertragung bereits eine hohe Güte erreicht. Allerdings sind auf diesem Gebiet die Verhältnisse völlig anders gelagert als in der Drahtnachrichtentechnik, in der man sich einen ähnlich hohen Aufwand wegen der großen Zahl von Sprechstellen nicht gestatten kann. So verwendet man in der Rundfunktechnik z. B. Mikrophone mit geringem Wirkungsgrad, aber sehr breitem Frequenzband und erreicht die am Ende des betreffenden Übertragungssystems erforderliche Leistung durch entsprechend bemessene Verstärker.

Die Aufgabenstellung für die vorliegende Konferenzanlage weicht auch in übertragungstechnischer Hinsicht sowohl von Einrichtungen der Rundfunktechnik als auch von den übrigen Fernsprechanlagen ab. Gegenüber den üblichen Fernsprechanlagen besteht in technischer Hinsicht die Erschwerung, daß der Einberufer die Mitteilungen der Konferenzteilnehmer aus einem Lautsprecher entgegennimmt. Im Gegensatz zu Rundfunkeinrichtungen muß jedoch mit bedeutend geringerem Aufwand vor allem auf der Sendeseite gearbeitet werden. So wurde u. a. bewußt von der Verwendung eines Röhrenverstärkers abgesehen, um Aufbau und Betrieb möglichst einfach zu gestalten; das ist aber nur möglich, wenn entsprechend leistungsfähige Mikrophone zur Verfügung stehen.

Die zu überwindenden Schwierigkeiten lagen also besonders darin, daß der Verzerrungsgrad des Übertragungssystems ohne Zuhilfenahme von Röhrenverstärkern herabgesetzt werden sollte, und daß die vom Lautsprecher übertragene Lautstärke um ein Vielfaches größer sein muß als bei einem gewöhnlichen Fernsprecher. Die wesentlichen Verbesserungen des Lautfernsprechers der vorliegenden Konferenzanlage sind daher vor allem auf die Fortschritte im Mikrophon- und Lautsprecherbau zurückzuführen.

Das Mikrophon in den Fernsprechern der Konferenzteilnehmer, das mit dem dynamischen Lautsprecher der Einberuferstelle zusammenarbeitet, ist ein verbessertes, fast lagenunabhängiges Hochleistungsmikrophon. Der Speisestrom, der über dieses Mikrophon fließt, beträgt im Mittel 150 mA; er ist also ungefähr dreimal so groß wie bei einem gewöhnlichen Fernsprechmikrophon. Die Lautstärke, die bei normaler Besprechung des Mikrophons vom Lautsprecher abgegeben wird, entspricht nahezu derjenigen, die beim Besprechen des Mikrophons angewendet wird. Im übrigen zeigen die Kurven in Bild 3, wie sich die Verhältnisse in bezug auf die Wiedergabe-Lautstärke ändern, wenn z. B. das Mikrophon mehr oder weniger laut besprochen wird oder wenn der Leitungswiderstand erhöht wird oder wenn mehr oder weniger viele Sprechstellen parallel geschaltet sind. Als Bezugswert für die Wiedergabe-Lautstärke wurde in den Kurven die normale Besprechungs-Lautstärke am Mikrophon zugrunde gelegt; diese „normale Wiedergabe-Lautstärke“ wurde gleich 0 db gesetzt. Kurve a zeigt die Wiedergabe-Lautstärke in Abhängigkeit von der Besprechungs-Lautstärke (leise, normale und laute Besprechung). Aus Kurve b erkennt man die Abnahme der Wiedergabe-Lautstärke bei normaler Besprechung, wenn der Leitungswiderstand, d. h. die Länge der Leitung zwischen Einberuferstelle und einem der Konferenzfernsprecher, erhöht wird. Kurve c gibt die Wiedergabe-Lautstärke in Abhängigkeit von der Zahl der am Gespräch beteiligten Konferenzteilnehmer an. Eine gute Verständigung ist mit der vorliegenden Konferenzanlage — bezogen auf eine

normale Besprechungs-Lautstärke — noch bis etwa -20 db herab möglich; dabei besteht allerdings die Voraussetzung, daß die Raumgeräusche im Zimmer des Einberufers und an den anderen am Gespräch beteiligten Stellen 50 phon nicht übersteigen.

Die Frequenzkurven für Mikrophon und Lautsprecher entsprechen durchaus den Anforderungen, die man für diese Zwecke an ein neuzeitliches Kohlemikrophon und an

einen dynamischen Lautsprecher stellen wird. Sprechversuche an der neuen Konferenzanlage mit Lautfernsprecher haben die Erwartungen bestätigt, die auf Grund der Verbesserungen der Übertragungsverhältnisse gestellt wurden. Die Verständigung ist gut, und man kann — was bei früheren Einrichtungen nicht immer der Fall war — den Gesprächspartner im Lautsprecher sofort an seiner Stimme wiedererkennen.

### Röhrengesteuerte Konstanthaltungs-Einrichtungen

DK 621.316.72

Ursprünglich nur für Prüfmäßer und Prüfmäßen ausstellen gedacht, haben die röhrengesteuerten Konstanthalteinrichtungen<sup>1)</sup> im Laufe der Jahre auch für eine Anzahl anderer Gebiete große Bedeutung erlangt und werden in der Industrie und auch in anderen Wirtschafts-

motor treibt in diesem Falle zwei Drehstromgeneratoren für 50 bzw. 25 Hz an. Die Spannungsregelung beider Generatoren erfolgt in gleicher Weise wie bei der zuerst erwähnten Einrichtung. Außerdem überwacht ein über Transformatoren angeschlossener Schwingungskreis die

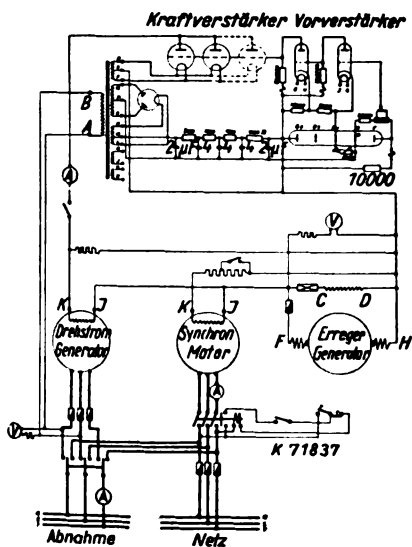


Bild 1. Drehstrom-Spannungskonstanthaltung für einen Verbraucher.

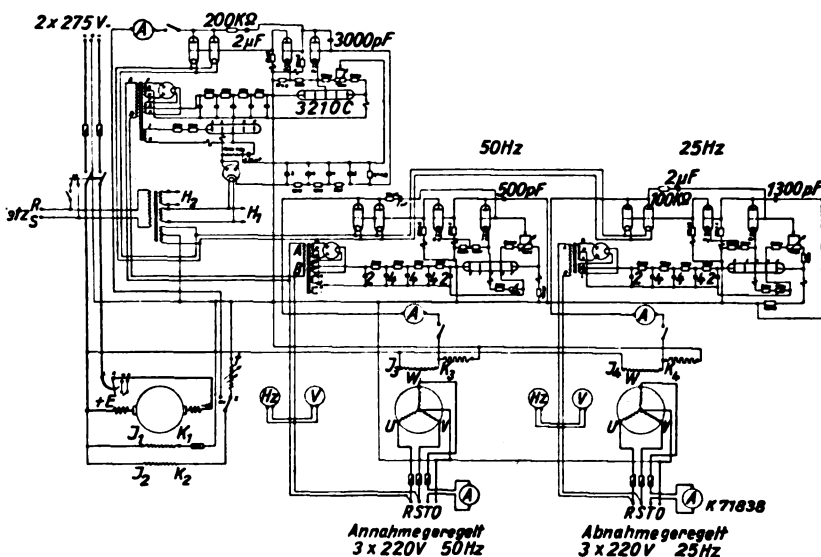


Bild 2. Spannungs- und Frequenzkonstanthaltung für je einen Verbraucher.

zweigen in steigendem Maße verwendet. Es erscheint daher zweckmäßig, über die wichtigsten Ausführungen dieser von der AEG gebauten Einrichtungen einen kurzen Überblick zu geben.

#### Drehstrom-Spannungskonstanthaltung für einen Verbraucher

Dieser bisher in großem Umfang benutzte Röhrenregler besteht aus einem Bedienungspult und einem Motorgenerator, der sich aus Drehstrom-Synchronmotor, Drehstromgenerator und Erregermaschine zusammensetzt. Die grundsätzliche Schaltung des Reglers zeigt Bild 1. Die Bezugsspannung  $RS$  des Drehstromgenerators wird über Gleichrichter und Siebketten Vor- und Kraftverstärkern zugeführt. Als Spannungsnormal dient die Glimmstrecke eines Stabilisators, der gleichzeitig auch die Anodenspannung für den Vorverstärker liefert. In Abhängigkeit von den Abweichungen der Bezugsspannung von einem festgelegten Normal wird durch die Vor- und Kraftverstärker der Erregerstrom des Drehstromgenerators so gesteuert, daß die abgegebene Drehstromspannung mit einer Genauigkeit von etwa  $\pm 0,05\%$  konstant gehalten wird.

Die Einrichtung ist auch für Einphasenwechselstrom ausführbar.

#### Spannungs- und Frequenzkonstanthaltung für einen Verbraucher

Die grundsätzliche Schaltung dieser Einrichtung für Drehstrom zeigt Bild 2. Ein Gleichstrom-Nebenschluß-

Frequenz der Drehstromgeneratoren. In Abhängigkeit von der dem Schwingungskreis entnommenen Spannung, die gleichgerichtet und über Siebketten geleitet wird, regeln Vor- und Kraftverstärker die Drehzahl des Gleich-

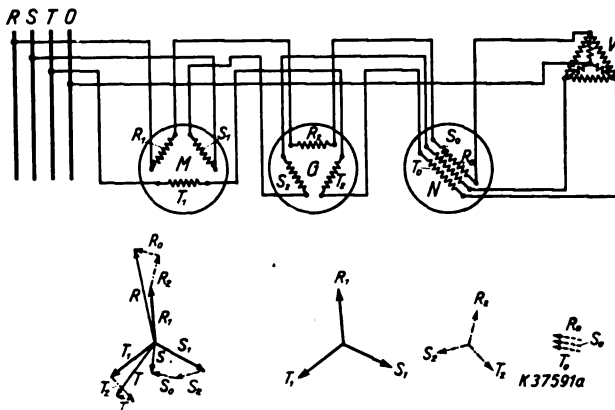


Bild 3. Schematische Darstellung der Drehstromkonstanthaltung für mehrere Verbraucher.

strom-Nebenschlußmotors so aus, daß die Frequenz ebenfalls mit einer Genauigkeit von etwa  $\pm 0,05\%$  konstant gehalten wird. Um Zwischenfrequenzen einstellen zu können, ist noch eine von der automatischen Regelung unabhängige Handbedienung vorgesehen.

<sup>1)</sup> R. Reese, ETZ 56 (1935) S. 1069 u. 1095. — F. Kelbe, AEG-Mitt. (1936) H. 9.



Die Regler und Verstärker sind wie bei der zuerst erwähnten Einrichtung in ein Bedienungspult eingebaut. Bei Einphasenwechselstrom werden auch hier lediglich die Drehstromgeneratoren durch einphasige ersetzt.

**Drehstrom-Spannungskonstanzhaltung für mehrere Verbraucher**

Die vollkommenste dieser Einrichtungen<sup>2)</sup> hält nicht nur drei, sondern alle sechs Spannungen eines vollständigen Drehstromsystems konstant, symmetriert also die den Verbrauchern zugeführte Betriebsspannung. Bild 3 zeigt die schematische Darstellung ihrer Wirkungsweise. Ein unsymmetrisches Drehstromsystem *RST* kann nach einer erstmalig von Dr. H o m m e l angewendeten Theorie zerlegt werden in drei in sich symmetrische Systeme: ein Mitsystem mit den Mitspannungen  $R_1, S_1$  und  $T_1$ ,

ein Gegen-system mit den Gegenspannungen  $R_2, S_2$  und  $T_2$  in entgegengesetzter Phasenfolge und ein Nullsystem mit den Nullspannungen  $R_0, S_0$  und  $T_0$ , die in gleicher Richtung liegen.

Gelingt es, die Gegenspannungen und Nullspannungen durch geeignete Anordnung und Steuerung von Zusatzmaschinen zu vernichten, so steht das symmetrische Mitsystem zur Speisung der Verbraucher zur Verfügung. Der Hauptmaschinen-

satz besteht daher gemäß dem Prinzipschaltbild (Bild 4) neben dem Synchronmotor aus drei Generatoren: der Mitmaschine, mit der das Mitsystem auf einen bestimmten Wert geregelt wird, der Gegenmaschine, die zur Vernichtung des Gegen-systems dient, und der Nullmaschine, mit der die auftretenden Nullspannungen unterdrückt werden.

Der für die Erregung der Generatoren und des Synchronmotors notwendige Gleichstrom wird einem getrennt angetriebenen Erregeraggregat entnommen.

Die Generatoren arbeiten normal über Transformatoren als Zusatzmaschinen auf das Netz. In Abhängigkeit von Größe und Phasenlage der am Speisepunkt auftretenden Gegen- und Nullspannungen werden über Vor- und Kraftverstärker die Generatoren so gesteuert, daß nur das symmetrische Mitsystem übrigbleibt und auf einen bestimmten Wert konstant gehalten wird. Die Regelpgenauigkeit beträgt auch hier  $\pm 0,05\%$ . Als Normal für die Spannungsregelung wird wieder ein Stabilisator benutzt. Regler und Verstärker sind in ein Bedienungspult eingebaut.

Sollen nicht alle sechs Spannungen des vollständigen Dreh-systems geregelt werden, sondern nur die verketteten, arbeitet die Einrichtung im Dreieck, und die Nullmaschine mit den zugehörigen Reglern fällt fort.

Durch Verwendung eines Gleichstrommotors als Antriebsmaschine kann auch bei dieser Einrichtung gleichzeitig die Frequenz konstant gehalten werden. Die Drehzahlregelung des Gleichstrommotors erfolgt dann über einen Schwingungskreis mit den zugehörigen Vor- und Kraftverstärkern.

**Gleichstrom-Spannungskonstanzhaltung**

Die vom Gleichstromgenerator abgegebene Spannung wird über Siebketten den Vor- und Kraftverstärkern zu-

geführt. Der Erregerstrom des Generators wird von den Verstärkern so gesteuert, daß die abgegebene Gleichspannung mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,05\%$  konstant gehalten wird. Als normal werden auch hier Stabilisatoren verwendet. Der Antrieb erfolgt durch einen Drehstrom- oder Gleichstrommotor. Die Regler befinden sich in einem Bedienungspult.

Zur Regelung einer Dreileiter-Gleichstromspannung werden zwei Generatoren nebst den erforderlichen Verstärkern vorgesehen.

**Konstanzhaltung eines bestimmten Betriebsstromes bei Gleichstrom**

Bild 5 zeigt das Schaltbild einer Einrichtung zur Regelung auf konstanten Gleichstrom. In einem festgelegten Verbraucher wird der Strom des Generatorkreises mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,05$  konstant gehalten. Zu diesem Zweck wird der Spannungsabfall eines in Serie mit dem Verbraucher liegenden Widerstandes dem Vorverstärker zugeführt. Jede Änderung des Abfalles wird von hier auf den Kraftverstärker übertragen, der seinerseits den Erregerstrom des Nebenschlußgenerators steuert. Als Normal und als Spannungsquelle für den Anodenkreis des Vorverstärkers wird ein Synchronmotor angetrieben; den Erregerstrom für Motor und Generator liefert ein zweiter kleiner Gleichstromgenerator. Regler und Verstärker sind in ein Bedienungspult eingebaut.

Der Maschinensatz wird durch einen Synchronmotor angetrieben; den Erregerstrom für Motor und Generator liefert ein zweiter kleiner Gleichstromgenerator. Regler und Verstärker sind in ein Bedienungspult eingebaut.

Mit den vorgenannten Beispielen sind nicht alle Möglichkeiten erwähnt. Es können nicht nur alle elektrischen

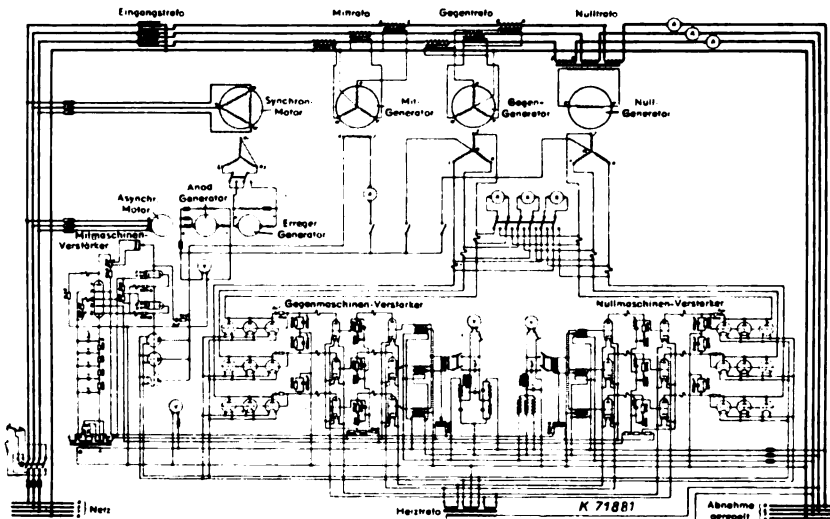


Bild 4. Prinzipschaltbild der Drehstromkonstanzhaltung für mehrere Verbraucher.

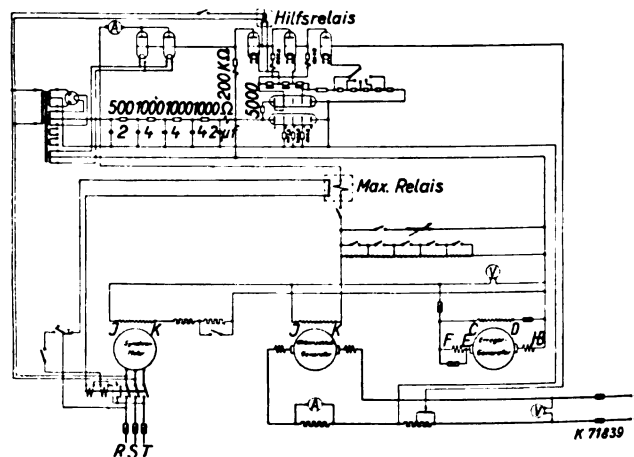


Bild 5. Konstanzhaltung eines bestimmten Betriebsstromes bei Gleichstrom.

Werte, sondern z. B. auch die Drehzahl von Maschinensätzen durch Röhrenregler konstant gehalten werden. Die äußere Ausführung ist grundsätzlich so getroffen, daß die Maschinensätze in einem besonderen Raum aufgestellt und von dem im Meßraum befindlichen Bedienungspult ferngesteuert werden. F. K e l b e VDE, Berlin

<sup>2)</sup> W. Beetz, Arch. techn. Messen Fig. 69, Z 732-2.

## NACHRICHTEN AUS DER INDUSTRIE

### Elektromaschinenbau

DK 621.313

Die neuentwickelten Getriebemotoren der Georgii Elektro-Motoren-Apparatebau-Kommanditgesellschaft, Stuttgart-S, ermöglichen durch Zusammenbau mit hochwertigen Getrieben in einem Leistungsbereich von  $\frac{1}{100}$  bis  $\frac{1}{8}$  PS die Erreichung von Drehzahlen von 1500 bis 15 U/min, so daß praktisch jede benötigte Drehzahl erreicht werden kann. Sowohl äußerlich als auch konstruktiv ist diese Getriebemotorenserie nach ganz neuzeitlichen Gesichtspunkten entwickelt worden. Besonders erwähnenswert ist der im Zuge der Umstellung auf Einzelantriebe herausgebrachte **Feinmechaniker-Motor** (Bild 1). Dieser stellt einen idealen Antrieb für alle Arten von Kleindrehtbänken und ähnlichen Werkzeugmaschinen dar. Sein Vorteil beruht darin, daß er mittels einer eingebauten Kegelreibkupplung mit jeder gewünschten Drehzahl in Betrieb genommen werden kann. Mit der Kupplung ist eine augenblicklich wirkende Stillsetzbremse verbunden, die eine beträchtliche Kürzung der Zurichtpausen erlaubt. Ein weiterer Vorteil ist die Betätigung mit dem Fuß. Schaltgeräte aller Art sind gegebenenfalls zweckmäßig durch Anbau mit dem Feinmechaniker-Motor vereinigen.

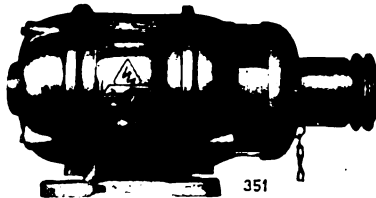


Bild 1. Der Feinmechaniker-Motor.

**Elektromotoren mit Friktionskupplung** werden hauptsächlich für den Einzelantrieb von Nähmaschinen bei Fließbandbetrieb genommen, denn bei diesem Betrieb muß neben weitgehender Geschwindigkeitsregelung geringste Anlaufzeit bis zur höchsten Geschwindigkeit und umgekehrt kürzeste Bremszeit bei Ausschalten der Kupplung gefordert werden. Die Firma Frankl & Kirchner, Mannheim-Neckarau, erreicht dies mechanisch mit einer Konuskupplung, die mit dem Motor ein Ganzes bildet.

Die Himmelwerk AG., Tübingen (Württemberg), hat in ihrem Fabrikationszweig Elektromaschinenbau den **Werkzeugmaschinen-Motor** herausgebracht (Bild 2). Es handelt

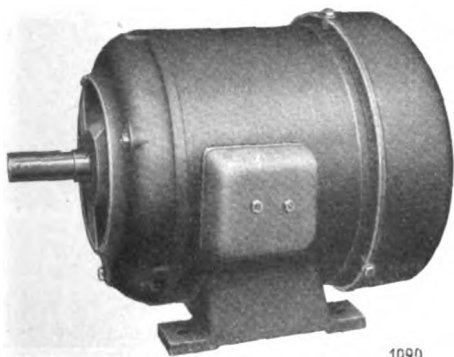


Bild 2. Werkzeugmaschinen-Motor.

sich dabei um Drehstrommotoren, deren äußere Gestaltung und elektrische Bemessung vollkommen auf die Erfordernisse des Werkzeugmaschinen-Antriebes abgestimmt sind. Die Fußabmessungen sind sehr gering, wobei besonders auf den kleinen Abstand der Bohrungen für die Befestigungsschrauben hin-

gewiesen sei. Weiterhin zeichnen sich die Werkzeugmaschinen-Motoren durch ihre glatte, Staubablagerungen verhindernde Oberfläche aus, sie werden als Fuß-, Flansch- und Anbaumotor sowie auch mit angebautem Schaltgerät hergestellt.

In den letzten Jahren wurde der Entwicklung von **vollautomatischen Notstrom- und Batterie-Lademachinesätzen** erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Hier wurden bei der Firma Hans Still, Hamburg, gänzlich neue Wege beschritten, und durch Ersatz aller sonst üblichen Relais durch rein mechanische Schaltvorrichtungen konnte eine von der bisher üblichen Bauart gänzlich abweichende Automatik geschaffen werden, die wesentliche Vorteile aufweist.

Die STILL-AUTOMATIK ist besonders robust, einfach und klein. Alle Störungsmöglichkeiten sind beseitigt, soweit das überhaupt möglich ist, und viele derartige Anlagen arbeiten seit Jahren störungsfrei als Notstromquellen für Luftschutzräume, Leuchtfeuer, Eisenbahnanlagen usw. Das Bild 3 zeigt

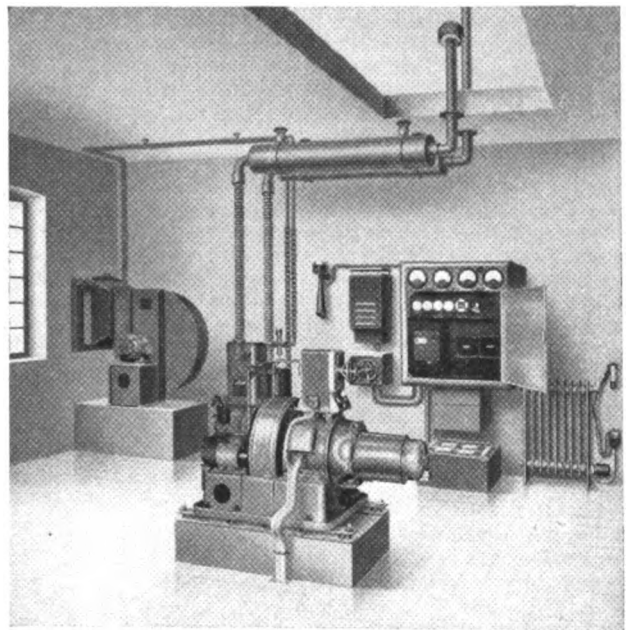


Bild 3. Vollselbsttätige Notstromanlage.

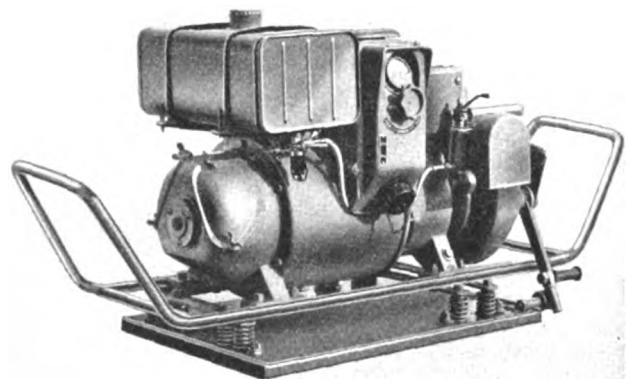


Bild 4. Tragbarer Benzin-Machinesatz.

eine vollständige vollselbsttätige Notstromanlage größeren Ausmaßes mit Ansauge- und Auspuffgeräuschdämpfung, Luftfilterung und getrennter Rückkühlanlage für den Antriebs-Dieselmotor. Ganz allgemein bearbeitet die Firma Still als Sondergebiet die Herstellung von ortsveränderlichen und feststehenden Maschinen zur Stromerzeugung. Insonderheit wird der Bau von tragbaren und fahrbaren Anlagen gepflegt. Das Bild 4 zeigt einen tragbaren Benzin-Maschinensatz, der bei 220 V eine Leistung von 1,5 kVA hergibt. Er erzeugt Wechselstrom und ist besonders für schnellen Einsatz geeignet. Der Ottomotor, mit der Wechselstromdynamo zusammengebaut, lagert auf einem besonders abgedeckten Rahmen, um die Erschütterungen und Schwingungen von der Unterlage fernzuhalten. An der rechten Seite des Ottomotors befindet sich der handbetätigte Anlaßhebel, in der Mitte über der Maschine sind der Spannungsregler und der Spannungsmesser aufgebaut. Bei der Konstruktion ist darauf Bedacht genommen, eine möglichst große Leistung auf kleinstem Raum unterzubringen.

Im Laufe der letzten Zeit sind einige deutsche Kabelwerke zur **Zellglas-Umspinnung** von Dynamodrähten übergegangen. Die Fa. Kalle & Co., Wiesbaden-Biebrich, hat ein wetterfestes Zellglas-Umspinnungsbändchen entwickelt, das sich unter Hitze (etwa 110°) und Druck selbst verklebt und dadurch den umspinnenden Leiter homogen umschließt. Dieses Bändchen kann in der Regel auf einer jeden in den Kabelwerken stehenden Maschine verarbeitet werden, lediglich entsprechende Heizelemente müssen vorgesehen werden.

Die Gründe, die zur Einführung dieses Isolationsmittels führten, waren weniger durch die Rohstoff-Fragen bedingt — die Zellglas-Umspinnung entsteht aus regenerierter Zellulose —, sondern durch die besonderen Eigenschaften des neuen Werkstoffes gegenüber Baumwolle und Lack. Ein Vergleich des Isolationswiderstandes zwischen Baumwolle und wetterfestem Zellglas ergibt einen zwei- bis dreifachen höheren Wert zugunsten des letzteren. Während z. B. Baumwolle im Wasser sofort ihre isolierenden Eigenschaften verliert, behält das wetterfeste Zellglas einen ausreichenden Isolationswiderstand. Die Hitzebeständigkeit des mit wetterfestem Zellglas umspinnenden Dynamodrahtes ist erheblich höher als bei der Baumwollisolation. Die Prüfung erfolgte bei einer Temperatur von 160° C 24 h lang. Es hat sich weiter gezeigt, daß eine Zellglas-Umspinnung gegen die Einwirkung von Säuredämpfen, Ammoniak und Seewasser unempfindlicher ist als eine Baumwollumspinnung; sie ist also auch als Tropenschutzisolation geeignet. Die Stärke der neuen Isolation entspricht ungefähr der der Seide; sie ist also geringer als bei der Baumwollisolation<sup>1)</sup>. Die Isolation ist außerdem sehr glatt und geschmeidig, so daß beim Einlegen der Spulen in die Nuten der Elektromotoren Zeit eingespart werden kann. Das Zellglas kann genau so wie ein baumwollisolierter Draht mit Imprägnierlack behandelt werden. Der Preis der Zellglas-Isolation liegt zwischen dem der Baumwolle oder Papier und dem der Seide oder Kunstseide.

Das letzte Jahr hat auf dem Gebiet der **Bürstenhalter** eine Reihe von Konstruktionsänderungen gebracht. Diese Entwicklung war bedingt durch das Bestreben, einfache und dadurch besonders zuverlässige und in der Herstellung wirtschaftliche Bauformen zu entwickeln. Der im Bild 5 gezeigte neue Halter für Drehstrommaschinen, der als Einfachhalter (Typ SE) und als Doppelhalter (Typ SED) von der Ringsdorff-Werke K. G., Mehlem, gebaut wird, zeichnet sich durch die einfache Befestigungsart der Kohlebürste aus. Sie wird durch Anziehen einer Schraube unverrückbar fest eingepreßt, so daß ein gut leitender Kontakt mit dem Halterschenkel und Stromband erzielt wird. Der Vorzug liegt darin, daß sich die Kohle sehr schnell und einfach auswechseln läßt und daß größere Toleranzen in der Maßhaltigkeit keinen nachteiligen Einfluß haben. Der Schenkel besteht aus einem Profilverteil, so daß man jede Halterausladung anfertigen kann. Ein kräftiger Anschlag am Klemmstück verhindert das Aufliegen des Halters auf dem Schleifring, falls die Kohle verschliffen ist. Beschädigungen sind dadurch ausgeschlossen. Auch die Halter für Gleichstrommaschinen weisen bemerkenswerte Neuerungen in der Ausführung der

Druckvorrichtung auf. Der bisher übliche Spannhebel für die Uhrfeder wurde durch eine Anordnung ersetzt, die wesentlich an Raum spart, wodurch eine gute Ausnutzung der Kommu-

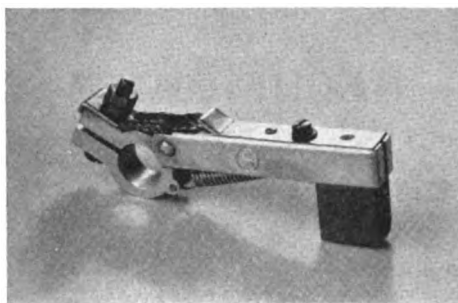


Bild 5. Bürstenhalter für Drehstrommaschinen.

tatorlänge ermöglicht wird. Sämtliche Halter werden aus devisensparenden Metallen gefertigt.

Die **Metall-Kapillar-Lager**, die besonders für elektrische Maschinen geeignet sind, werden aus Metallpulver bestimmter Körnung und Form gepreßt und anschließend gesintert. Es entsteht so ein sehr festgefügt, mit ausgebildeten Poren und Kanälen durchsetzter Körper. Die Hohlräume, die zur Aufnahme des Schmiermittels dienen, nehmen etwa 25 bis 30 % des Gesamtvolumens ein. Im Betrieb wird an die Welle eine der Gleitgeschwindigkeit und Belastung entsprechende Ölmenge abgegeben und nach Stillstand durch die Kapillarwirkung wieder aufgesogen. Die von der Ringsdorff-Werke KG entwickelten Lager sind somit praktisch selbstschmierend, bedürfen nur einer sehr geringen Wartung, laufen vollkommen geräuschlos und sind äußerst sauber im Betrieb. Sie werden aus Bronze und auch aus Eisen hergestellt, so daß sich ihr Anwendungsgebiet bedeutend erweitert, und werden einbaufertig oder als Halbrohling mit bearbeiteter Bohrung geliefert.

## Anlasser

DK 621.316.717

Ein schweres **Anlaß- und Regelgerät für Brikettpressenantriebe**, bei dem ein Höchstwert an Material- und Montagezeitersparnis gegenüber bisher üblichen Bauarten erzielt wird (Bild 1), hat das Sachsenwerk herausgebracht. Der Brikett-

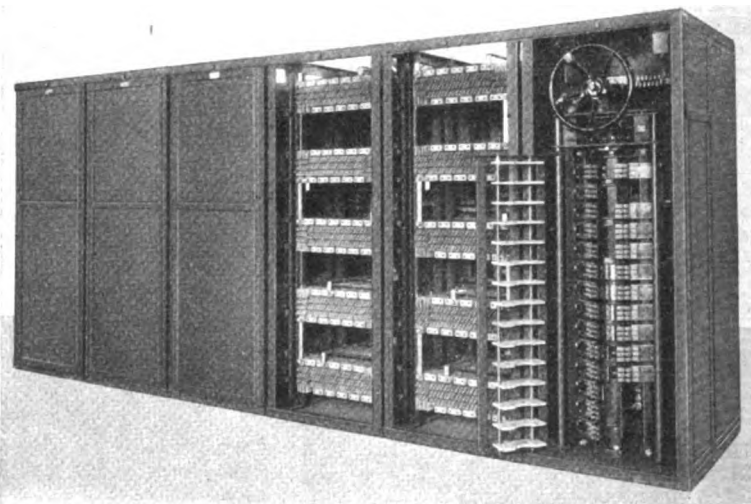


Bild 1. Anlaß- und Regelgerät für Brikettpressenantriebe.

pressenantrieb erfordert weitgehende Regelbereiche des Motors — bis 90% —, somit Vernichtung großer Wärmemengen beim Anpressen und bei Dauerregelung der Drehzahl. An Stelle der früher üblichen Ausführung einer Zusammenstellung der erforderlichen Widerstände durch Anhäufung einer großen Zahl einzelner Widerstandskästen zeigt das neue Gerät einen organischen Zusammenbau von Widerstandsblöcken und Regelsteuerwalze in einem gemeinsamen Gerüst, das völlig in der Werkstatt hergestellt werden kann. Sämtliche Verbindungen zwischen Anlaßgerät und Widerstandsstufen werden als Alu-

<sup>1)</sup> ETZ 58 (1937) S. 767.

miniumschienen auf keramischem Werkstoff schon in der Werkstatt fest verlegt, wodurch sich gegenüber früher eine außerordentlich einfache Montage und fast völliger Wegfall der Kabel großen Querschnitts zwischen Anlasser und Widerstand ergibt.

Die Anordnung des Anlassers direkt am Widerstand erfordert naturgemäß eine Fernsteuereinrichtung vom Pressenstand aus. Alle Steuer- und Meßgeräte sind auf einer staubdicht-gekapselten Schaltsäule vereinigt (Bild 2). Die vorgesehene Fernsteuereinrichtung ist ein vollwertiger Ersatz für die direkte Handsteuerung, indem jede beliebige Regelstufe als Dauerstellung gewählt werden kann. Zu diesem Zwecke befindet sich im Mittelstück der Schaltsäule ein Stellungswähler, mittels dessen man die Regelstellung wählen kann, zu der die Walze laufen soll. Auf den Anlaßstufen, die nicht für Dauerregelung eingerichtet sind, kann der Anlasser hingegen nicht stehen bleiben, was ein Vorteil gegenüber Handbetrieb ist. Die Aus-, Regel- und Ein-Stellung der Anlaßwalze werden durch Signallampen angezeigt.

Die Knorr-Bremse A. G., Berlin O 112, hat die schon an dieser Stelle<sup>1)</sup> beschriebene Anlaßrichtung „Albo-Knorr“ weiter entwickelt. Das charakteristische zwangsläufig-überstromfreie Anlassen kann dabei sowohl durch Hebelumlegen in Hand-schaltung als auch in Fernsteuerung mit Hilfe der Fernsteuerungsgeräte<sup>2)</sup> geschehen. Da das neue mit besonderer Anlaßkupplung und vervollkommneter Sterndreieckschaltung arbeitende Anlaßverfahren die Überstromfreiheit sogar beim Reversieren im vollen Lauf gewährleistet, und somit auch im Aufzugsbau gut verwendet werden kann, sind die Sicherheitsanforderungen, die im Aufzugsbetrieb zu berücksichtigen waren, in die Gestaltung des Gerätes mit einbezogen worden. Hierbei ist es gelungen, durch einen Drehmomentschalter die Lüftung der magnetischen Haltebremse in solche Abhängigkeit vom Drehmoment der eingerückten Kupplung zu bringen, daß unter allen Umständen gewährleistet ist, daß die Lüftung nur dann erfolgt, wenn die Kupplung auch wirklich zur vollen Drehmomententaltung gelangt oder der mechanische Zusammenhang zwischen Motor- und Schneckenwelle sichergestellt ist. Im Verein mit der Tatsache, daß die einmal eingerückte Kupplung im Laufzustande ihre Drehmomentübertragungsfähigkeit nicht nur nicht verlieren kann, sondern wegen des Drehzahlanstieges nur noch steigert, wenn der Motor beim Abwärtsgang, zum Asynchrongenerator werdend, die Sicherung gegen Durchgehen zu übernehmen hat, ist damit auch die Aufgabe nach der sicherheitstechnischen Seite voll gelöst.



Bild 2. Schaltsäule zum Brikettpressenantrieb.

2. absoluten synchronen Gleichlauf, bei dem die Winkelgeschwindigkeiten zweier Wellen genau die gleichen sind bzw. in einem genauen Verhältnis zueinander stehen. Als erschwerender Umstand kann die Forderung hinzutreten, daß auch die Wege (z. B. bei Verstellorganen) die gleichen sind, also zusätzlich Phasengleichheit bestehen muß. Die letztere Forderung entspricht bei der mechanischen Verbindung dem Wunsche nach großer Starrheit des Kuppelungsgliedes, d. h. es sollen keine elastischen Verdrehungen möglich sein.

In beiden Fällen besteht auch meistens die Forderung nach Gleichlauf während des An- und Auslaufes, desgleichen muß häufig auch eine Regelung des Drehzahlniveaus während des Betriebes möglich sein.

Beim Einsatz von Gleichlaufanordnungen ist zu unterscheiden zwischen einer technologischen Parallel- und Reihenschaltung. Während es sich bei der technologischen Parallelschaltung auch im Endziel meistens um einen Gleichlauf handelt, hat man es bei der technologischen Reihenschaltung vielfach mit einem Gleichzug- bzw. Gleichlastproblem zu tun.

Zur Lösung dieser Aufgaben stehen der Elektrotechnik zahlreiche Möglichkeiten offen. Für den angenäherten Gleichlauf genügt es, zur Drehzahlregelung Asynchronmotoren oder Gleichstrommotoren von einem gemeinsamen Generator aus (bei Drehstrom ein synchroner oder asynchroner Periodenformer) zu speisen. Diese Lösung findet man z. B. in der Textilindustrie beim Antrieb von Spinnzentrifugen. Auch wird sie gelegentlich bei Kesselhauslüftern, bei denen aus reserve-technischen Gründen die Leistung auf mehrere Einheiten aufgeteilt wird, verwendet. Bei den beschriebenen Antrieben handelt es sich um parallel verlaufende Arbeitsvorgänge.

Schwieriger liegen die Verhältnisse bei den Papiermaschinen. Das Kernproblem ist hierbei die Einhaltung eines konstanten Zuges (Reihenschaltung der Arbeitsvorgänge). Der angenäherte Gleichlauf der Gleichstrommaschinen in Leonard-schaltung muß hierbei durch eine zusätzliche Differentialregelung über eine Hilfswelle zu einem synchronen Gleichlauf gestaltet werden, wobei die Drehzahlen der Einzelwellen in einem festgelegten Verhältnis zueinander stehen.

So lassen sich noch die verschiedensten Forderungen aufstellen, die bei der Durchführung der Gleichlaufantriebe zu erfüllen sind. Sehr weitgehende Bedingungen sind z. B. hinsichtlich des synchronen Gleichlaufes bei den Antrieben von Hebevorrichtungen, Wehren, Hubbrücken, Schleusentoren und Flaschenblasmaschinen zu beachten.

Diese Aufgaben lassen sich in hervorragender Weise mit der „elektrischen Welle“ lösen, die im Gegensatz zum Regelantrieb mit Synchronmotoren auch bei kleinsten Geschwindigkeiten und im Stillstand die gleiche gegenseitige Lage zueinander gewährleistet. Sie entspricht in ihrer Wirkung der mechanischen Welle und kann im Falle langer Wellenverbindung sogar starrer ausgeführt werden als die mechanische.

Die elektrische Welle, für deren zweckmäßigen Einsatz sich die Siemens-Schuckertwerke weitgehend eingesetzt haben, wird aus zwei ständerseitig an das gleiche Netz angeschlossenen

Antriebe

DK 621.34

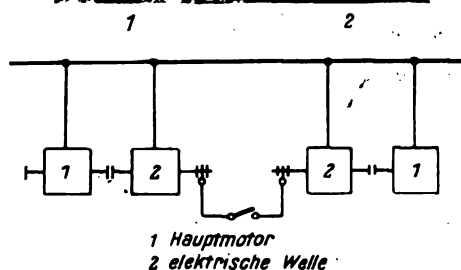
Die Entwicklung in der elektromotorischen Antriebs-technik vom Gruppenantrieb zum Einzelantrieb hat zur Folge, daß der mechanische Zusammenhang einzelner Maschinen bzw. Arbeitswellen in Fortfall kommt, und jede Maschine bzw. Arbeitswelle einen besonderen Motor als Antrieb erhält. Aus der Art des Arbeitsvorganges ergibt sich hieraus u. a. vielfach die Forderung nach Gleichlauf, für den sich z. T. sehr unterschiedliche Aufgabestellungen ergeben. Die elektromotorische Antriebstechnik ist bestrebt, in erster Linie diese Probleme auf elektrischem Wege zu lösen.

Man unterscheidet:

- 1. angenäherten, man könnte sagen asynchronen Gleichlauf, wobei kleine, durch den natürlichen Schlupf der Nebenschlußmaschinen gegebene Unterschiede zulässig sind,



Bild 1. Grund-schaltung der elektrischen Welle und Ansicht eines Gleichlaufsatzes.



Schleifringläufermotoren gebildet, deren Schleifringe miteinander verbunden sind (Bild 1). Da die Läuferspannungen gleich groß sind, heben sie einander auf, falls die Wicklungs-

<sup>1)</sup> Obermoser, ETZ 57 (1930) S. 653.  
<sup>2)</sup> ETZ 60 (1939) S. 275.

achsen der beiden Läufer die gleiche Lage zum Ständer haben. Wird jedoch der eine Läufer aus dieser Lage herausgedreht, so entsteht, da die Spannungen in der Phase verschoben werden, eine Differenzspannung, die einen Ausgleichstrom bewirkt, welcher bestrebt ist, die Läufer in die ursprüngliche Lage zurückzuziehen. Die Motoren entwickeln also von sich aus kein Moment, sind jedoch bestrebt, die gegenseitige Läuferlage beizubehalten. Wird der eine Läufer angetrieben (Geber), so wird der andere Läufer (Empfänger) durch das synchronisierende Moment mitgerissen; er wird genau dieselbe Drehbewegung mitmachen. Eine gewisse Verdrehung wird sich mit Rücksicht auf die Notwendigkeit einer Differenzspannung einstellen. Sie entspricht der elastischen Verdrehung eines Wellengliedes. Zweckmäßig wird der Drehsinn der Läufer gegen das Drehfeld gewählt, da dadurch immer das Vorhandensein einer genügend großen Läuferspannung gesichert wird. Ein Betrieb mit synchroner Drehzahl im Umlaufsinn des Drehfeldes ist nicht möglich, da die Läuferspannung und damit auch die Differenzspannung Null werden. Auch in der Nähe dieser synchronen Drehzahl ist die Übertragung größerer Momente unmöglich. Man kann durch diese Anordnung mit einem Geber einen oder mehrere Empfängermotoren im Gleichlauf halten.

Außer der beschriebenen Möglichkeit, die elektrische Welle als kraftübertragendes Glied einzusetzen, ist es in gewissen Fällen vorteilhaft, sie als Ausgleichswelle zu gestalten. Zu diesem Zwecke werden die beiden Motoren der elektrischen Welle mit jeweils einem Hauptantriebsmotor, deren Gleichlauf gesichert werden soll, gekuppelt. Diese Ausgleichswelle verhindert nunmehr, daß bei ungleicher Belastung der beiden Antriebe verschiedene Geschwindigkeiten auftreten. Die Hauptmotoren sind gezwungen, gleiche Leistung aufzunehmen, da die Leistungsaufnahme einer Asynchronmaschine durch die Drehzahl bestimmt ist. Ist die eine Maschine stärker belastet, so wird ihr ein Teil der Leistung über die Ausgleichmaschinen vom minderbelasteten Motor zugeführt.

Unter Umständen ist es möglich, Antriebsmotor und Ausgleichmaschine zu vereinen. Schaltet man zwei Schleifringläufermotoren, die zugleich als Antriebsmotoren wirken sollen, auf einen gemeinsamen Läuferwiderstand von solcher Größe, daß sie etwa 15 bis 25% Schlupf aufweisen, so werden sie ebenfalls in der Lage sein, bei nicht allzu verschiedener Belastung im synchronen Gleichlauf zu arbeiten. Diese Schaltung wird bei dem Dreikrempelsatzantrieb verwendet. Im Hinblick auf die Schlupfverluste sind für die jeweils geforderten Antriebsbedingungen, z. B. bei großen Leistungen und Dauerbetrieb, gegebenenfalls wirtschaftliche Betrachtungen über die Zweckmäßigkeit dieser Lösung anzustellen.

Besondere Fragen des Antriebs sind bei der elektrischen Ausrüstung neuzeitlicher Molkereien zu beachten. Hier ist der Motor schwersten Beanspruchungen ausgesetzt, so daß der Bauart dieses Motors besondere Beachtung geschenkt werden mußte.

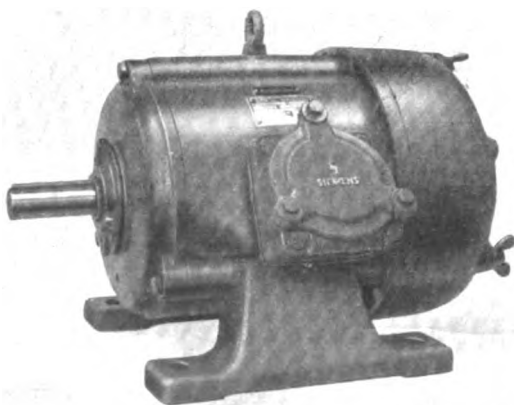


Bild 2. Molkereimotor. 4,8 kW, 1425 U/min.

Für die Hauptbetriebsräume, in denen außer der aggressiven Milchsäure auch Dämpfe und große Feuchtigkeit auf die Geräte einwirken, hat sich ausschließlich der geschlossene, oberflächenbelüftete Motor bewährt. Die Siemens-Schuckertwerke haben mit Rücksicht auf die große Zahl von Molkereien eine besondere **Molkerei-Motoren-Reihe** entwickelt, die praktisch der Idealform des sogenannten Molkerei-Motors gleichkommt (Bild 2). Die Gehäuseoberfläche dieses Motors ist vollkommen glatt, so daß nirgends Schmutzecken und damit Schimmel-

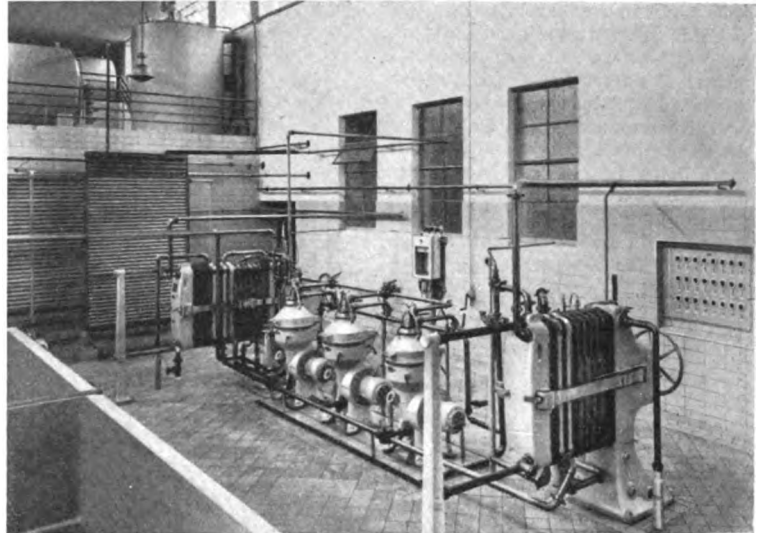


Bild 3. Eine neuzeitlich eingerichtete Molkerei. In der Mitte die Zentrifugen mit ihren Antriebsmotoren

herde entstehen können. Die Teile unter der Lüfterhaube sind mit einem bakterientötenden Lack „Batolin“ gestrichen. Die Haube ist außerdem mit Flügelschrauben befestigt, damit sie zwecks Reinigung jederzeit abgenommen werden kann. An der tiefsten Stelle des Gehäuses sind Abflußlöcher angebracht, die das Ansammeln von Kondenswasser wirksam verhindern. Diese Sondermotoren haben außerdem den bekannten dreiteiligen wasserdichten Klemmenkasten, bei dem die Motorzuleitungen in vier Richtungen angeschlossen werden können. Die Wicklung erhält zum Schutz gegen die außerordentliche Feuchtigkeit der Betriebsräume Sonderisolation.

Die Molkereimaschinen haben längst Elektro-Einzelantrieb erhalten, bei dem jede Maschine mit ihrem eigenen Motor ausgerüstet ist, der unabhängig von den anderen ein- und ausgeschaltet werden kann. Die Verbindung von Motor und Arbeitsmaschine ist bei den Molkereimaschinen durchaus gelöst. Als Beispiel greifen wir die Zentrifuge heraus, bei der die Welle des Antriebsmotors direkt mit der Arbeitswelle gekuppelt ist (Bild 3).

## Stromrichter und Transformatoren

DK 621.314.2 + 621.314.6

Der Trockengleichrichter hat heute auf verschiedenen Anwendungsgebieten den Maschinensatz und auch den Glasgleichrichter zufolge seiner Einfachheit in der Bedienung, und seiner langen Lebensdauer verdrängt. Die Firma Heliogen, Elektrotechnische Fabrik, Herm. Pawlik, Bad Blankenburg i. Thür. Wald, befaßt sich mit der Herstellung dieser Geräte, von denen hier einige Typen besprochen werden sollen.

Für die Zwecke der Notbeleuchtung baut die Firma **Notbeleuchtungs- und Paniklichtschaltgeräte** (Bild 1), die besonders auch für größere Luftschutzräume geeignet sind. Der besondere Vorteil dieser Notbeleuchtungsschaltgeräte liegt darin, daß sie alle erforderlichen Schaltelemente in sich enthalten, so beispielsweise den Notlicht-Speisetransformator, den Ladegleichrichter zur Wiederaufladung der Notlichtbatterie, die erforderlichen automatisch arbeitenden Relais und Schütze, und die Absicherung sämtlicher Notbeleuchtungsstromkreise. Die Bedienung erfolgt lediglich durch einen Zentralschalter in der denkbar einfachsten Weise, so daß das Gerät in jeder Hinsicht seinen Zweck voll und ganz erfüllt.

Für Gleichstromverbraucher, die einen gut geglätteten Gleichstrom benötigen, sind besondere Gleichrichtergeräte für

selbstregelnde Dauerladung mit Umschaltung auf Schnellladung von Heliogen entwickelt worden. Sie eignen sich vorzugsweise zur Speisung von Telephonbatterien. Die Geräte sind so bemessen, daß sie sich selbsttätig ungefähr der wechselnden Belastung der Batterie anpassen und somit auch im Dauerbetrieb keiner Wartung bedürfen. Die Batterie wird dadurch auf einem einstellbaren Spannungsbereich gehalten, so daß im allgemeinen jegliche Spannungsüberwachung der Batterie fort-

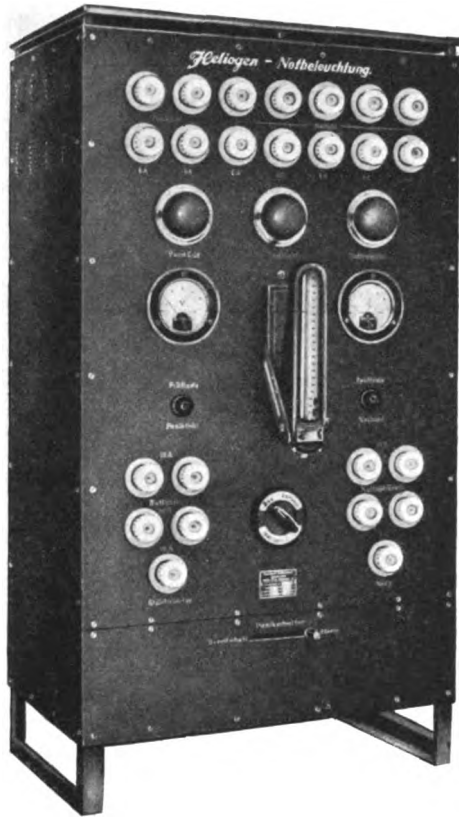


Bild 1. Notbeleuchtungsschaltgerät mit Transformator und Ladegleichrichter.

fallen kann. Sollte durch irgendwelche unvorhergesehenen Ereignisse, wie größere Netzspannungsschwankungen oder Netzstörungen, ein unzulässiger Spannungsabfall der Batterie eintreten, dann besteht durch den vorgesehenen Umschalter für Schnellladung jederzeit die Möglichkeit, die Batterie mit ihrer vollen Ladestromstärke in wenigen Stunden auf ihre volle Kapazität zu bringen.

Auch der **Selen-Trockengleichrichter** erobert immer mehr Gebiete, die früher ausschließlich den Glühkathoden- und Quecksilberdampf-Gleichrichtern vorbehalten waren. Mit Hilfe von zweckmäßigen Schaltungen (Bild 2) ist es der Süddeutschen Apparate-Fabrik GmbH., S. A. F., Nürnberg, gelungen, ein Ladegerät für Elektrokarren-Batterien zu schaffen, das 2 Batterien von je 80 V mit 30 A Anfangsladestrom nacheinander ohne Bedienung aufladen kann. Nach Anschluß beider Batterien an das Gerät erfolgt zuerst die Ladung der einen Batterie; ist deren Ladung beendet, so schaltet sich der Ladestrom selbsttätig von der ersten auf die zweite Batterie um. Bei beiden Batterien wird bei Beginn des Gasens der Ladestrom auf 40% des Anfangswertes herabgesetzt. Nach erfolgter Ladung der beiden Batterien schaltet sich das Gerät drehstromseitig vom Netz. Der Vorteil dieses Ladegerätes ist offensichtlich: Mit einem Gerät, dessen Leistung für nur eine Batterie bemessen ist, können in der Zeit der Arbeitsruhe ohne jegliche Überwachung zwei Batterien in selbsttätiger Folge nacheinander geladen werden. Auch bei nachfolgender langer Arbeitsruhe ist infolge der völligen Trennung vom Netz, im Gerät und in den Batterien jeder Leerlaufverlust vermieden.

Für die Speisung der Hochleistungs-Kinobogenlampen ist von derselben Firma u. a. auch ein Gerät für eine Gleich-

stromleistung von 32 V, 36/42 A hergestellt worden. Rundfunk-Sendeanlagen, bewegliche und ortsfeste Telegraphie- und Telephonie-Sender werden zweckmäßig durch Selen-Trocken-

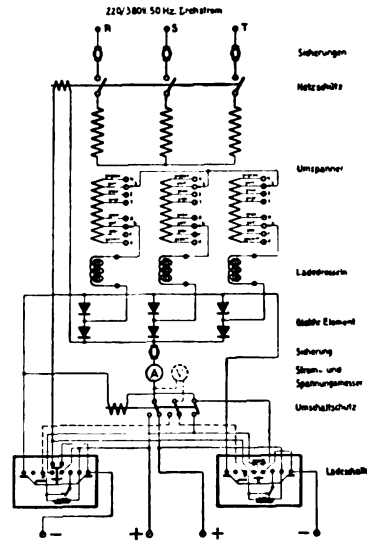


Bild 2. Schaltung zur selbsttätigen Ladung von zwei Batterien.

Gleichrichter gespeist. Entwickelt wurde ein kleines Sender-Speisegerät, das bei Anschluß an das Wechselstromnetz die Heizleistung von 12 V und 7,5 A und die Anodenleistung von 1400 V und 0,25 A bei 1% Restwelligkeit liefert. Das vollständige Gerät wiegt nur 55 kg bei einem Raumbedarf von 0,07 m<sup>3</sup>.

Ein ebenfalls neuer Kleinscheibengleichrichter wird gern in Meßventilen, Detektorventilen und Hochspannungsgleichrichtern verwendet. Es wurden Kleinflächen-Gleichrichter mit einer wirksamen Oberfläche von 7,5 mm<sup>2</sup> und 1 mm<sup>2</sup> geschaffen, die je nach Schaltung bis 5 und 10 mA bzw. 1 und 2 mA belastet werden können und je nach Spannungsforderung in zwei verschiedenen Aufbau-Ausführungen geliefert werden.

Für Fernsprech- und Funktechnik, insbesondere zur möglichst verlustarmen Leistungsübertragung, zur Transformation von Netzspannungen für Anodengleichrichter und zu raumeinsparenden Gerätebauten hat Rudolph Krüger, Telegraphen-Bauanstalt, Berlin, ein hochwertiges Bauteil, den **Transformator mit Ringkern**, entwickelt. Das Bild 3 zeigt eine solche Ringkernspule.



Bild 3. Ringkernspule, stehend auf Sockel mit seitlich unten angeordneten, biegsamen Lötanschlüßfedern bis zu 18 Anschlüssen.

Der Eisenkern als Kraftlinienleiter und zugleich als Spulenträger bietet gegenüber allen anderen Bauformen den einzigartigen Vorzug, daß das Blechpaket keine Stoßstellen aufweist und für seinen festen Zusammenhalt weder Niet- noch Schraubstellen bedarf, so daß der Querschnitt des Ringkernes für den Kraftlinienverlauf absolut gleichförmig bleibt. Außerdem wird ein Ringspulenkern von allen Windungen und Wicklungen stets vollständig und belastungsgemäß elektrisch auch absolut gleichmäßig überdeckt.

Die Ausnutzung des Wicklungsraumes über die Gesamtlänge des Eisenkernes hat ferner den Vorteil, daß auch die äußersten Windungen einer Spule dem Spulenkern günstig näherrücken und somit eine sehr feste Kopplung der Wicklungen zueinander ermöglichen. Die gleichmäßige Aufteilung aller Wicklungswindungen über den Ringkern schafft weiterhin eine gewisse Symmetrie des Spulenaufbaues und bietet die Möglichkeit, Streuwirkungen durch äußere Kraftlinienfelder in geeigneter Weise zu kompensieren. Sie sind daher für den neuzeitlichen Gerätebau von ganz besonderer Bedeutung, da sie raumsparend an beliebiger Stelle des Gerätes stehen, liegen, hängen und ohne Abschirmungen benutzt werden können. Für Lagerung und Befestigung bestehen verschiedene Möglichkeiten, ebenso für die Lötösen. Bei geeigneter konstruktiver Vorsorge ist auch der unmittelbare Anschluß der Wicklungsenden an andere Schaltteile im Gerät durchführbar.

Für Netzanschlußgeräte sind Transformatoren bis 800 V vorhanden; die sekundäre Gesamtleistung ist vorerst auf etwa 200 W begrenzt. Für Oszillographen werden Transformatoren bis 5000 V von Rudolph Krüger hergestellt.

### Hochspannungsschalter und -geräte

DK 621.316.54.027.3 : 621.316.9

Bei den heute im Vordergrund der physikalischen Forschung stehenden Atomzertrümmerungsversuchen werden die Atomkerne mit sehr schnellen Teilchen (Protonen, Deuteronen, Neutronen,  $\alpha$ -Teilchen) beschossen und dadurch umgewandelt. Diese Geschosse werden in Entladungsröhren bei hohem Vakuum unter der Einwirkung außerordentlich hoher Gleichspannung (bis zu 5 MV) erzeugt. Bild 1 zeigt eine derartige, rd. 4,1 m hohe Entladungsröhre aus Hartporzellan, die vor kurzem in der Hochspannungshalle der T. H. Dresden aufgebaut worden ist. Diese Röhre, zu der die Hescho (Hermsdorf-Schomburg Isolatoren-Gesellschaft, Hermsdorf, Thür.) das Porzellan geliefert hat, ist insofern besonders bemerkenswert, als sie aus vier Einzelteilen zusammengesetzt ist, die zwecks schneller Lieferung und Geringhaltung der Kosten der normalen Fertigung von Hochspannungsdurchführungen entnommen wurden. Die zylindrischen bzw. konischen Einzelteile von 815, 1010, 1100 und 1180 mm Höhe, deren lichter Durchmesser sich von 580 auf 265 mm verjüngt, sind in der üblichen Weise auf ihren Stirnflächen geschliffen und mit Rundgummi, das in die Rillen von eisernen Zwischenringen eingelegt ist, gegeneinander gedichtet. Auf die Eisenringe sind kleine Ansätze aus U-Eisen aufgeschraubt, die ein Verschieben der Einzelröhren quer zur Längsachse verhindern. Bolzen zum Aufeinanderpressen der Einzelteile wurden nicht vorgesehen, da zu dem an und für sich schon großen Gewicht der Porzellankörper zusätzlich noch ein hoher Preßdruck hinzukommt (etwa 3 t), wenn die Röhre evakuiert wird. Dieser Aufbau hat sich durchaus bewährt, da hiermit nach guter Entgasung der Metallteile ohne Schwierigkeit ein Hochvakuum von  $10^{-5}$  Torr erreicht wurde.

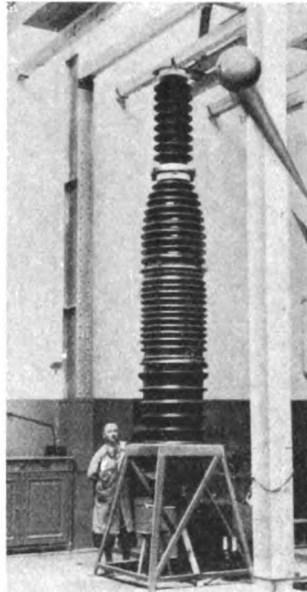


Bild 1. Porzellan-Entladungsröhre für Atomzertrümmerungsversuche.

Für hand- oder fernbetätigte Hochspannungsschalter entwickelte BBC Anbaukontakte, die auf die Betätigungs-welle aufsteckbar sind. Diese Hilfskontakte können in kürzester Zeit an jeder Schalterwelle angebracht und der Schließ- oder Öffnungszeitpunkt der Kontakte durch Verstellen der

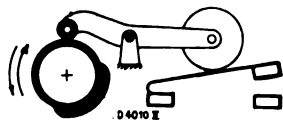
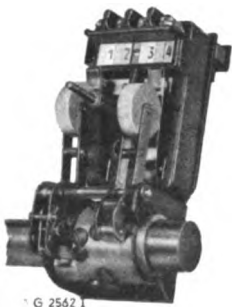


Bild 2. Anbaukontakte für Hochspannungsschalter mit verstellbaren Nockenringen. Rechts ein Querschnitt (Schema).

Nockenringe eingestellt werden (Bild 2). Die Annehmlichkeit der leichten Montage ist besonders bei Ergänzung fertiger Anlagen ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Auch die genaue Einstellung der Kontakte, wozu es nur eines Schraubenziehers bedarf, und die für jeden Kontakt für sich vorgenommen wird, unterscheidet diese Bauart von den meisten vorausgegangenen.

Die Weiterentwicklung im Leistungsschalterbau steht bei der Firma Voigt & Haeffner A.G., Frankfurt a. M., nach wie vor im Zeichen des Strömungsprinzips, das im Druckausgleich-



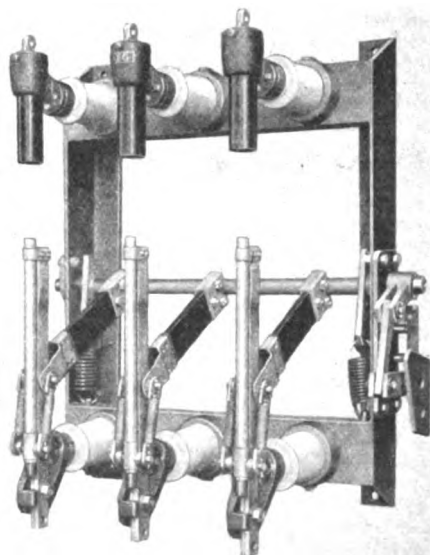
Bild 3. Strömungslosch-kammer eines Druckausgleichschalters.

schalter mit Strömungslöschkammer eine außerordentlich erfolgreiche Anwendung gefunden hat. Ohne den von Anfang an beschrittenen Weg zu ändern, wurde die Serie der Druckausgleichschalter um eine Typenreihe vermehrt, die durch einige Spitzenwerte, wie 600 MVA bei 6 kV und 6000 A Nennstrom, gekennzeichnet sei. Die Tatsache, daß mit nur wenigen Löschkammergrößen allen Anforderungen, die heute die elektrische Energieversorgung stellt — sei es an Strom, Spannung oder Leistung —, nachgekommen werden kann, beweist auch rein physikalisch betrachtet die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges. Es handelt sich hierbei bekanntlich um die Strömung einer Isolierflüssigkeit in unmittelbarer Nähe des Lichtbogens, die durch einen Differentialkolben in der Löschkammer (Bild 3) erzeugt wird. Die außerordentlich kräftige Kühlung und Isolierung durch diese Flüssigkeit beschränkt den Lichtbogen räumlich und zeitlich so stark, daß die freierwerdende Schaltarbeit sehr klein bleibt und der durch sie verursachte Druck sich innerhalb der Strömungslöschkammer ausgleicht, eine Erscheinung, die dem Druckausgleichschalter seinen Namen gegeben hat.

Neben den Leistungsschaltern müssen auch die Trennschalter den thermischen und dynamischen Beanspruchungen der höchsten auftretenden Kurzschlußströme gewachsen sein. Außer den allgemein bekannten Messertrennschaltern mit Flächenkontakten werden seit mehreren Jahren für hohe Kurzschlußbeanspruchungen Lamellen-Schubtrennschalter mit Linienkontakten verwendet. Zu diesen zwei Trennschalterbauarten gesellt sich nun noch

eine dritte mit Punktkontakten, die ähnlich wie der Messertrennschalter aufgebaut ist und eine weitere Verbesserung in thermischer und dynamischer Hinsicht bringt.

Der von der AEG entwickelte Hartgasschalter, bei dem die zur Löschung des Lichtbogens erforderlichen Löschgase in



K 62369 a

Bild 4. Hartgas-Leistungstrennschalter (kompressorlos).

fester Form bereitgestellt sind und erst durch die hohe Temperatur des Lichtbogens aus den Wandungen der Schaltkammer freigemacht werden, kann infolge seiner hervorragenden Betriebseigenschaften, wie Fehlen jeglicher Flüssigkeit, ständige Betriebsbereitschaft und bequeme Kontrollmöglichkeit, als idealer Schalter in unbedienten Stationen angesehen werden. Diese Hartgasschalter werden für Reihe 10 und 20 in zwei Ausführungen hergestellt, und zwar als Leistungsschalter Bauform CKL sowohl mit 100 als auch mit 200 MVA Abschaltleistung und als Leistungstrennschalter Bauform CLT mit 20 bzw. 50 MVA. Diese Leistungstrennschalter können mit Sicherungen hoher Abschaltleistung kombiniert werden, wobei durch die Schlagwirkung des Abschmelzkennzeichens auf ein Auslösegestänge erreicht wird, daß bei Durchschmelzen einer Sicherung der Schalter allpolig auslöst. Die Betätigung der Schalter erfolgt von Hand mittels Schnelleinschaltung, durch einen Motor oder durch einen Druckluftantrieb. Neu entwickelt wurde der preiswerte Leistungstrennschalter CLT 5 (Bild 4) mit 5 MVA Abschaltleistung, der keine Schnelleinschaltung besitzt und auch mit einer Schaltstange betätigt werden kann.

Die guten Erfahrungen, die beim Hartgasschalter mit dem gasabgebenden Stoff gemacht worden sind, haben die AEG veranlaßt, auch die Blasfunkenstrecken mit diesem Baustoff auszustatten. Diese Blasfunkenstrecken, sinngemäß **Hartgasableiter** genannt, die zum Schutz der Freileitungen mit starr geerdetem Sternpunkt einen erfreulichen Fortschritt bedeuteten, gewinnen in Deutschland erhöhtes Interesse für den Schutz kleiner Stationen, in denen die Beschaffung von Überspannungsableitern wirtschaftlich nicht tragbar ist. Eine solche Blasfunkenstrecke besteht aus einem Rohr aus Isolierstoff, in das von oben eine Metallelektrode eintaucht und unten ein Metallring als Gegenelektrode angebracht ist. Beim Ansprechen werden durch die Einwirkung des der Überspannung nachfolgenden Betriebsstromes Gase aus den inneren Rohrwandungen freigemacht, so daß der Lichtbogen nach unten ausgeblasen und nach zwei bis drei Halbperioden unterbrochen wird. Die Hartgasableiter werden für Spannungen bis 120 kV hergestellt. Bild 5 zeigt einen Ableiter dieser Spannung, an einen Langstabisolator angebaut.

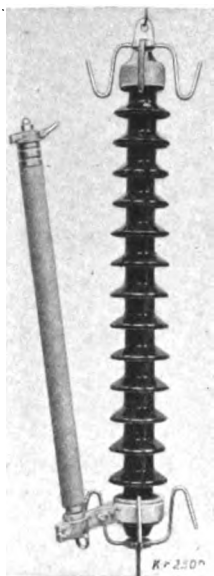


Bild 5. Anbau eines 115 kV-Hartgasableiters an einem Langstabisolator.

In Transformatoren- und Schaltstationen werden heute vielfach **Leistungstrennschalter mit Hochleistungsicherungen** verwendet. Um möglichst an Raum zu sparen, werden die Sicherungen verschiedentlich über oder unter den Leistungsschalter gesetzt. Diese Anordnung setzt aber in jedem Falle eine große Bauhöhe der Zelle voraus, besonders dann, wenn der Transformator mit in derselben Zelle untergebracht werden soll. Eine praktische und raumsparende Anordnung ergibt sich dann, wenn die Sicherungen in halbschräger Lage vor dem Leistungsschalter angebracht werden. Die Löschkammern sind dabei gleichzeitig Träger der Sicherungen. Die schräge Lage der Sicherungen gestattet gleichzeitig ein bequemes Auswechseln, die bei Anordnung hinter dem Schalter und in ausgeschalteter Stellung desselben dann spannungsfrei sind, sofern Rückspannung nicht besteht. Diese Anordnung der Firma Rheostat-Habege, Dresden, ist aus Bild 6 ersichtlich. Bei Anordnung der Sicherungen vor dem Schalter werden diese an dem oberen Teil des Schalters befestigt. Im allgemeinen ist dann die Bauhöhe von Sicherung und Schalter zusammen nicht größer, als der Schalter allein in ausgeschalteter Stellung bereits ist.

In Sammelschienenanlagen, Verteilungstützpunkten, Abzweigen für wichtige Industrien werden **Leistungsschalter oft für Fernbetätigung** eingerichtet. Da sie auch als Kuppelschalter verwendet werden, muß die Einschaltvorrichtung zum Parallelschalten geeignet sein. Neben den bekannten Leistungsschaltern baut Rheostat-Habege in zweckmäßiger Anordnung elektrische Fernantriebe zum Anbau an Strömungs-

schalter und Ölschalter. Allgemein werden die elektrischen Fernantriebe an der Bedienungswand angebracht, wobei ein einfaches Gestänge die Verbindung zu der Kurbel am Leistungsschalter herstellt. Durch die an den elektrischen Fernantrieben noch unmittelbar angebrachten optischen Schaltstellungs-

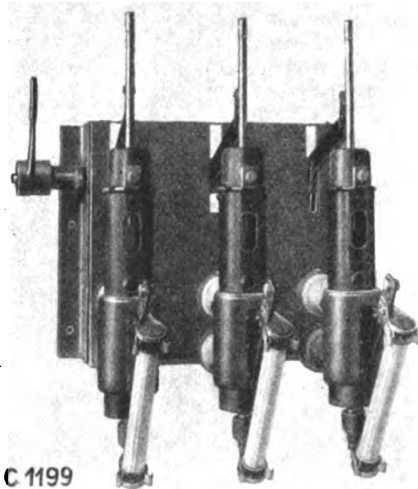


Bild 6. Leistungsschalter mit raumsparender Anbringung einer Hochleistungsicherung.

anzeigen EIN — AUS und Druckknöpfe EIN — AUS ist vom Bedienungsgang aus die Schalterstellung ersichtlich, und der Schalter kann im Bedarfsfalle auch von da eingeschaltet werden, ohne auf die Handnotschaltung angewiesen zu sein. Da diese Fernantriebe eine Freiauslösung

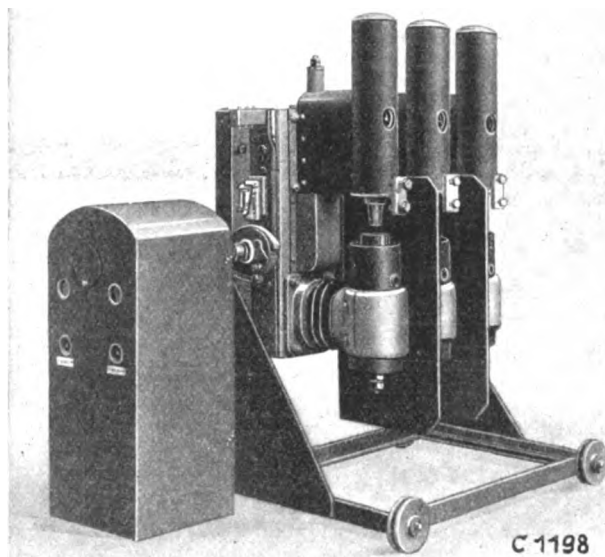


Bild 7. Leistungsschalter mit Magnetfernantrieb an der Schalterwelle.

nicht enthalten, ist auch der Anbau an bereits vorhandene Leistungsschalter möglich. Auch können diese motorischen oder magnetischen Antriebe unmittelbar unter dem Strömungsschalter an der gleichen Wand oder in Verlängerung der Schalterwelle vor demselben (Bild 7) angebracht werden.



Als Sicherheitsvorrichtung für Hochspannungs-Schaltanlagen und Freileitungen hat die Firma Karl Pfisterer in Stuttgart - Untertürkheim **Kurzschluß - Erdungsvorrichtungen** entwickelt, die den Vorschriften VDE 0105 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen“ entsprechen. Für Schaltanlagen werden Erdungsseile aus hochflexibler Kupferlitze mit drei Phasen- und einer Erdungsklemme geliefert. Bild 8 zeigt eine mit dem Erdungsseil kurzgeschlossene und geerdete Hochspannungszelle. Das Seil kann von Hand an Rund- oder Flachleiter beliebigen Werkstoffes angeklemt werden; das leicht bewegliche Seil ermöglicht eine universale Verwendung.

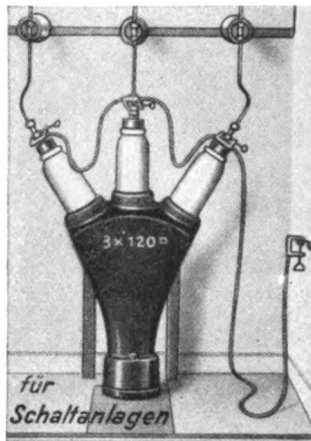


Bild 8. Hochspannungszelle mit Erdungsseil.

Eine vorteilhafte Neuerung der gleichen Firma und ein wesentlicher Fortschritt zur Verhütung von Unglücksfällen ist das Erdungsseil mit **Erdseilschlüssel**<sup>1)</sup>. An einer der Phasenklammern ist ein Schlüssel zum Öffnen der Türen oder Schranken, die als Absperrung der Hochspannungszellen dienen, fest angebracht. Um die Zelle betreten zu können, muß der Betreffende zuerst das Erdungsseil bei der Hand haben. Der Mann öffnet mit dem Schlüssel und Schutzgerät zugleich ausgerüstet die Zelle. Es wird also in jedem Fall dem Verantwortlichen das Sicherheitsgerät zwangsmäßig in die Hand gegeben. Der weitere Vorteil liegt in der örtlichen Bindung des Erdseiles. Muß durch irgendwelche Umstände eine weitere Hochspannungszelle in einer Anlage abgeschaltet werden, so holt der mit der Schaltung Beauftragte ein zweites Erdseil, öffnet mit demselben die Schranke oder Tür und bringt das neue Erdseil richtig an. Dieses Verfahren ist durch die VDE-Vorschriften — Abschalten — Erden — Kurzschließen — festgelegt. Durch Ausrüstung der Schaltanlagen mit

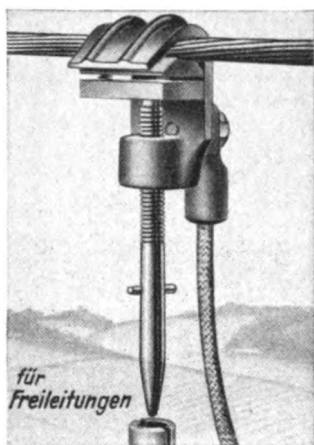


Bild 9. Erdungsklemme für Freileitungen.

Kurzschlußerdungsseilen mit Erdseilschlüssel wird eine größtmögliche Sicherheit des Betriebspersonals beim Arbeiten an Starkstromanlagen erreicht. Es wird auch die menschliche Unzulänglichkeit, welche aus Unachtsamkeit oder Nachlässigkeit zu jährlich vielen Unglücksfällen in Hochspannungsanlagen führt, durch diesen sicheren Schutz behoben.

Bild 9 zeigt ein weiteres Erzeugnis der Firma Karl Pfisterer, eine abnehmbare **Erdungsklemme** (Stromabnahmeklemme), besonders für Freileitungen. Diese Erdungsklemmen werden mit einer **Betätigungsstange** aus Hochspannungsisolierrohr auf dem Leiter festgeklemmt und abgenommen. Vollständige Freileitungs-Erdungsvorrichtungen bestehen aus drei Erdungsklemmen, einer Betätigungsstange und dem Erdseil, dessen drei Phasenäste sich zu einer gemeinsamen Erdableitung vereinigen.

## Leitungen und Isolatoren

DK 621.315

In der neuzeitlichen Höchstspannungskabeltechnik, gekennzeichnet durch die Einführung des Öl- und Druckkabels,

mußten auch bezüglich der Garnituren neue Wege beschritten werden. Bildeten diese für das Ölkabel mit seinen mäßigen Drücken, die durch die Widerstandsfähigkeit des Bleimantels bedingt sind, in mechanischer Hinsicht kein Problem, so ändert sich dieses Bild insbesondere für die Endverschlüsse der Druckkabel, in denen betriebsmäßig Drücke von 15 atü auftreten. In der ersten Zeit verwendete man allgemein die mechanisch einwandfreien Hartpapier-Endverschlüsse, die für Freiluftaufstellung mit einem Riesenüberwurf aus Porzellan versehen wurden. Dadurch erhielt man aber nicht nur räumlich eine schlechte Ausnutzung des Platzes, sondern auch in preislicher Hinsicht wirkte sich die Belastung besonders für kurze Kabelstrecken sehr ungünstig aus. Daher bringt das Hochspannungswerk Hohenbrunn der Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft in Gemeinschaftsarbeit mit der daran interessierten Kabelindustrie **Endverschuß-Isolatoren aus Porzellan** (Bild 1) auf den Markt, die in mechanischer Hinsicht den scharfen, daran zu stellenden Anforderungen gewachsen sind. Sorgfältigste Untersuchungen und eingehende elektrische Prüfungen dieser auf genaues Maß geschliffenen, für kittlose Befestigung vorgesehenen Isolatoren garantieren für ihr unbedingt betriebssicheres Verhalten. Ihr Prüfdruck beträgt 45 atü. Diese keramische Leistung war nur möglich auf Grund der jahrelangen Erfahrungen in der Herstellung druckfester Isolatoren für Druckluft-

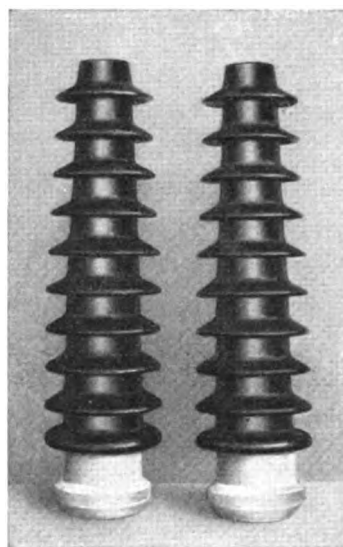


Bild 1. Porzellan-Endverschuß-Isolatoren.

Schnellschalter und Druckgas-Freistrahlschalter, von denen verschiedene Ausführungsformen der Luftführungen sogar Prüfdrücke von 100 atü aushalten müssen. Für derartig hochbeanspruchte Teile wird als Werkstoff Steatit verwendet, dessen besonders hohe mechanische Festigkeit hierbei ausgenutzt wird.

In Hochspannungs-Freileitungen werden bekanntlich die keramischen Teile der Hänge-Isolatoren durch den Einbau von

Lichtbogen-Schutzarmaturen geschützt. Dies ist insbesondere unerlässlich bei Langstab-Isolatoren, bei welchen der keramische Teil nicht vom Lichtbogen berührt werden darf. Die bisher verwendeten Ring- und Horn-Schutzarmaturen bieten nicht immer eine Gewähr dafür, daß der Lichtbogen den keramischen Teil der Isolatoren nicht trifft. Die Porzellanfabrik Joseph Schachtel Aktiengesellschaft, Sophienau, hat eine neue **Lichtbogen-Schutzarmatur** für Hängeisolatoren herausgebracht. Diese Armatur besteht nicht aus schrägebogenen Hörnern, sondern, wie aus Bild 2 ersichtlich, aus Spiralen. Durch diese spiralförmige Ausbildung der Schutzhörner wird beim Auftreten eines Lichtbogens zwischen den Schutzarmaturen durch den Strom ein starkes magnetisches Feld erzeugt, welches den Lichtbogen schnell und sicher nach außen treibt und zum Abreißen bringt. Versuche, welche mit Hochleistungs-Lichtbögen durchgeführt wurden, haben den Beweis erbracht, daß diese Spiral-Lichtbogen-



Bild 2. Lichtbogen-Schutzarmatur für Hängeisolatoren.

<sup>1)</sup> O. Eisenmenger, ETZ 60 (1939) S. 1367.

Schutzarmaturen den Isolator sicher gegen auftretende Lichtbögen schützen. Beim Anbringen dieser Schutzarmaturen genügt es, wenn nur die unteren Schutzhörner aus Spiralen bestehen. Als oberer Schutz können bisher gebräuchliche Armaturen verwendet werden.

Bei **Starkstromkabeln** über 35 mm<sup>2</sup> Querschnitt des Einzelleiters pflegt man diesen aus Einzeldrähten durch Verseilung herzustellen. Natürlich ist der Durchmesser eines solchen Leiters, verglichen mit dem Durchmesser eines Massivleiters gleichen Querschnitts, merkbar größer, was sich in einem Mehrverbrauch an Isolierstoffen für den einzelnen Leiter, also an Papier und Tränkmasse, sowie in einem Mehrverbrauch an Blei für den Bleimantel und an Eisen für die Armierung auswirkt. Man kann damit rechnen, daß die Durchmesservergrößerung des Kabels bei einigen gängigen Typen über 10% beträgt. Dies trifft insbesondere zu auf Kabel mit sektorförmigem Leiter, bei denen an sich schon eine günstige Ausnutzung des Raumes innerhalb des Kabels vorhanden ist. Mit Rücksicht auf die Notwendigkeit der Ersparnis von Werkstoff ist es geboten, Starkstromkabel auch mit Leitern über 35 mm<sup>2</sup> mit Massivleitern herzustellen. Wenn man Sektorleiter für große Querschnitte, beispielsweise für 150 mm<sup>2</sup>, aus Massivleitern aufbauen will, so ist es nach einem Vorschlag der Deutschen Kabelwerke AG., Berlin, zweckmäßig, den Einzelsektor aus Teilsektoren aufzubauen, wie dies aus Bild 3 ersichtlich ist.

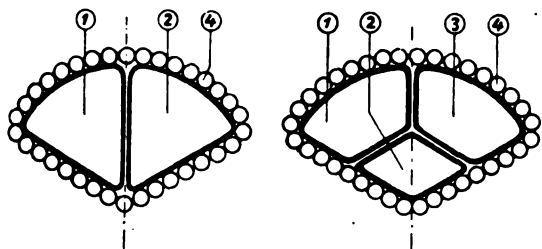


Bild 3. Starkstromkabel mit massiven Teilsektoren.

In diesem Bild sind die massiven Teilsektoren 1 und 2 bzw. 1, 2 und 3 miteinander verseilt und durch eine gemeinsame Bandage, bestehend aus einer Lage Runddrähte 4, zusammengehalten. Die so aufgebauten Leiter werden in der üblichen Weise isoliert und dann miteinander zum Kabel verseilt. Neben einer Minderung des Durchmessers durch bessere Ausnutzung des Raumes haben solche Massivleiter den Vorteil, daß sie in einer etwas höheren spezifischen Leitfähigkeit hergestellt werden können, als es bei den Einzeldrähten eines Litzleiters der Fall sein kann. Es ist bekannt, daß die Leitfähigkeit von Aluminium mit seiner Weichheit zunimmt. Die runden Einzeldrähte, aus denen die Sektorleiter der üblichen Starkstromkabel aufgebaut sind, können aber nicht in beliebiger Weichheit verwendet werden, da sie die Kräfte des Verseilens und Verformens aushalten müssen. Die Teilsektoren, aus denen gemäß unserem Vorschlag der Sektorleiter besteht, können aus äußerst weichem Aluminium, d. h. einem Aluminium sehr hoher Leitfähigkeit, gemacht werden, da die Querschnitte immer noch groß genug sind, um die mechanische Beanspruchung des Bebanderns mit Papier und des Verseilens auszuhalten.

Eine aus dünnen Isolierstoff-Folien bestehende Isolation, die nach besonderen Verfahren unter gleichzeitiger Anwendung von Klebstoff und Wärme um elektrische Leiter längs geschmiegt ist<sup>1)</sup>, bringt im Hinblick auf die Rohstoffersparnis große Vorteile. Diese Isolationsart ist der Fachwelt unter dem Namen **Dekafolisolation** bekannt geworden und wird ebenfalls von den Deutschen Kabelwerken, Berlin, hergestellt. Mittlerweile ist eine Reihe von Untersuchungen abgeschlossen worden, welche bestätigt haben, daß die Drähte sich gerade als Dynamo-drähte an Stelle von Drähten mit einer Besserpinnung aus Baumwolle oder Seide oder an Stelle von Lackdrähten bewähren. Dekafoldröhte können z. Z. mit Zunahmen von 0,03 mm an aufwärts hergestellt werden. Ein **Dekafolddraht** mit einer Isolationsschicht aus Zellulosetriazetat von etwa 0,11 mm Zunahme, d. h. einer isolierenden Wandstärke von 0,055 mm, zeigte gegen einen blanken Metallzylinder, auf dem er aufgewickelt und auf dem er mit einem Gewicht von 1 kg festgezogen war, eine Durchschlagsspannung von im Mittel 5,6 kV, wobei bei einer großen Zahl von Prüfungen kein einziger Ausfall

zu verzeichnen war. Diese ungewöhnlich hohe Durchschlagsspannung, verbunden mit der hohen Fehlersicherheit, die durch das Isolierverfahren bedingt ist, ist eines der wichtigsten Kennzeichen des neuen Drahtes. Hinzu kommt die hohe Wärme-festigkeit, die so groß ist, daß der Draht, der in einem Bügel um einen blanken Metallzylinder gelegt und an diesen mit einem Zug von 2 kg angepreßt war, kein Durchdrücken der Isolation zeigte, auch wenn man die ganze Anordnung 48 Stunden und länger bei 155° C im Trockenschrank aufbewahrte. Demzufolge hält der Draht auch die üblichen Tränk- und Trockenverfahren für Spulenwicklungen und auch die üblichen Vulkanisationstemperaturen für Gummi ohne Beschädigung aus. Mechanisch verhält sich der Draht ähnlich wie ein guter Lackdraht. Die aus den Drähten hergestellten Spulen und Wicklungen für Motoren haben sich auf das Beste bewährt. Es bedarf lediglich bei der Herstellung von Wicklungen, die bisher mit Baumwoll- oder Seidendrähten gefertigt wurden, einer etwas anderen Tränk- und Trockentechnik, da naturgemäß eine saugfähige Isolation aus Textilien sich hier etwas anders verhält als die glatte dünne, nicht saugfähige Dekafolisolation.

### Installationstechnik

DK 621.315/316

Die Firma Elektro-Mechanik Heinrich List, Teltow, hat eine Reihe von hochwertigen elektrischen Kleinbauteilen für Niederspannung bei geringstem Raumbedarf entwickelt, welche vorzugsweise für die Bordinstallation von Flugzeugen bestimmt sind. Es sind dies **Kippschalter, Druckknöpfe, Schanzeichen, Kleinsampenfassungen und Sicherungsfassungen**. Die genannten Bauteile verbinden hohe Funktionssicherheit mit größter Schützelfestigkeit, wodurch sie sich besonders für rauhen Betrieb eignen. Mit Rücksicht auf die bei Bordnetzen üblichen niedrigen Spannungen und dementsprechend höheren Ströme werden geringste Spannungsabfälle bei den Kontaktstellen eingehalten. Bild 1 zeigt beispielsweise einen Schaltkasten, bei welchem mehrere dieser Bauteile verwendet sind. Es sei erwähnt, daß mittels eines einzelnen Kippschalters, dessen Schalterkasten die Abmessungen von 37 · 17 · 26 cm besitzt, Ströme bis zu 2 · 30 A bei max. 40 V und 1% Induktivität im Gleichstromkreis geschaltet werden können. Die Beherrschung großer Stromstärken bei besonders geringen Spannungsabfällen unter den übrigen erschwerenden Betriebsbedingungen im Flugzeug ist das Hauptmerkmal dieser Einbauteile.

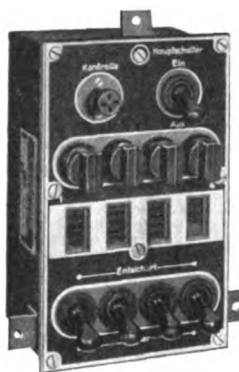


Bild 1. Schaltkasten für die Bordinstallation mit verschiedenen Kleinbauteilen.

Aus den Erzeugnissen der Firma Kaiser & Spelsberg, Schalksmühle, sei eine neuartige **ovale Isolierstoff-Leuchte** herausgegriffen, die sowohl in End- als auch in Durchgangsbauweise verwendet werden kann. Die gegenüberliegenden, ausbrechbaren Einführungsöffnungen sind an den beiden Schmalseiten des Sockels angeordnet, so daß die Leuchte bei bester Lichtausbeute und gutem Montagebild in Richtung des durchgehenden Kabelstranges befestigt werden kann (Bild 2). Interessant sind vor allem Führung und Unterbringung der Durchgangsleitungen im Leuchtensockel selbst. Dieser weist am Rande einen umlaufenden Leitungskanal auf, der während der Montage gut zugänglich ist, jedoch beim Aufsetzen des Glases und des Schutzkorbes sowohl nach außen als auch zum Reflektorraum hin sicher verschlossen wird. Die durchgehenden Leitungen werden dabei unsichtbar so in den Kanal eingebettet, daß



Bild 2. Ovale Isolierstoffleuchte.

<sup>1)</sup> Walter Fischer, ETZ 61 (1940) H. 8, S. 163.

jede schädliche Einwirkung der Glühlampenhitze und äußerer Feuchtigkeit völlig ausgeschlossen ist. Durch die Anordnung der Kanäle am Außenrand des Sockels wird die Bauhöhe der Leuchte in keiner Weise ungünstig beeinflusst, so daß die Neuerung denkbar niedrig und gefällig gehalten werden konnte.

Die gleiche Firma entwickelte eine **Doppelschelle für Feuchtraumleitungen**, die es möglich macht, zwei gleiche oder ungleiche Kabel von 9 bis 17 mm Dmr. unabhängig voneinander zu befestigen (Bild 3). Im Aufbau gleicht diese Neuerung dem der schon bekannten **IMPERATOR-Zangenschelle**; auch hier verzichtet man auf verlierbare Einzelteile, so daß die Schelle verlegungsfertig der Packung entnommen werden kann. Die Klemmbacken öffnen sich wieder selbsttätig, so daß die Kabel in jeder Stellung frei und ungehindert eingelegt werden können.



Bild 3. Doppelschelle für Feuchtraumleitungen.

Unterteile von Isolierstoffschellen gehen zuweilen beim Anziehen der Dübel und Schrauben zu Bruch. Die dabei auftretenden Spannungen müssen somit vom Unterteil ferngehalten werden. Zu diesem Zwecke hat die Firma Niedergesäß & Co., Berlin, eine **druckentlastete Abstandschelle**, die „SK-Schelle“, aus deutschem, keramischem Werkstoff herausgebracht, bei welcher die Spannungen von einem Stahlbügel (Bild 4) aufgenommen werden, der auch gleichzeitig der Träger für das Muttergewinde der Schrauben ist. Die Montage erfolgt praktischerweise so, daß nur die Bügel zunächst mit Dübel in der Wand befestigt werden. Erst wenn die Verlegung des Leitungsmaterials erfolgen soll, wird der Schellenunterteil lose über den Bügel gelegt. Der Schluß der Schelle erfolgt nach Einlage des Leiters durch Anzug des Oberteiles mit den durch Ausnehmungen des Unterteiles in den Bügel hindurchreichenden Schrauben. Auf Holzunterlage kann die Schelle einfacherweise und aus preislichen Gründen auch ohne Bügel verwendet werden. Bild 4 zeigt außerdem den **Niedax-Dübel**; weiterhin stellt die Firma auch den gegen Wasser und Säure unempfindlichen **Tiefrax-Dübel** her, beide sind als Tiefenspreizer ausgebildet.

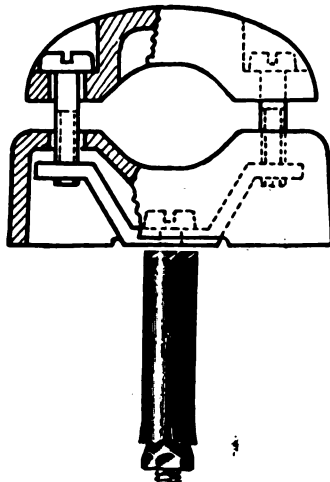


Bild 4. Druckentlastete Abstandschelle mit Niedax-Dübel.

Aus dem Herstellungsprogramm der Elektrotechnischen Spezialfabrik Hoppmann & Mulsow, Hamburg, ist als Neukonstruktion in diesem Jahr die **Abzweigdose R 70** für Feuchtrauminstallation bemerkenswert, die mit einem zentralen, stopfbuchsenartig wirkenden Verschluss durchgebildet ist. Bei dieser gesetzlich geschützten Bauart (Bild 5) wird eine zentral und wasserdicht angebrachte Isolierstoff-Hohlschraube auf das Außengewinde der Nullklemme aufgeschraubt. Das Gewinde der Hohlschraube läuft in eine trichterförmige Versenkung aus, die eine Spreizwirkung der Nullklemme verhindert. Der konzentrisch wirkende Abdichtungsdruck verteilt sich gleichmäßig auf den Dichtring des Deckels. Die Montage der Dose wird so vereinfacht, daß man in der gleichen Zeit, in der man früher z. B. 100 Dosen mit 4 Deckelschrauben aufdeckelte, heute 400 Dosen R 70 druckfest verschließt. Außen ist die Dose vollkommen metallfrei, eine Korrosion kann also nicht eintreten. Zu erwähnen ist außerdem, daß Nippeldeckel mit Stopfbuchsen für Pendel oder auch zum direkten Aufschrauben von

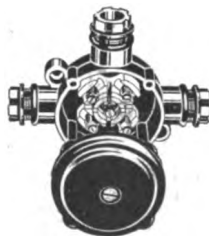


Bild 5. Wasserdichte Abzweigdose.

Armaturen benutzbar sind. Mit dem Hamburger Hakenschlüssel lassen sich die mit Schnellmontage-Rillnippeln (sechskantige Nippel mit Spezialrillung) versehenen Feuchtraum Dosen in jeder beliebigen Lage mühelos anziehen.

Unter unsachgemäßer Behandlung haben wohl mit am meisten die **Stecker** zu leiden. Um diesem Übelstand zu begegnen, bringt die Firma Ellinger & Geißler, Dorfhain, einen neuen Stecker heraus, bei welchem zunächst das Anschlußteil für die Leitungsschnur herausnehmbar ist. Der Vorteil besteht darin, daß das Anlöten der Leitung damit bequem und schnell erfolgen kann. Die Zugentlastung ist besonders wirkungsvoll ausgebildet.

Ellinger und Geißler hat außerdem auch klein gehaltene Zubehörteile für Unterputzkombinationen entwickelt, die es ermöglichen, zwei, drei oder vier verschiedene Apparate zusammenzustellen, und zwar mit allen gebräuchlichen Abdeckungen und Schalter-Druckknopf- und Steckerarten. Bewährt hat sich in solchen Kombinationen besonders auch der **Elgesit-Eindruckschalter**, der keinerlei hervorstehende Teile aufweist. Die mittlere Frontplatte dient als Druckorgan.

## Elektrowärme in Industrie und Haushalt

DK 621.365

Von **Punktschweißmaschinen** zur Herstellung hochwertiger korrosionsfester Leichtmetall-Schweißungen fordert man gleichmäßige Güte der Punkte bei einfacher Bedienbarkeit und geringer Elektrodenacharbeit. Die Maschinen sollen ferner möglichst transportabel sein und einen geringen Anschlußwert besitzen, wobei oft noch große Ausladung der Elektrodenhalterung gefordert wird. Diesen Wünschen wird eine neuartige Punktschweißmaschine, die von der Firma Versuchsstation und Laboratorium Bernhard Berghaus, Berlin-Lankwitz, entwickelt wurde, gerecht. Es handelt sich um eine transportable Anlage bestehend aus:

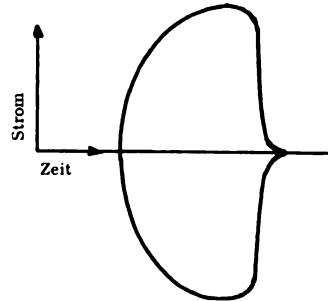


Bild 1. Hüllkurve des Schweißstroms.

- Schweißzange, 1000 mm Ausladung, mit Druckluftantrieb der Elektroden,
- Schaltgerät für Einstellung der Schweißzeit von  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{4}{10}$  s sowie einem
- Schweißstromerzeuger, dessen Antrieb im Normalfall durch einen Drehstrommotor von 22 kW Leistung erfolgt, der aber auch von einem Verbrennungsmotor angetrieben werden kann.

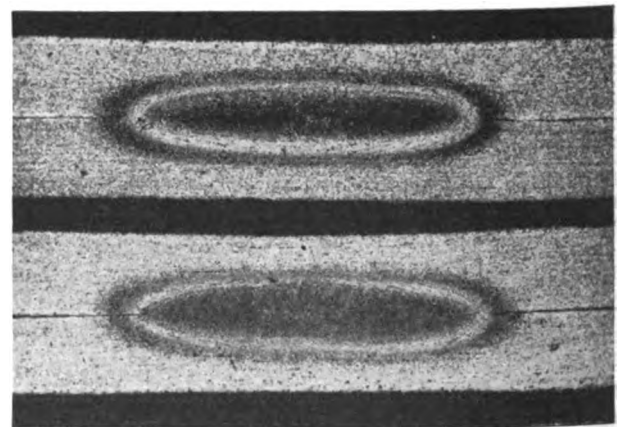


Bild 2. Duraluminium-Doppelpunkt.

Mit dieser Maschine sind auch die empfindlichsten Leichtmetalle, wie Hydronalium, Duraluminium, Elektron, bis rd. 4 mm Gesamtlechstärke einwandfrei verschweißbar. Die Eigenart der Steuerung (Bild 1) wirkt sich günstig auf das Gefüge im Schweißpunkt aus (Bild 2). Die Maschine setzt zwei Punkte

gleichzeitig, was eine beträchtliche Zeitersparnis bedeutet (Doppelpunktverfahren). Der Punktabstand beträgt bei der beschriebenen Maschine 30 mm, kann aber unter Umständen bis zu 10 mm herabgesetzt und auch einstellbar gemacht werden. Der Anschlußwert ist, verglichen mit der Schweißleistung, sehr gering. Der Motor hat nur 28 kVA Nennaufnahme, bezogen auf ein Verhältnis Schweißzeit/Pause gleich  $\frac{1}{10}$ . Die Leistungsstöße kommen nur stark gemildert auf das Drehstromnetz (Bild 3), so daß diese Schweißmaschine eine jedem Elektrizitätswerk erwünschte Belastung darstellt und keine Anschlußschwierigkeiten bietet. Das angewandte Doppelpunktverfahren mit Gegentransformator und die geringe Größe der Transformatoren erlauben, die Schweißvorrichtung der Schweißaufgabe elastisch anzupassen, unter Umständen auch ohne Zange zu arbeiten, wenn andere Möglichkeiten bestehen, den Schweißdruck aufzunehmen. Das Schaltgerät, als fahrbares Schaltpult ausgebildet, enthält ein kleines Quecksilberdampfgefäß (15 A-Type) als Hauptschaltorgan. Die Anlage ist bei geringfügiger Abwandlung der Transformatoren auch für Punktschweißung von Stahl geeignet. Gerade bei Stahlschweißung kann es wichtig sein, daß der Einfluß der Ausladung ausgeschaltet wird.

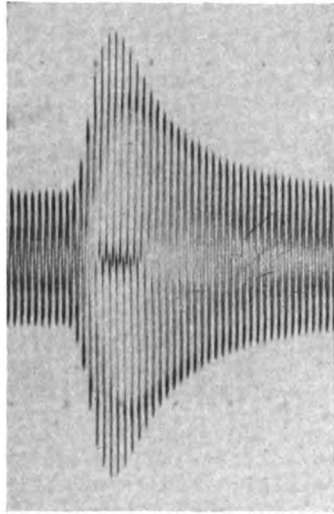


Bild 3. Verlauf des Motorstroms (50 Hz) bei 0,1 s Schweißdauer und voller Belastung.

Auch die Himmelwerk AG, Tübingen, hat der zunehmenden Bedeutung der Schweißtechnik Rechnung getragen, indem sie für die verschiedensten Zwecke die passenden Geräte geschaffen hat. Hier sei auf die **Schweißumformer** für drei verschiedene Stromstärkebereiche von 15 bis 160 A, 20 bis 300 A und 60 bis 450 A in fahrbarer und ortsfester Ausführung hingewiesen.

Auf dem Gebiet der Lichtbogen-Schweißanlagen ist von der Kjellberg Elektroden & Maschinen G. m. b. H., Finsterwalde, die **Mehrstellen-Schweißanlage** KM 1000 entwickelt worden. Es handelt sich um eine Mehrstellen-Schweißanlage, die als Schweißumformer eingehäusigt und leicht trans-

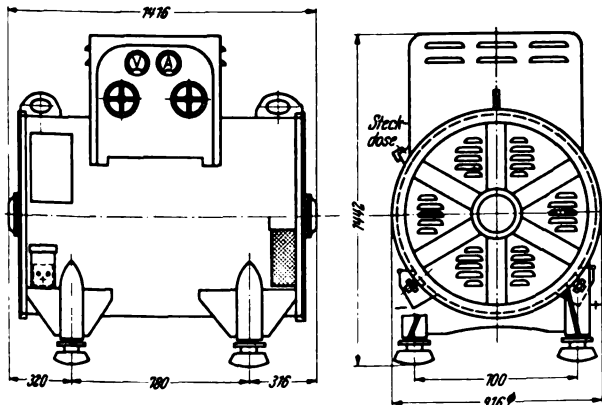


Bild 4. Eingehäusiger Mehrstellen-Schweißumformer.

portabel ausgebildet ist und die bisherige Lücke zwischen dem Einzel-Schweißumformer und der bekannten großen ortsfesten und teuren Mehrstellen-Schweißanlage ausfüllt, indem sie diese Anlagen ergänzt. Sie wurde für eine Leistung von 1000 A bei 55 V entwickelt und reicht somit aus, etwa 12 Schweißstellen bei Verwendung von 4 mm-Draht oder dünnummhüllten Elektroden mit Strom zu versorgen. Wie dem Bild 4 zu entnehmen ist, sind Motor und Generator im gleichen Gehäuse untergebracht und aus Gründen der Überlastbarkeit reichlich bemessen. Der

mit Stromverdrängungsläufer ausgerüstete Drehstrommotor wird mit einem Stern dreieckschalter angelassen; der Anlaufstrom beträgt etwa das 1,6-fache des Nennstromes. Zur Einstellung der Generatorspannung dient ein eingebauter Nebenschlußregler. Der Umformer wiegt netto 2100 kg.

Für jede Schweißstelle ist ein Schweißstromregler notwendig, der, mit ohmschen und induktiven Widerständen versehen, Rückwirkungen bei Kurzschluß usw. auf gleichzeitig arbeitende andere Schweißstellen vermeidet. Der hierbei verwendete Spannungsausgleicher hat den Zweck, den Regelbereich des Reglers bei allen praktisch vorkommenden äußeren Bedingungen konstant zu halten. Man kann also den Schweißstromregler mit jeder praktisch vorkommenden Schweiß-Netzspannung betreiben unter Verwendung jeder Elektrodenart.

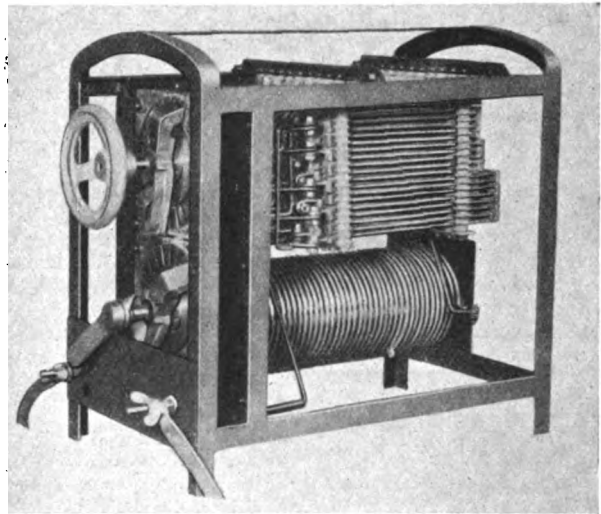


Bild 5. Schweißstromregler.

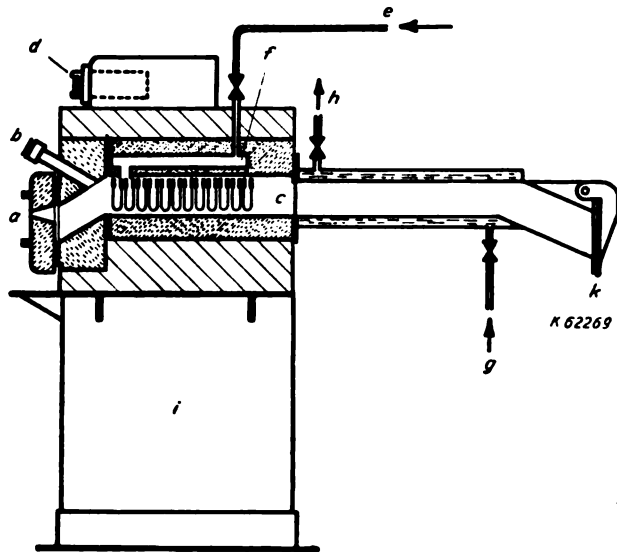
Die Einzelteile des Schweißstromreglers KH (Bild 5), wie induktive Mehrlagenspule, Stufenschalter, Spannungsausgleicher nebst Schaltorganen und Zuleitungen, sind in einem Eisengehäuse untergebracht. Lose und blank liegende stromführende Teile sind vermieden. Eine Gitterblechverkleidung schützt alle eingebauten Teile vor äußeren Einwirkungen und gestattet ausreichende Belüftung. Durch geschickte Lösung aller Fragen, insbesondere durch die Anwendung von Mehrlagenspulen, ergibt sich das bei Schweißstromreglern sehr niedrige Gewicht von etwa 40 bis 45 kg, so daß der Schweißstromregler KH zu allen Schweißstellen bequem hingebacht und leicht verwendet werden kann.

In den letzten Jahren ist das Hartlöten im elektrischen Ofen unter Schutzgas durch Entwicklung entsprechender Ofen stark in den Vordergrund des Interesses der Massenfertigung getreten. Um auch für kleinere Mengen hart zu löten Teile und insbesondere zum Verbinden von Hartmetallplättchen mit Werkzeugschäften eine größere Anwendungsmöglichkeit des Hartlötens zu schaffen, wurde von der AEG ein **Kleinhartlöten** entwickelt, der mit verschiedenen neuartigen Einrichtungen ausgerüstet ist.

Für das Hartlöten werden — insbesondere für Hartmetalle — Temperaturen bis zu 1150° C gebraucht. Um ohne Flußmittel, wie z. B. Borax, die das Werkstück verschmutzen und den Arbeitsvorgang erheblich erschweren können, auszukommen, wird unter reduzierendem Schutzgas gearbeitet, das durch Spaltung von Ammoniak erzeugt wird<sup>1)</sup> und aus 25 Vol. % Stickstoff und 75 Vol. % Wasserstoff besteht. Die Spaltung des Ammoniaks geht in einem in den Ofen selbst, und zwar unmittelbar über der Ofenheizung eingebauten Zerleger vor sich, der im wesentlichen aus einer mit Katalysatormasse gefüllten hitzebeständigen Muffel besteht (vgl. Bild 6). Die Ofenheizung besteht aus Widerstandsbändern, die an der Decke des Ofens in sehr geringen Abständen hochkant angeordnet sind und durch als Seitenheizung wirkende, bis zum Ofenboden durchhängende Schleifen wechselweise verbunden sind. Bild 7 zeigt eine solche Heizwicklung nach einer Betriebsdauer von

<sup>1)</sup> DRP. Nr. 520 572.

800 h mit  $1150^{\circ}$  Ofentemperatur; dies entspricht einer höchsten an den Heizleitern auftretenden Temperatur von etwa  $1250^{\circ}$ . Der zur Speisung der Heizwicklung dienende Umspanner ist mit den übrigen Steuergeräten im Ofensockel untergebracht. Beschickungs- und Entnahmeöffnung des Ofens sind schräg nach unten geneigt, um den Schutzgasverbrauch zu verringern. Zur Beobachtung des Lötvorganges und zum Arbeiten im Ofen



- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| a Einsatztür mit Arbeitsöffnung | f Gaszerleger                   |
| b Schauloch                     | g Kühlwasser-Zuleitung          |
| c Heizband                      | h Kühlwasser-Ableitung          |
| d Temperaturregler              | i Raum für Umspanner und Schütz |
| e Gaszuleitung                  | k Entnahmetür                   |

Bild 6. Kleinhartlotofen, Schnittbild.

dienen ein Schauloch *b* bzw. eine kleine Arbeitsöffnung *a* in der Beschickungstür (Bild 6). Der Temperaturregler ist über der Ofenkammer angeordnet. Um Beeinflussungen durch die Ofenwärme auszuschließen, ist er von einem wassergekühlten Gehäuse umgeben, von dem aus das Kühlwasser anschließend in die Kühlkammer des Ofens gelangt, in der die fertig gelöteten Werkstücke unter Schutzgas, also verzunderungsfrei, abkühlen.

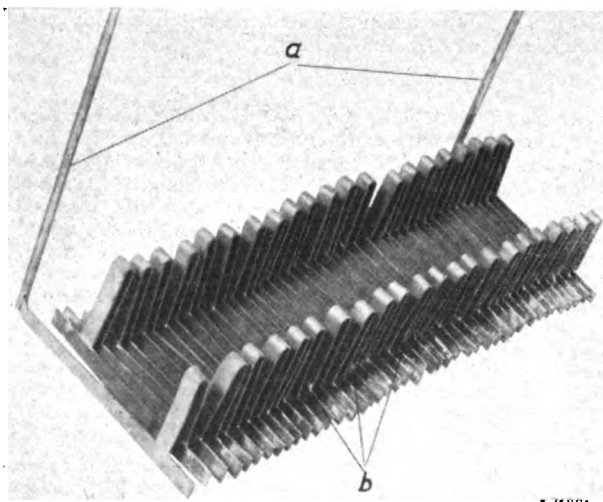


Bild 7. Heizwicklung für Kleinhartlotofen nach 800 Betriebsstunden.

Die Leistung des Ofens je Stunde beträgt bis zu 40 Stück Drehstählen mit 12 mm starkem Schaft. Der Stromverbrauch in dieser Zeit ist rd. 3 bis 4,5 kWh, die Kosten für das Schutzgas betragen 6 Rpf/h, der Kühlwasserverbrauch beträgt 60 bis 100 l/h. Da der Ofen nur eine Strom-, Wasser- und

Ammoniakzuleitung benötigt und auch von angelernten Hilfskräften bedient werden kann, ist eine Aufstellung an jeder beliebigen Stelle, also eine Einreihung in den Fertigungsfluß möglich.

Auf dem Gebiet der **Elektroherde** ist in der letzten Zeit dem kombinierten Herd, d. h. einem Elektroherd mit Kohleteil, erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt worden. Im Sommer wird vorzugsweise elektrisch gekocht, im Winter, um die Küche gleichzeitig zu heizen, mit Hausbrandkohle. Die Burger Eisenwerke G. m. b. H., Burg (Hessen-Nassau), hat dementsprechend einen für alle größere Haushaltungen bestimmten Elektroherd herausgebracht, der im elektrischen Teil bei der größeren Ausführung 4 Kochplatten mit insgesamt 8000 W Leistungsaufnahme und 1 Bratröhre mit 3200 W enthält. Auf dem Kohleteil wird auf einer vollkommen abgedichteten Hochleistungs-Kochplatte mit Schnell-Kochstelle gekocht, so daß also das für den Elektroteil notwendige Spezialgeschirr gleichzeitig auch hier benutzt werden kann.

Bei dem von der AEG entwickelten 10 l-Heißwasserspender mit Porzellan-Innenbehälter wurden konstruktive und betriebliche Verbesserungen erreicht, durch die die metallenen Werkstoffe endgültig als Baustoffe für die Innenbehälter dieser Größe verdrängt werden. Durch eine Neuerung, die die Anwendung einer Istra-Stabbeheizung mit 3000 W Nennaufnahme gestattet, ist die Heißwasserleistung des Gerätes nunmehr soweit erhöht, daß Brausebäder in beliebiger Anzahl und kurzzeitiger Folge entnommen werden können. Bei der für Tagesheizung üblich gewordenen Aufheizung auf  $65^{\circ}\text{C}$  ergibt sich eine Anheizzeit von etwa 13 min. Die Brausetemperatur von durchschnittlich  $35^{\circ}\text{C}$  wird an der kräftigen halbzölligen Mischbatterie eingestellt. In die Batterie ist ein am Schwenkrohr zu betätigender Hahn eingebaut, der die Umstellung auf die Schlauchbrause ermöglicht. Die erreichbare Mischwassermenge von fast 30 l ergibt ein reichliches Brausebad mit einer Brausezeit von 5 bis 6 min. Die verstärkte Heizung von 3000 W stellt einen raschen Heißwassernachschub sicher, so daß stündlich etwa 4 bis 5 Brausebäder entnommen werden können. Außer der üblichen Mischbatterie mit Handbrause kann auch eine Armatur mit feststehender Brause, die sich in der Höhe der Oberkante des Heißwasserspenders befindet, geliefert werden. Für den wahlweisen Betrieb mit Handbrause

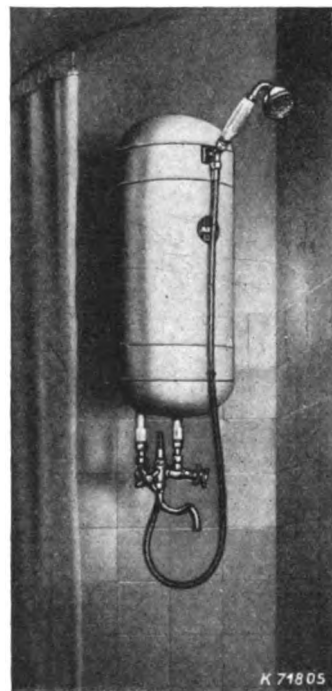


Bild 8. 10 l-Heißwasserspender mit Porzellaninnenbehälter.

oder feststehender Brause kann eine Haltevorrichtung an der Vorderseite der Ummantelung angebracht werden, die die Verwendung der Handbrause als feststehende Brause ermöglicht (Bild 8). Die Betriebskosten liegen bei etwa 6 Rpf für ein Brausebad unter Zugrundelegung des Strompreises von 8 Rpf/kWh.

Die von der Ehrich & Graetz A. G., Berlin SO 36, in den letzten Jahren auf weite Sicht durchgeführten Umstellungsarbeiten auf Heimstoffe und die Schaffung entsprechender Neukonstruktionen haben sich als richtig erwiesen und bewährt. **Elektrische Graetz-Bügeleisen** haben heute nur nickel-freien Heizleiter und keinen Glimmer; sie sind nunmehr auch ohne Asbest aufgebaut, an dessen Stelle gepreßte Schlackenwolle getreten ist. Der Isolierstoffpreßgriff zeigt vorn an der Spitze eine Vertiefung, in die beim Aufstellen des Eisens auf

die Aufstellvorrichtung der Daumen eingreift und so ein leichtes Aufrichten des Eisens ermöglicht.

Die elektrischen **Graetz-Wasserkocher** zeigen einige ebenfalls in der Richtung der Umstellung auf Heimstoffe liegende Veränderungen. Sie sind unter anderem nicht mehr vernickelt, sondern direkt verchromt. Asbest ist ebenfalls vermieden. Die **Graetz-Hochleistungswasserkocher** sind insofern geändert, als der den automatischen Schalter steuernde Zweimetallstreifen nicht mehr senkrecht zum Kocherboden, sondern waagrecht parallel zu diesem liegt. Diese Ausführung war erst möglich, nachdem es gelungen war, ein Bimetall zu finden, das auch bei sehr kurzen Streifen einen genügenden Ausschlag ergab, der ausreichte, den Schaltmechanismus zu betätigen. Durch die waagerechte Anordnung des Zweimetallstreifens parallel zum Kocherboden wird eine schnelle Beeinflussung des Bimetalls bei trockengehendem Kocher durch den heißwerdenden Kocherboden erreicht. Die Betätigung des Schalters erfolgt in bester Abhängigkeit von der Kocherbodentemperatur und wird nicht wie bei in diesen Raum hineinragendem Bimetallstreifen durch die Temperatur im Kocherraum unterhalb der beheizten Bodenplatte beeinflusst. Der nickelfreie Heizleiter ruht perlenisoliert in Rillen wie bei den Graetz-Kochplatten. Zur Wärmeisolation nach unten wird kein Asbest, sondern in Platten gepreßte Schlackenwolle verwendet.

Zu den im Vorjahr von der AEG herausgebrachten Keramik-Öfen sind jetzt **Emaille-Leuchtofen** hinzugekommen.

Bemerkenswert ist die Ausführung in Hochformat, die sich von den bisher gebräuchlichen durch das kaminartige Aussehen unterscheidet. Der Ofen (Bild 9) besteht aus emailliertem Stahlblech, das dem Gerät eine hohe Lebensdauer gibt. Der Fuß ist aus Preßmasse hergestellt und hinterläßt keine Kratzer auf Parkett und Tischen usw. Neuartig ist der hochglanzverchromte gewellte Reflektor. Die Nennaufnahme der Öfen beträgt 1000 W und ist in zwei leicht auswechselbare Heizkörper von je 500 W unterteilt. Ein an der Rückseite angebrachter Schalter ermöglicht eine zweifache Regelung der Leistung.

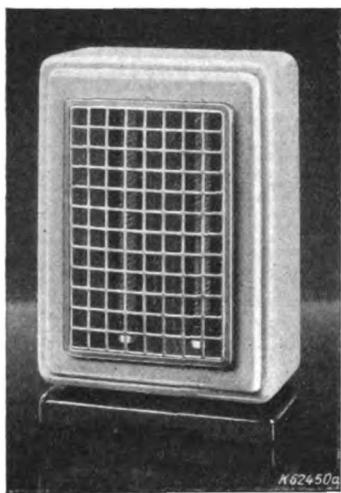


Bild 9. Emaillierter Leuchtofen aus keramischem Werkstoff.

Die AEG hat ferner eine neue **Glühkochplatte** geschaffen. Wie zweckmäßig und schön zugleich deutscher Werkstoff auch auf dem Gebiet der Elektro-Haushaltgeräte verwendet werden kann, zeigt das Bild 10 dieser Keramik-Glühkochplatte. Sie besteht aus einem form-schönen Unterteil aus elfenbein-krakeliertem Feinsteingut. Der Heizleiter ist spiralförmig in eine keramische Heizplatte eingelegt und gibt freistrahrend seine Wärme nach oben an das Kochgefäß ab. Zum Schutz gegen ungewollte Berührung ist der Heizleiter mit einem emaillierten Drahtgitter abgedeckt. Der Abschlußring ist emailliert. Die Nennaufnahme beträgt 750 W.

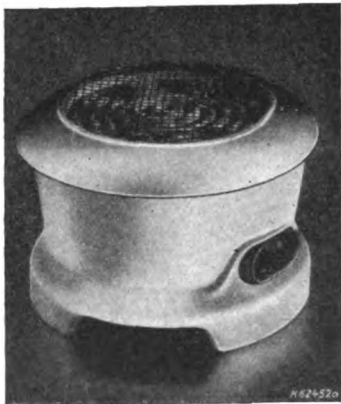


Bild 10. Keramik-Glühkochplatte.

Langenhagen-Hannover, verwendet hierzu nahtlos gezogenes Rohr aus Kupfer, Messing, Eisen, Stahl und V 2 A-Stahl je nach dem Verwendungszweck. Die Heizwendel ist nach einem besonderen Verfahren keramisch eingebettet. Die charakteristischen Merkmale der Schott-Rohrheizkörper sind:

1. hohe spezifische Belastbarkeit,
2. die Möglichkeit, dem Heizkörper eine Form zu geben, wie sie für den jeweiligen Zweck notwendig ist,
3. Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit (rauhe Betriebe),
4. fast unverwüsthliche Lebensdauer bei einigermaßen sachgemäßer Behandlung.

Diese Rohrheizkörper werden als Tauchsieder in Haushaltungen und als Großtauchsieder für industrielle Zwecke genommen. Als Luftheritzer dient er in Wärmeschränken und schließlich in Form von Heizpatronen zur Aufheizung von Maschinenteilen.

## Fernmeldetechnik

DK 621.39

Infolge der nationalsozialistischen Aufbauarbeit der letzten Jahre konnte die deutsche Elektroindustrie wie in keinem anderen Land ein großes Maß an Erfahrung auf dem Gebiet der **elektroakustischen Geräte** und Einrichtungen sammeln. Die Notwendigkeit, gelegentlich bei großen Ereignissen schnell, gut und verlässlich die technischen Einrichtungen für die Übertragung von Befehlen, von Ansprachen usw. herzustellen oder vorhandene und tragbare Geräte für Großempfänge einzusetzen, hat den deutschen Elektroakustikern große Anpassungsfähigkeit und Vielseitigkeit gegeben. Der planende Ingenieur denkt nicht mehr wie einst lediglich in Einzelgeräten, sondern in der Zusammenstellung dieser Einzelgeräte zu größeren Anlagen.



Bild 1. Die neue 20 W-Kommandoanlage.

Die Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H. hat dementsprechend auf den verschiedensten Gebieten diese Einzelgeräte weiterentwickelt bzw. neue Geräte geschaffen. Hier sind in erster Linie die neuen Telefunkenverstärker für 4, 10, 20 W usw. zu nennen.

Um kleinere und größere Volksmengen anzusprechen, wurde die tragbare **20 W-Kommandoanlage** (Bild 1) geschaffen.

Zur Erhitzung von Flüssigkeiten, Gasen und festen Körpern verwendet man zweckmäßig **Rohrheizkörper**. Die Firma Dr.-Ing. Schott & Co., Fabrik für Elektro-Wärme-Geräte,

Das Stielmikrofon ist im schwenkbaren Dreibeingestell aufgehängt. In dem linken Koffer sind der Verstärker und der Umformer, im rechten Koffer die Verstärkerbatterien untergebracht. Mit dieser Einrichtung, die zusammen etwa 250 kg wiegt, ist schneller Einsatz und leichte Bedienbarkeit möglich.

Der Übertragungsgüte von Lautsprechern wurde in der letzten Zeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auf der 16. Großen Deutschen Rundfunk-Ausstellung 1939 in Berlin wurde auch der **Schalling-Lautsprecher** von Telefunken gezeigt, der mit Hilfe von 5 Einzellautsprechern ein kontinuierliches Frequenzspektrum von 8 Oktaven unverzerrt abzugeben imstande ist.

Ein für Reportagezwecke besonders gut geeignetes Mikrofon ist das neugeschaffene **Kondensatormikrofon** (Bild 2). Infolge seiner Kugelcharakteristik ist es nach allen

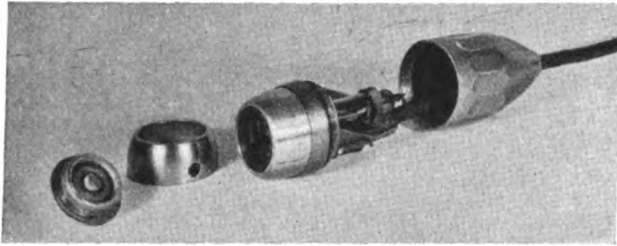


Bild 2. Kondensatormikrofon, auseinandergenommen.

Richtungen hin gleich empfindlich, so daß es unwesentlich ist, von welchen Seiten her auf das Mikrofon gesprochen wird. Die in Bild 2 gezeigten einzelnen Teile zeigen von links nach rechts die Mikrofonkapsel, den Ablendering sowie Ober- und Unterteil des Gehäuses. Zusammengesetzt beträgt die Länge dieses Mikrophones nur etwa 9,5 cm.

Die Telefonbau und Normalzeit G. m. b. H., Frankfurt a. M., hat besonders für das Ausland **Wählerzentralen** für Nebenstellenanlagen entwickelt, die den in Deutschland gebräuchlichen Universalzentralen ähnlich sind. Das allgemeine Kennzeichen dieser Zentralen besteht darin, daß von jedem Sprechapparat Haus- und Amtsverbindungen ohne Vermittlung einer Bedienungsperson hergestellt werden können, die also nur den ankommenden Amtsverkehr zu vermitteln hat. Außerdem können von jedem Sprechapparat ohne andere Hilfe während eines Amtsgesprächs nicht nur Rückfragen gehalten, sondern auch das Amtsgespräch selbst nach einer anderen Sprechstelle umgelegt werden. Den beiden neuen Auslands-Universalzentralen ist ein weiteres besonderes Kennzeichen zugefügt worden. Es besteht darin, daß diese Universalzentralen keinen besonderen Bedienungsapparat brauchen.

Die beiden Auslandszentralen sind bisher in zwei Größen hergestellt worden. Die eine kann 2 Amtsleitungen und 16 Sprechstellen aufnehmen und trägt die Bezeichnung U 2/16, die andere ist für 3 Amtsleitungen und 14 Sprechstellen eingerichtet und hat dementsprechend die Abkürzung U 3/14 erhalten.

Die Sprechstellen werden wie üblich nach voll- und halb-amtsberechtigten Nebenstellen und Hausstellen unterschieden. Innerhalb der Nebenstellen tritt aber ein weiterer Unterschied ein: die innenliegenden Nebenstellen werden in abfrageberechtigte und nichtabfrageberechtigte Nebenstellen eingeteilt. Jede abfrageberechtigte Nebenstelle kann einen Amtsanruf entgegennehmen und erhält zu diesem Zweck einen besonderen Wecker. Die Nebenstellenapparate besitzen außer der Nummernscheibe eine Erdungstaste, mit der sie sich wahlweise auf einen Amts- oder Hausvermittlungssatz schalten sowie Rückfrage halten oder ein Amtsgespräch von einer anderen Nebenstelle übernehmen können.

Die Universalzentrale U 2/16 ist mit je zwei Verbindungssätzen für den Amts- und Innenverkehr sowie mit den zu jedem Amtssatz gehörigen Rückfragewählern ausgerüstet. Beim Eingang des Amtsanrufes ertönen die Gleichstromwecker bei den Abfragestellen, von denen jede den Anruf entgegennehmen kann. Gleichzeitig werden die abfrageberechtigten Nebenstellen von diesem Amtssatz abgetrennt. Zur Entgegennahme des Anrufes wird bei einer abfrageberechtigten Nebenstelle der

Hörer abgenommen und die Erdungstaste kurz gedrückt. Nachts können die Amtsanrufe über einen Umschalter nach einer außenliegenden Nebenstelle geleitet werden, die dabei mit Wechselstrom gerufen wird.

Zur Erzeugung hörbarer Zeichen dienen zwei Summer. Der Rufstrom wird von einem Polwechsler geliefert. Ein Sekundenschalter formt diese Ströme in die für den Fernsprechbetrieb erforderlichen Zeichen um. Die Universalzentrale kann über eine Verbindungseinrichtung mit einer anderen selbsttätig arbeitenden Vermittlungseinrichtung verkehren. Hierzu ist nur der Einbau eines einzigen Relais in den Verbindungssatz für den Innenverkehr erforderlich. Die Verbindungseinrichtung selbst erhält eine Übertragereinrichtung. Für den Anschluß der Universalzentrale an ein OB- oder ZB-Amt wird eine zusätzliche Einrichtung benötigt. Zur Speisung der Universalzentrale kann ein Netzgerät üblicher Bauart benutzt werden.

Die Universalzentrale U 3/14 (Bild 3) besitzt fünf Verbindungssätze, die sowohl für den Amts- als auch für den Innenverkehr dienen.

Die Nebenstellen erreichen das Amt durch Wahl einer Amtskennziffer. Bei den abfrageberechtigten Nebenstellen sind für die Amtsanrufe Wechselstromwecker aufgehängt, bei deren Ertönen jede der abfrageberechtigten Nebenstellen den eingegangenen Amtsanruf entgegennehmen kann. Die Einrichtungen der Universalzentrale ermöglichen es, einen besonderen Bedienungsapparat zur Ent-

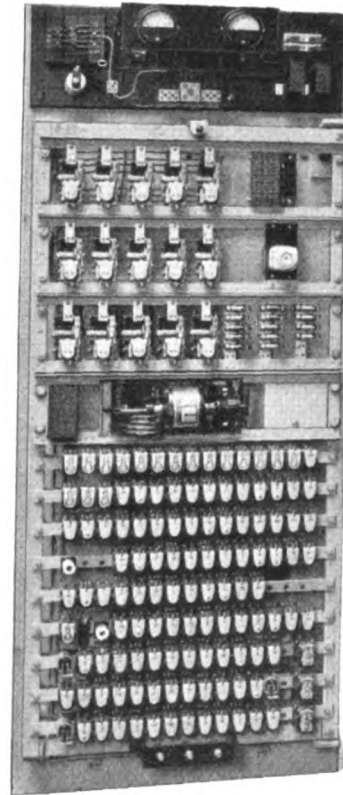


Bild 3. Die Universalzentrale U 3/14.

wecker aufgehängt, bei deren Ertönen jede der abfrageberechtigten Nebenstellen den eingegangenen Amtsanruf entgegennehmen kann. Die Einrichtungen der Universalzentrale ermöglichen es, einen besonderen Bedienungsapparat zur Ent-

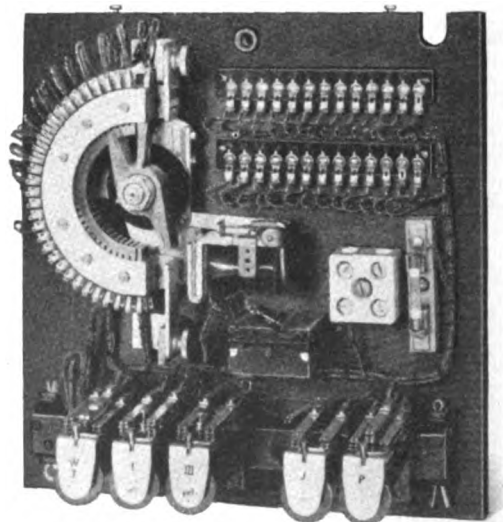


Bild 4. Sucheinrichtung.

gegennahme und Weiterleitung der Amtsanrufe anzuschalten, der für jede Amtsleitung eine Einschalttaste und eine Anruf- und Besetztlampe besitzt. Besondere Sprechstellen, wie z. B. Chefapparate, können eine Einrichtung erhalten, mit der sie sich auf jeden besetzten Anschluß aufschalten können.

Die Ruf- und Summerströme werden von einer Signalmaschine mit 2,5 VA erzeugt, die diese Ströme auch gleichzeitig in die erforderlichen Zeichen umwandelt. Die Anlage mit der Universalzentrale wird aus einer gepufferten 24 V-Batterie gespeist. Das hierfür erforderliche Gerät ist in der Zentrale enthalten.

Außer diesen nur für das Ausland hergestellten Universalzentralen ist eine **Sucheinrichtung** entwickelt worden, die in ihrem System nicht neu ist, aber mit neuen Mitteln, die der Fernsprechtechnik entnommen sind, arbeitet. Der Geber enthält 19 Suchtasten, eine Einschalttaste und eine Kontrolllampe. Er steuert ein Gerät (Bild 4), das aus einem 30teiligen Wähler, einem Relaisunterbrecher und einigen Relais besteht. Beim Drücken einer Suchtaste beginnt der Relaisunterbrecher zu arbeiten und schaltet die Arme des Wählers weiter. Gleichzeitig werden entsprechende Impulse in die Leitung geschickt, die den Geber mit Zeigerwerken verbindet. Sobald die Arme des Wählers den mit der gedrückten Suchtaste belegten Kontakt erreicht haben, wird der Wähler abgeschaltet. Die Zeiger der Werke stehen dann auf der Zahl, die der gedrückten Suchtaste entspricht. Der Relaisunterbrecher arbeitet nun mit Hilfe eines Thermorelais weiter und schickt in langen Abständen Strom zu den bei den Zeigerwerken aufgehängten Weckern. Dieser Ruf kann durch Auslösung der gedrückten Suchtaste abgeschaltet werden.

Der Rundfunkhörer verlangt einen lautstarken, aber störungsfreien Empfang, d. h. dem Empfangsgerät müssen möglichst große Sendernutzspannungen und möglichst niedrige Störspannungen zugeführt werden. Dieses Ziel kann nur durch eine abgeschirmte **Außenantenne** erreicht werden. Drei Antennenanlagenarten haben sich mit der Zeit herausgebildet: die abgeschirmte Einzelantenne, die kleine und die große Gemeinschaftsanlage. Die C. Schniewindt K.-G., Neuenrade (Westf.), hat diesen Erfordernissen Rechnung getragen und dementsprechend Antennen aus Aluminium entwickelt, wobei die einzelnen Teile der drei Antennenarten weitgehend vereinheitlicht wurden. Einige Bauteile mögen hier besprochen werden. Das Bild 5 zeigt ein Schnittbild durch den Verbindungspunkt zwischen aufnehmendem und tragendem Antennenteil. Der aufnehmende Teil ist fünffach abgestuft und hat dadurch günstigste Werkstoffausnutzung und eine geringe Windangriffsfläche. Der Zwischenisolator besteht aus wetterfest imprägniertem Hartholz, und in seinem Hohlraum ist der Anpassungsübertrager unmittelbar eingegossen; dieser ist also ebenso wie seine Kontaktstellen vollständig jedem Witterungseinfluß entzogen, auch ist ein besonderes Gehäuse für den Übertrager eingesparrt.

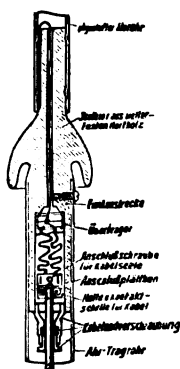


Bild 5. Schnitt durch Antennen-Verbindungspunkt.

Für den Blitzschutz wurde ein neuer **Blitzschutzautomat** entwickelt. Der in Bild 6 dargestellte ist für trockene Räume geeignet. Die Erdung der Abschirmung, die sonst oft Schwierigkeiten bereitet, wird durch Ab- oder Anschwenken einer Erdungsfeder an die Haube erreicht. Schniewindt hat auch neue **Antennensteckdosen** für Aufputz und Unterputz entwickelt. Die Unterputzmontage war bislang infolge der großen Starrheit der Abschirmkabel im Vergleich zu Starkstromleitungen schwierig. Die neue Iso-Bauchdose beseitigt alle diese Schwierigkeiten; denn die Kabelenden können lang herausragen und außerhalb der Dose am Einsatz befestigt werden. Sie lassen sich dann bequem in dem bauchigen Unterteil der Dose unterbringen. Diese Unterbringung wird dadurch weiter erleichtert, daß der Einsatz an der Tragbrücke drehbar ist. Die Dose ist nur 30 mm tief, so daß man sie mit wenig Stemmarbeit und auch

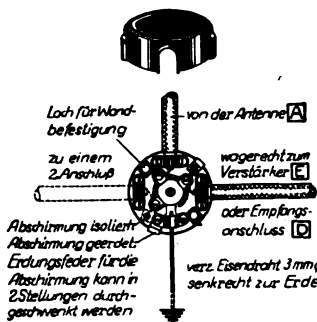


Bild 6. Antennen-Blitzschutzautomat.

in dünnen Wänden anbringen kann. Der Steckdoseneinsatz ist außerdem so geschaffen, daß er auch in einer genormten Unterputzdose mit Schrauben befestigt werden kann, jedoch ist dann die Unterbringung der Kabelenden nicht so leicht.

Zu bemerken ist ferner, daß bei allen drei Antennenarten auch Kurzwellenempfang möglich ist, und zwar durch eine Umschalteneinrichtung des Empfängerübertragers bei der Einzelanlage und kleinen Gemeinschaftsanlage, und eine Umschaltanschlußschnur bei der großen Gemeinschaftsanlage. Um bei der großen Gemeinschaftsanlage den Anschluß des Antennenverstärkers möglichst leicht und betriebssicher zu gestalten, wurde hierfür ein eiserner verschließbarer Wandkasten geschaffen. Dieser enthält an einem auf der Wand anzubringenden Rahmen alle Anschlußdosen für den Verstärker; sein Gehäuse kann nach vorn heruntergeklappt werden, so daß die Dosen bei der Anschlußherstellung leicht zugänglich sind.

## Röhren und Photozellen

DK 621.38

Die Glimmröhrenfabrikation der Deutschen Glimmlampen-G. m. b. H., die sich mit der Herstellung von **Glättungsröhren** zur Konstanthaltung von Spannungen befaßt, hat eine neue 100 V-Serie herausgebracht, die es gestattet, konstante Spannungen von 100, 200 und ganzen Vielfachen von 100 V zu erzeugen. Diese neuen Röhren (Bild 1) zeichnen sich dadurch aus, daß sie einen äußerst geringen inneren Widerstand besitzen und somit eine vorzügliche Glättungswirkung gewährleisten.



Bild 1. Glättungsröhre zur Konstanthaltung von Spannungen.

Für oszillographische Zwecke wurde eine wesentlich verbesserte Ausführungsform der bereits bekannten **Oszillographenröhren** herausgebracht, die es auf Grund ihrer besonderen Konstruktion gestattet, bei einer relativ geringen Stromaufnahme von rd. 10 mA im Gegensatz zu den bisher bekannten Typen einen absolut homogenen, intensiven Glimmlichtfaden zu erzielen.

Ferner sei noch auf die **Gelger-Müller-Zählrohre** zum Nachweis von kosmischen und radioaktiven Strahlungen sowie zur Materialprüfung hingewiesen, die zu einer großen technischen Vollkommenheit entwickelt werden konnten.

Die Verwendungsgebiete der Photozelle sind heute sehr mannigfaltig. Da wo früher umständliche mechanische Hilfsmittel zur Steuerung eingesetzt werden mußten, wird die Photozelle mit Erfolg und mit geringem Aufwand verwendet.

Von den zuletzt von der Visomat G. m. b. H., Leipzig C 1, gebauten Geräten sei die **photoelektrische Zündkerzen-Prüfeinrichtung** (Bild 2) beschrieben. Das photoelektrische Meßprinzip besteht bei dieser Einrichtung darin, daß ein schmaler Lichtspalt, den man auf die Elektroden der Zündkerze projiziert, infolge des verschiedenen Abstandes der senkrechten Elektroden zur Querelektrode mehr oder weniger abdeckt. Dadurch wird die dahinter angeordnete Photozelle entsprechend unterschiedlich stark beleuchtet. Die in der Photozelle auftretenden Stromstärkeänderungen werden durch einen Verstärker verstärkt und zur Steuerung von Relais benutzt.

Um eine Aussortierung der Zündkerzen nach Grenzwerten zu ermöglichen, besteht die Möglichkeit, die Einrichtung auf eine Änderung von  $\pm 0,1$  mm einzustellen, wobei die Reproduzierbarkeit, abgesehen von geringen Lichtstreuungen, verursacht durch geringfügige Unsymmetrien der Elektrodenoberflächen, gewährleistet ist. Um durch normale Netzschwankungen keine Meßfehler zu erhalten, wird der Prüfphotozelle eine Vergleichsphotozelle entgegengeschaltet (Kompensationsschaltung), deren Belichtung durch eine verstellbare Blendenschraube eingestellt wird. Tritt an der Glühlampe durch Spannungsänderung ein Schwanken in der Lichtstärke ein, so ändert sich der Photostrom in beiden Photozellen gleichmäßig. Die zu prüfenden Zündkerzen werden in die dazu vorgesehenen Aussparungen entweder von Hand oder mechanisch eingesetzt und durch einen Spezialantrieb schrittweise zur



geeigneten Prüfvorrichtung (Lichtstrahl mit Photozelle) befördert. Bevor die Kerze zur Prüfvorrichtung gelangt, muß sie noch den Elektrodensucher, welcher zwischen jedem Schritt bei Stillstand des Tellers die Elektroden der Kerzen in der Laufrichtung einstellt, passieren. Erst wenn die Querelektrode tangential zum Teller gerichtet ist, fällt der Elektrodensucher zurück und gibt die Kerze mit dem nachfolgenden Schritt für die Prüfvorrichtung frei. Die Prüfvorrichtung (Lichtstrahl mit Photozelle) steuert zwei Elektromagnete in der Weise, daß bei zu kleinem Elektrodenabstand über den einen Elektromagneten die eine und bei zu großem Elektrodenabstand durch den zweiten Elektromagneten die andere Rinnebahn für das Durchfallen der Zündkerze geöffnet oder geschlossen wird. Bei normalem Elektrodenabstand wird keiner der beiden Elektromagneten betätigt, und diese Kerzen durchlaufen deshalb den mittleren Kanal der Sortiereinrichtung.

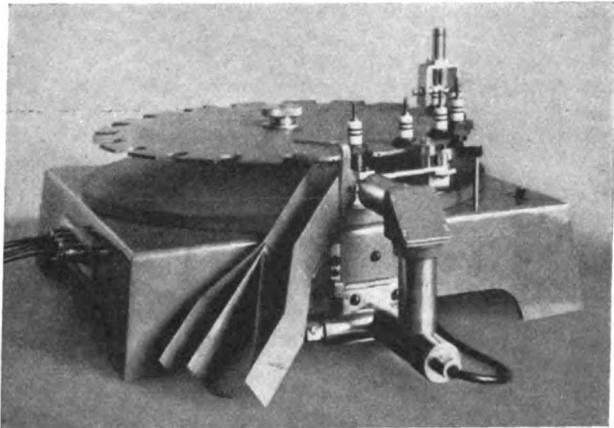


Bild 2. Zündkerzen-Prüfeinrichtung.

Von derselben Firma wurden auch die neuen **Lichtgitterschutzschranken** geschaffen. Durch eine 5- oder 7fache Hin- und Herführung des Lichtstrahles wird bei diesen Einrichtungen ein Lichtgitter gebildet, das beim Nachgreifen der die Maschine bedienenden Person, wobei der Lichtstrahl unbedingt teilweise abgedeckt wird, die betreffende Maschine durch entsprechende mechanische Einrichtungen zum Stillstand gebracht wird. Bei Maschinen (Exzenterpressen), bei denen die Bewegung des Stößels zwangsläufig erfolgt und infolgedessen ein sofortiger Stillstand der Maschine nicht möglich ist, ertönt in dem Fall des Nachgreifens ein starkes Glocken- oder Hupensignal. Durch dieses Signal wird in den meisten Fällen der betreffende Arbeiter erschrecken und die Hand zurückziehen. Außerdem wird durch das Signal die Aufsicht auf diesen Vorgang aufmerksam gemacht. Eine derartige Schutz-Lichtgitterschranke besteht aus:

- 1 Spiegelhalter mit Scheinwerfer und 1 Spiegelhalter mit Photozelle,
- 1 Transformator zum Herabsetzen der Netzspannung auf die Betriebsspannung der Scheinwerferlampe,
- 1 Visomat-Verstärker mit einem eingebauten Relais, welches eine Schaltleistung von rd. 200 W hat.

Bei großen Pressen, die von zwei Seiten bedient werden, muß für die Rückseite eine gleiche Schranke angebracht werden. In diesem Fall können beide Schranken auf einen Verstärker, der am besten am Fuß der Presse angebracht wird, vereinigt werden.

Die Firma Infram G. m. b. H., Leipzig C 1, befaßt sich mit der Herstellung der Photozellen für Tonfilm, Wissenschaft und Technik. Hierbei sei besonders auf eine neue Zellentypen, die sogenannte **Raumzelle** hingewiesen, die durch eine halbkugelförmige Kathode gekennzeichnet ist. Diese Zelle besitzt also eine lichtempfindliche Fläche von 180° und ist daher besonders in den Fällen zu verwenden, in denen das Licht von allen Seiten auf die Zelle gelangt (z. B. Dämmerungsschalter). Das im Vorjahre erstmalig herausgebrachte **Photozellenprüfgerät**, das unter Vermeidung von kostspieligen Meßinstrumenten die Prüfung der Photozellenempfindlichkeit, Zündspannung und Isolation gestattet, hat sich gut bewährt.

## Kondensatoren

DK 621.319.4

Die Fertigung des Kondensatorbaustoffes Kerafar U der Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft, Berlin, mit der Dielektrizitätskonstante von rd. 65 hat im letzten Jahre erhebliche Fortschritte gemacht, so daß auch die Herstellung von Platten mit Randwulsten aus diesem Stoffe gelingt. Die bekannten

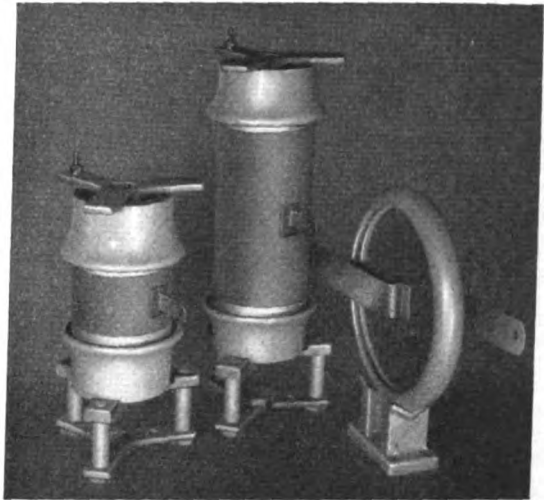


Bild 1. Platten- und Zylinderkondensatoren auf Frequenzstützen.

Hochspannungskondensatoren aus Kerafar U in Form von Zylindern sind ebenfalls vervollkommen worden. Die **Plattenkondensatoren** mit niedrigerer Prüfspannung dienen im allgemeinen als Schwingkreiskondensatoren, während die **Zylinderkondensatoren** mit höherer Prüfspannung als Blockkondensatoren verwendet werden. Der Werkstoff Frequenta, der bewährte Isolierstoff der Hochfrequenztechnik, wird für Kondensatoren kleinerer Kapazität in den gleichen Bauformen verwendet. Für isolierte Aufstellung werden die Plattenkondensatoren mit einem anglasierten Fuß aus Frequenta ausgeführt, während die Zylinder auf einem Gestell mit Frequenzstützen befestigt werden (Bild 1).

Für hohe Hochfrequenz-Spannungen und -Leistungen sind **keramische Kondensatoren** besonders geeignet, da sie bei Überlastungen oder Störungen gegen Temperaturerhöhungen

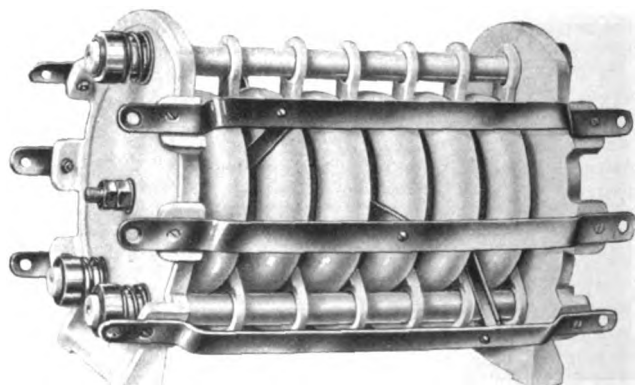


Bild 2. Kondensatorblock in Anzapfschaltung.

Glimmentladungen oder Überschlüge unempfindlich sind. Außerdem lassen sich bei ihnen bis zu sehr hohen Spannungen Vorentladungen an den Belagrändern durch eine verstärkte oder

wulstförmige Randausbildung des Dielektrikums verhindern. Eine Calitplatte von 200 mm Dmr. mit wulstförmigem Rand und beiderseits aufgebrannten Belägen vermag z. B. Kapazitäten bis 500 pF und HF-Belastungen bis etwa 40 kVA aufzunehmen, wobei bei 1 MHz HF-Spannungen bis 10 kV zulässig sind. Für höhere Kapazitätswerte oder Leistungen wird eine entsprechende Zahl der vorgenannten Plattenkondensatoren in einem keramischen Gestell zu einem Kondensatorblock vereinigt und parallel oder in Reihe geschaltet. Zwecks guter Wärmeabfuhr werden sie hierbei in senkrechter Lage eingebaut und durch isolierende Zwischenstücke voneinander getrennt. Neben diesen Kondensatorblöcken in Parallel- oder Reihenschaltung<sup>1)</sup>, die vornehmlich als Schwingungskreis-Kondensatoren in Sendern verwendet werden, hat die HESCHO (Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-Gesellschaft, Hermsdorf, Thür.) in letzter Zeit **Kondensatorblöcke in Anzapfschaltung** entwickelt. Bild 2 zeigt als Ausführungsbeispiel einen „Anzapfblock“ von rd. 2600 pF Gesamtkapazität und rd. 300 kVA Leistung, der aus sechs Calit-Einzelementen von je 440 pF Höchstkapazität und 30 kV Prüfspannung je Platte aufgebaut ist. Die Stromzuführungen sind hierbei so angeordnet, daß man die Kondensatoren in verschiedenen Stufen wahlweise parallel oder in Reihe schalten kann und demgemäß entweder für die Kapazität oder für die Betriebsspannung ein Vielfaches

1) ETZ 58 (1937) S. 476.

der Werte der Einzelemente erreicht. Entsprechende Verhältnisse ergeben sich bei gemischter Schaltung.

Bei einer anderen Ausführung werden die Anschlüsse der Einzelkondensatoren statt an metallische Sammelschienen an zwei an einer Längsseite des Blockes angebrachte Calitleisten herangeführt. Die Anschlußarmaturen ermöglichen es hierbei, die Einzelkondensatoren mit Hilfe von Kammsteckern oder eines Walzenschalters in verschiedenen Gruppen in Reihe und diese Gruppen parallel zu schalten. Derartige Anzapfblöcke eignen sich außer für Prüf- und Meßzwecke in Laboratorien namentlich auch für ortsfeste oder bewegliche Kleinsender, die schnell auf verschiedene Wellenlängen umschaltbar sein müssen. Man erzielt hier durch den Einbau eines Anzapfblockes eine weitgehende Raumersparnis und Vereinfachung, da es sich nunmehr erübrigt, jeweils einen besonderen, der in Frage kommenden Welle entsprechenden Kondensator anzuschalten. Bei sämtlichen vorgenannten Kondensatorblöcken kann man für das Dielektrikum der Einzelemente statt Calit ( $\epsilon = 6,5$ ) auch einen keramischen HF-Isolierstoff hoher Dielektrizitätskonstante, z. B. Condensa F ( $\epsilon = 65$ ), verwenden. In diesem Falle erhält man bei gleichen Abmessungen 10mal so hohe Kapazitätswerte. Im Vergleich mit dem eingangs erwähnten Calit-Plattenkondensator vermag daher ein solcher aus Condensa F bis zu 5000 pF aufzunehmen, wobei allerdings die zulässige Betriebsleistung und die zulässige HF-Spannung geringer sind und nur 20 kVA bzw. 6 kV bei 1 MHz betragen.

## NACHRICHTEN VON DER LEIPZIGER FRÜHJAHRSMESSE 1940

### Dauer der Messe

Die Leipziger Frühjahrsmesse dieses Jahres beginnt am Sonntag, dem 3. März und endet am Freitag, dem 8. März. Die Große Technische Messe und Baumesse auf dem Gelände vor dem Völkerschlachtdenkmal wird zu einer späteren Zeit stattfinden. Ihr Termin wird rechtzeitig bekanntgegeben.

### Auskunftsstellen

#### 1. VDE

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat wie in den früheren Jahren auch zur diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse eine Beratungsstelle eingerichtet. Sie befindet sich in diesem Jahre im Messeamt in Leipzig, Markt 4, 3. Stock.

Diese Auskunftsstelle ist während der ganzen Dauer der Messe geöffnet. Es können dort Auskünfte über VDE-Vorschriften und über ihre im Rahmen des Vierjahresplanes und des Krieges vorgenommenen neuesten Änderungen eingeholt werden, ferner über DIN VDE-Normen, die der Normung elektrotechnischer Erzeugnisse dienen und über andere mit dem VDE und dem Vorschriften- und Normenwerk zusammenhängende Fragen.

Die Prüfstelle des VDE wird vertreten sein, um über ihre Arbeiten Aufschluß zu geben. Das Schrifttum des VDE, das im ETZ-Verlag erscheint, wird in dieser Auskunftsstelle ebenfalls vorhanden sein. Es wird vor allem auf Heft 9 und 10 der ETZ verwiesen, die zur Leipziger Frühjahrsmesse als Sonderhefte herausgebracht werden und eine Übersicht über den Stand der deutschen elektrotechnischen Erzeugnisse geben.

Telephonisch ist die Auskunftsstelle unter der Nummer des Messeamtes (Leipzig 7 00 21) zu erreichen.

#### 2. Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie

Während der Frühjahrsmesse 1940 hat die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie ihre Auskunftsstelle über Erzeugnisse ihres Bereichs in die Räume des „Messe-Dienst“ des Leipziger

Messeamtes, Katharinenstr. 10—12, 1. Stock, Zimmer 29, verlegt. (Anruf Leipzig 7 26 01.)

Die Auskunftserteilung erfolgt über alle im Zusammenhang mit der Messe interessierenden Fragen. Insbesondere werden auch alle Auskünfte erteilt werden, die mit dem Export mittelbar oder unmittelbar zusammenhängen.

#### 3. Messeamt

Um eine reibungslose Abwicklung der zu erwartenden Exportaufträge zu sichern, wird wiederum der größte Teil der dem Auslandsgeschäft dienenden Auskunftsstellen im „Messe-Dienst“ zusammengefaßt sein, der in unmittelbarer Nachbarschaft des Leipziger Messeamtes — Leipzig C 1, Katharinenstraße 10-12, 1. Stock — seinen Sitz hat.

### VDE-Messeausschuß

Die Erzeugnisse der deutschen elektrotechnischen Industrie, die anlässlich der Leipziger Frühjahrsmesse ausgestellt werden, geben die Möglichkeit zu einer Übersicht, wie weit die Vorschriften des VDE in die Praxis der Hersteller Eingang gefunden haben. Bereits auf den Leipziger Messen der letzten Jahre hat der VDE-Messeausschuß die Ausstellungsstände elektrotechnischer Erzeugnisse auf dem Gelände der technischen Messe und in den einzelnen Messehäusern besichtigt.

Der Messeausschuß wird daher auch in diesem Jahre wieder tätig sein, um auf etwaige Verstöße gegen die VDE-Vorschriften aufmerksam zu machen und bei Beanstandung von Ausstellungsgegenständen beratend einzugreifen.

Die Hersteller werden eine derartige Beratung besonders deswegen begrüßen, weil in der zweiten Durchführungsverordnung des Energiewirtschaftsgesetzes die VDE-Bestimmungen als anerkannte Regeln der Technik festgelegt wurden, nach denen elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte eingerichtet und unterhalten werden müssen.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

#### Normen für Elektro-Kohleherde

Die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie hat Entwürfe zu den Normblättern

DIN 3348 Dauerbrandherde aus Stahlblech mit Elektro-Kohleheizung, Abmessungen und Ausführung, und  
DIN 3349 —, Einzelteile

aufgestellt, die in den „DIN-Mitteilungen“ Bd. 23 (1940) H. 2, S. N 16/17 veröffentlicht sind.

Diese Normblätter bilden einen Teil der „Baubestimmungen für Dauerbrandherde aus Stahlblech mit Elektro-Kohleheizung“, die zur Zeit in Bearbeitung sind, und die für Neukonstruktionen verbindlich werden sollen; sie gelten aber nicht für Herde von Plattenbreiten über 1 m, Sonderherde für bestimmte Brennstoffe, z. B. Grudherde, Unterbrandherde sowie sonstige Sonderherde für die Braunkohlen der Ostmark und des Sudetengaus u. a.

Einsprüche gegen die Normblattentwürfe sind bis zum 15. April 1940 in doppelter Ausfertigung an die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, Berlin W 35, Corneliusstr. 3, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

#### Bezirk Berlin

#### vormals Elektrotechnischer Verein (Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

#### Fachversammlung

des Fachgebiets „Theoretische Elektrotechnik“  
Leiter: Direktor Professor K. Küpfmüller VDE.

#### Vortrag

des Herrn Professor Dr. W. Cauer VDE, Berlin, am Dienstag, dem 5. März 1940, um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal HG 25, über das Thema:

„Neuere Ergebnisse der Theorie der linearen Wechselstromschaltungen (Netzwerke)“.

#### Inhaltsangabe:

Ortskurven — Nachbildungsschaltungen — Künstliche Leitungen — Filter — Frequenzweichen

Eintritt und Kleiderablage frei.

#### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.  
5. März 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, Vortragsreihe: „Bremsen“, „Gleich- und Wechselstrom-Widerstandsbremsen“. Vortragender: Professor Dr.-Ing. Paul Müller VDE.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.  
8. März 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, „Regelung von Stromrichteranlagen“. Vortragender: Dipl.-Ing. H. Schwarz VDE.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau.** 5. 3. (Di), 20<sup>00</sup>, T. H.: „Die Bedeutung des Starkstromkondensators in der Energiewirtschaft der Netze und seine technisch-wirtschaftlichen Aufgaben in der Industrie“. Dipl.-Ing. Bornitz VDE.

**VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg.** 4. 3. (Mo), 20<sup>00</sup>, Inst. f. Experimentalphysik: „Die Berücksichtigung des Berührungsspannungsschutzes bei der Planung von Niederspannungsanlagen“. W. Schrank VDE.

### PERSONLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**Hochschulnachrichten.** — Der nichtbeamtete außerordentliche Professor Dr. Ferdinand Trendelenburg in Berlin ist für die Dauer seiner Zugehörigkeit zum Lehrkörper einer deutschen wissenschaftlichen Hochschule zum Honorarprofessor ernannt worden.

### EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

#### Bücher

DK 621-233.2

Einbau und Wartung der Wälzlager. Von W. Jürgensmeyer (Werkstattbücher H. 29). Mit 102 Abb., 2 Taf., 6 Tab. u. 65 S. im Format 155×225 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 2 RM.

[Das Buch gibt einen eingehenden Überblick zu den Wälzlagern als Kugel- und Rollenlager in den verschiedenen Bauarten. Die Elektrotechniker interessieren diese Lager im Generatoren- und Elektromotorenbau. Die Konstruktion der Wälzlager, die Beschaffenheit der Sitz- und Stützflächen, das Prüfen der Sitzflächen, der Ein- und Ausbau der Wälzlager, ihre Wartung werden mit vielen praktischen Hinweisen erörtert. Das Überwachen der Achslager in Schienenfahrzeugen, die Schwierigkeiten macht, das Nachschmieren und Reinigen der Lager für ortsfeste Elektromotoren ist eingehend erörtert. Im Abschnitt „Lagerschäden und ihre Ursachen“ sind verschiedene Fälle aus der Elektrotechnik beschrieben. Alle im Betrieb Tätigen können aus dem Buch guten Nutzen für ihre Arbeiten ziehen.]

A. Przygode

#### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. G. Brockhaus, Potsdam-Babelsberg, Dietrich-Eckart-Str. 8.  
Dipl.-Ing. H. Derigs, Berlin-Siemensstadt, Geißlerpfad 27.  
Ing. S. Herbst, Dortmund, Stübchenstr. 4.  
Dr.-Ing. E. Hettwig, Berlin-Wilmersdorf, Südwestkorso 55.  
Ing. W. Jaekel VDE, Berlin-Wilmersdorf, Bechstedter Weg 2.  
Ing. H. Kaiser, Weilmünster a. d. Bergstraße, Hildastr. 2.  
Obering. F. Kelbe VDE, Berlin-Rummelsburg, Archibaldweg 36.  
Dr. A. Kuntze VDE, Düsseldorf-Bilk, Völklinger Str. 40.  
Dr.-Ing. H. Lübeck, Berlin-Wilmersdorf, Berliner Str. 160.  
Dipl.-Ing. A. Ohlhoff VDE, Mannheim, Richard-Wagner-Str. 52.  
A. Pfeiffer, Berlin-Falkensee, Muselowstr. 21.  
Oberbaurat Prof. A. Rachel VDE, Berlin-Charlottenburg, Eberesch-  
Allee 14.  
W. A. Seelig, Berlin-Charlottenburg 4, Goethepark 18.  
F. Voss, Berlin-Spandau, Franzstr. 38.

Abschluss des Heftes: 23. Februar 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
Stellvertretung: G. H. Winkler VDE  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.  
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# E T Z

## ZWEITES BERICHTSHEFT

Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1940

61. Jahrgang · Heft 10

7. März 1940

### Inhalt:

	Seite
<b>Aus der Entwicklung des Kathodenfallableiters für Hochspannung</b>	
Von H. Geißler VDE . . . . .	229
<b>Berührungsspannungen in Abbaubeleuchtungen und ihre Bekämpfung</b>	
Von J. Gonsior . . . . .	233
<b>Luftumwälzöfen</b>	
Von K.-A. Lohausen . . . . .	235
<b>Siemens-Hell-Schreiber</b>	
Von F. Berck . . . . .	237
<b>Schweißen von dünnen Stahlblechen</b>	
Von Wilhelm Müller . . . . .	240
<b>Das Zusammenwirken verschiedener Meßverfahren in neuzeitlichen Selektivschutzeinrichtungen</b>	
Von H. Neugebauer . . . . .	243
<b>Über Hochspannungs-Gleichrichter für Laboratoriumszwecke</b>	
Von G. Häder . . . . .	245
<b>Das Leuchtschaltbild für elektrische Schaltwarten</b>	
Von F. Parschalk VDE . . . . .	247
<b>Anzeigende Frequenzmeßgeräte für die Ton- und Hochfrequenztechnik</b>	
Von H. Lübeck . . . . .	252

### Nachrichten aus der Industrie

Prüfung des Gleichstromwandlers und seine Fehlerkompensation 255 — Niederspannungsschalter und -geräte 256 — Meß- und Prüfgeräte 261 — Lichttechnik 263 — Werkstoffe 266 — Verschiedenes 266

### Verschiedenes

<b>Bekanntmachungen</b>	
VDE: Ausschuß für Drähte und Kabel . . . . .	268
VDE Bezirk Berlin: Fachversammlung. Arbeitsgemeinschaften . . . . .	268
Sitzungskalender . . . . .	268
Buchbesprechung . . . . .	268

### Aufsätze der neuesten Hefte von „Elektrotechnik u. Maschinenbau“

(1940, H. 9/10): W. Schuiskey, Über die Stromverteilung im Anlaufkäfig eines Synchronmotors — F. Niethammer, Versuch zur genauen Berechnung eines Hubmagneten — O. Deißler, Steuereinrichtung zur Erzielung einer Feinfahrt bei Hubwerken mit Drehstromschleifring- oder Kurzschlußläufermotoren.

(1940, H. 11/12): Aschenbrenner, Untersynchrone Regelung von Drehstrom-Asynchron-Motoren mit Gleichstrom-Bremsmaschinen bei Hebezeugantrieben — Stößinger, Die Bemessung von Diesel-Notstromsätzen im Hinblick auf die Vorgänge beim Zuschalten der Last — H. Franken, Verschleißfeste Schaltgeräte — Simon, Neuzeitliche elektrische Widerstandsöfen und Schutzgaseinrichtungen — Unterwasserpumpe — E. Grund, Kraftmeßanlagen mit elektrischen Meßdosen für Kraftmessungen bei spanabhebenden Vorgängen — Knörlein, Armaturen für Hochdruck-Heißdampf.

# Firmen-Verzeichnis

zu den in diesem Heft enthaltenen Anzeigen

	Seite
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin NW 40	
8, 9, 20, 37, III. Umschl.-S.	
Auto-Union A.-G., Chemnitz . . . . .	41
<b>B</b> augatz, Ludwig, Kondensatorenfabrik, Berlin-Neukölln	47
Baumgartner, Franz, Köln-Klettenberg . . . . .	50
Bergedorfer Eisenwerk A.-G., Hamburg-Bergedorf 3 . . . . .	41
Berliner Quarz-Schmelze G. m. b. H., Berlin-Heinersdorf	22
Bokelmann & Straßburg, Berlin-Hohenschönhausen . . . . .	4
Brown, Boveri & Cie. A.-G., Mannheim 2 . . . . .	12 13
Bumke-Voss-Werke GmbH., Braunschweig . . . . .	51
<b>C</b> alor-Emag Elektrizitäts-A. G., Ratingen . . . . .	3
Carstens, Wilhelm, Hamburg-Wilhelmsburg . . . . .	2
Conz Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Hamburg-Bahrenfeld . . . . .	24
Cruse, Gebr., & Co., Dresden-N. 30 . . . . .	44
<b>D</b> eutsche Glimmlampen Ges. m. b. H., Leipzig C 1 . . . . .	51
Deutsche Vacuumapparate Dreyer & Holland-Merten G. m. b. H., Sangerhausen . . . . .	36
<b>E</b> lektro-Glimmer- u. Preßwerke Scherb & Schwer K.-G. vorm. Jaroslaw, Berlin-Weißensee . . . . . IV. Umschl.-S.	
Elektromotor „Skrat“ Elektrofabrik, Hohenstadt-March., Sudetengau . . . . .	38
Elektrotechnische Fabrik J. Carl G. m. b. H., Oberweimar (Thür.) . . . . .	42
Elektrowerke Akt.-Ges., Berlin W 62 . . . . .	7
Elin, A. G. für elektrische Industrie, Wien I . . . . .	11
Ellinger & Geissler, Dorfhain (Bez. Dresden) . . . . .	22
Engel, Ing. E. u. Fred., Wiesbaden . . . . .	52
Excelsior-Werk Rudolf Kiesewetter, Leipzig C 1 . . . . .	43
<b>F</b> ein, C. u. E., Stuttgart-W. . . . .	40, 52
Felten & Guillaume Carlswerk A.-G., Köln-Mülheim	1
Fernholz Apparate, Berlin SW 68 . . . . .	20
Finsterhölzl, Raimund, Ravensburg (Württbg.) . . . . .	46
Firchow, Paul, Nachfr. A.-G., Berlin SW 61 . . . . . I. Umschl.-S.	
Fonovits, Ing. Richard, Wien . . . . .	45
Frako Kondensatoren- u. Apparatebau W. Melke, Teningen (Baden) . . . . .	16
<b>G</b> ewerkschaft Eisenhütte Westfalia, Lünen . . . . .	45
Geyer, Christian, K.-G., Nürnberg . . . . .	47
Görler, Julius Karl — Transformatorfabrik, Berlin-Charlottenburg I . . . . .	17
Gossen, P., & Co., Komm.-Ges., Erlangen . . . . .	18
Graf, Dr., G. m. b. H., Gotha . . . . .	43
Grefe, Ludwig, Maschinenfabrik, Lüdenscheid i. Westf. . . . .	51
<b>H</b> ackethal-Draht- und Kabel-Werke A.-G., Hannover	6
Hahn & Kolb, Stuttgart . . . . .	32
Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M. . . . .	33
Heid & Co., Schönthal b. Neustadt a. Haardt III. Umschl.-S.	
Heliogen Elektrot. Fabrik, Herm. Pawlik, Bad Blankenburg i. Thür. . . . .	51
Hellermann, Paul, Hamburg I . . . . .	6
Hessenwerke Elektrotechnische u. Maschinenfabrik G. m. b. H., Darmstadt . . . . .	48
Hochspannungs-Gesellschaft Fischer & Co., Köln-Zollstock	14
Hofmann, J. Wilh., Radebeul b. Dresden . . . . .	10
Holländische Draht- und Kabelwerke A.-G., Amsterdam	52
Horn, Guido, Maschinenfabrik, Berlin-Weißensee . . . . .	38
Hundt & Weber G. m. b. H., Geisweid (Kreis Siegen) . . . . .	38
II. Umschl.-S.	

	Seite
Ingenieursschule Weimar, Weimar . . . . .	52
Irrion & Voßeler Zählerfabrik, Schwennungen a. N. . . . .	52
Isabellenhütte Heusler K.-G., Dillenburg, Hess.-N. . . . .	46
Jordan, Paul, Elektrot. Fabrik, Berlin-Steglitz II. Umschl.-S.	
Jungfajans & Kolosche, Leipzig C 1 . . . . .	50
Junker, Otto, G. m. b. H., Lammersdorf, Aachen I . . . . .	43
Kabelwerk Reinshagen, Wuppertal-Ronsdorf . . . . .	36
Kadfe & Co. G. m. b. H., Sänitz. Kr. Rothenburg, O.-L.	52
Kainpf, Erwin, Bielestein-Mühlen (Rhld.) . . . . .	44
Kejse, Walter, Ober-Ing., Bensheim/Bergstr. . . . .	52
Keller & Knappich GmbH., Augsburg . . . . .	45
Klöckner, F., K.-G., Köln-Bayenthal . . . . .	31
Köttgen, H., & Cie., G. m. b. H., Berg.-Gladbach . . . . .	40
Kuhlmann, Franz, Wilhelmshaven . . . . .	40
Länge, Dr. B., Berlin-Zehlendorf-W. . . . .	4
Leising, Dr. Alb., K.-G., Inh. Muschi & Co., Nürnberg 20	52
Löw, Emil, Kachelofenfabrik, Baden-Baden-Oos. . . . .	50
Mako Maschinen Co. G. m. b. H., Erfurt . . . . .	16
Metz-Gesellschaft Kind & Söhne, Rodenkirchen (Rhein)	52
Metrawatt Aktiengesellschaft, Nürnberg-O. . . . .	2
Minimax A.-G., Berlin NW 7 . . . . .	51
Mitteldeutsche Schaltapparate-Gesellschaft m. b. H., Eisenach . . . . .	41
Muth & Co., Nürnberg . . . . .	38
Nachtrodt, Wilhelm, Schalksmühle (Westf.) . . . . .	51
Neuberger, Josef, Fabrik elektrischer Meßinstrumente, München 25 . . . . .	4
Neumann, E., Hochspannungs-Apparate, G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg 5 . . . . .	5
Nostitz & Koch, Chemnitz . . . . . III. Umschl.-S.	
Osram G. m. b. H., Komm.-Ges., Berlin O 17 . . . . .	29
Pestner, Walter, Leipzig O 5/1 . . . . .	52
Physikalisch-techn. Entwicklungslabor Dr. Rohde & Dr. Schwarz, München 9 . . . . .	44
Pintsch, Julius, K.-G., Berlin O 17 . . . . .	18
Poetter & Schütze G. m. b. H., Essen-Rellinghausen . . . . .	45, 47
Porzellanfabrik zu Kloster Veilsdorf, Veilsdorf a. d. Werra	35
Preßspanfabrik Untersachsenfeld Aktiengesellschaft vorm. M. Hellinger, Untersachsenfeld, Post Schwarzenberg- Neuwelt (Sa.) . . . . .	52
Quante, Wilhelm, Wuppertal-Elberfeld . . . . .	43
Rectron G. m. b. H., Berlin O 112 . . . . .	20
Rheinische Kohlebürstenfabrik Franz Wenzel K.-G., Ahrweiler . . . . .	41
Ringsdorff-Werke K.-G., Mehlem a. Rhein . . . . .	24
Roehrig Meyer G. m. b. H., Berlin N 38 . . . . .	48
Sachsenwerk Licht- u. Kraft A.-G., Niedersedlitz, Sa.	19
Schanzenbach, G., & Co., G. m. b. H., Frankfurt a. M.- West 13 . . . . .	22
Schiele Industrierwerke Inh. Franz Schiele, Hornberg (Schwarzwaldbahn) . . . . .	35
Schiffmann, A., München 2 . . . . .	23
Schlothauer, C. & F., G. m. b. H., Ruhla i. Thür. . . . .	51
Schoeller & Hoesch, Gernsbach (Baden) . . . . .	42
Schorch-Werke A.-G., Rheydt . . . . .	34
Schuler, L., A.-G., Göppingen (Württ.) . . . . .	21
Schunk & Fbe, Gießen . . . . .	23
Seehase, Dr.-Ing., Berlin SO 36 . . . . .	52
Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt	25
Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt	24, 26, 27,
Sistrah-Licht G. m. b. H., Stuttgart-W. . . . .	44
Södingstahlwerke I. C. Söding & Halbach, Hagen (Westf.)	48
Stabilovolt G. m. b. H., Berlin SW 68 . . . . .	36
Starkstrom-Apparatebau G. m. b. H., Berlin SO 36 . . . . .	36

	Seite
<b>Steatit-Magnesia Aktiengesellschaft, Lauf (Pegnitz)</b> . . . . .	15
<b>Stein, M., Hamburg 11</b> . . . . .	52
<b>Stemmann, August, Fabrik elektrot. Artikel, Münster i. W.</b> . . . . .	50
<b>Still, Hans, Motorenfabrik, Hamburg 48</b> . . . . .	42
<b>Stöhr, Christian, Marktleuthen i. Bay.</b> . . . . .	52
<b>Stotz-Kontakt G. m. b. H., Mannheim</b> . . . . .	39
<b>Süddeutsche Apparate-Fabrik G. m. b. H., Nürnberg 2</b> . . . . .	40
<b>Süddeutsche Kabelwerke, Mannheim</b> . . . . .	21
<b>Telefunken Gesellschaft m. b. H., Berlin SW 11</b> . . . . .	49
<b>Tornado G. m. b. H., Berlin N 65</b> . . . . .	49
<b>Venditor Kunststoff-Verkaufsgesellschaft m. b. H., Troisdorf Bez. Köln.</b> . . . . .	30
<b>Visomat G. m. b. H., Leipzig C 1</b> . . . . .	51
<b>Vorwerk &amp; Sohn, Wuppertal-Barmen</b> . . . . .	52
<b>Wagner, Günther, Pelikan-Werke, Hannover</b> . . . . .	52
<b>Wieland, Dr. Th., Pforzheim (Baden)</b> . . . . .	50
<b>Wunderle, J. Ed., Mainz-Kastel</b> . . . . .	52
<b>Zeh, Wilhelm, Freiburg i. Br.</b> . . . . .	42

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 7. März 1940

Heft 10

## Aus der Entwicklung des Kathodenfallableiters für Hochspannung

Von H. Geißler VDE, Berlin

DK 621.316.933.6.001.6

### Einleitung

Das Bestreben, elektrische Anlagen vor den Auswirkungen von Gewitterüberspannungen zu schützen, ist so alt wie die Energieübertragung selbst. Im Laufe der Zeit sind verschiedenartige Schutzmaßnahmen entwickelt worden. Nach Einführung der Erdschlußlöschung nahm die Anzahl der Gewitterstörungen, insbesondere auf den Hochspannungsleitungen, bedeutend ab. Alle übrigen Schutzgeräte, die dem Schutz der Stationsisolation dienen sollten, wie Hörnerableiter, Schutzdrosseln und Kondensatoren sowie ihre Abarten bzw. Kombinationen, hatten zu einer Beruhigung der elektrischen Kraftübertragung nicht wesentlich beitragen können. Das lag vor allem daran, daß es bis dahin nicht möglich gewesen war, einen klaren Einblick in das Gebiet der Gewitterüberspannungen selbst zu tun. Im Jahre 1925 gelang es jedoch Rogowski durch Weiterentwicklung der Braunschen Röhre zum Hochleistungs-Kathodenstrahloszillographen, zum ersten Male Wanderwellen auf Leitungen aufzuzeichnen, wobei selbst Vorgänge dargestellt werden konnten, die sich in weniger als einer millionstel Sekunde abspielten. Obgleich man die Anforderungen, die an ein brauchbares Überspannungsschutzgerät gestellt werden müssen, bereits vorher kannte, wurde erst mit der Durchbildung des Kathodenstrahloszillographen die Möglichkeit für eine experimentelle Untersuchung der Vorgänge im Überspannungsableiter gegeben. Gleichzeitig setzte allenthalben eine rege Tätigkeit zur Erforschung der elektrischen Vorgänge in der Atmosphäre und der Auswirkungen der Gewitterüberspannungen auf elektrische Leitungsnetze ein.

### Die überspannungstechnischen Forderungen an einen Ableiter

Ein zum sicheren Schutz der Anlage brauchbarer Ableiter muß folgende Eigenschaften eines idealen Ableiters in möglichster Annäherung haben:

1. Der innere Widerstand des Ableiters muß sich der Größe des durchfließenden Ableitstromes selbsttätig anpassen, so daß der aus dem Produkt von Strom und Widerstand resultierende Spannungsabfall annähernd konstant bleibt bzw. einem Grenzwert zustrebt, der stets kleiner als die Überschlagspannung der zugehörigen Isolation ist.
2. Beim Erreichen der Ansprechspannung muß der Weg für die Ableitung des gefährlich hohen Teiles der Überspannungswelle nach Erde möglichst ohne Verzögerung freigegeben werden.

3. Die den Ableiter bei unmittelbarem Blitzschlag durchfließenden Ströme sollen möglichst ohne Schaden für den Ableiter abgeführt werden.
4. Nach dem Ablauf der Überspannung muß der nachfolgende Strom von Betriebsfrequenz im Ableiter mit Sicherheit möglichst schnell unterbrochen werden, um den Betrieb der Anlage nicht zu gefährden.

Ein Überspannungsableiter besteht aus einem Dämpfungswiderstand und aus einem äußerst rasch arbeitenden „Schnellschalter“ in Form von Funkenstrecken, der einmal den mit der Erde verbundenen Widerstand im Augenblick des Auftreffens einer Überspannung an den Leiter legt, um ihn nach dem Ableitvorgang schnellstens wieder abzutrennen.

### Der spannungsabhängige Widerstand

Die Siemens-Schuckertwerke griffen bei der Durchbildung ihrer Kathodenfallableiter, die bereits im Jahre 1929 in größerem Umfang in Hochspannungsnetze eingebaut wurden, zunächst auf einen Gedanken von J. Slepian zurück. Durch Verwendung von Elektroden aus Widerstandsmaterial wurde die Konzentration der Stromfäden in der Entladung zu einem Lichtbogenkanal vermieden. Es bildet sich bei Atmosphärendruck eine Glimmentladung hoher Stromdichte mit einer Brennspannung von 300 bis 350 V aus. Bringt man die Elektroden in einen so geringen Abstand voneinander, daß die Überschlagspannung nur etwas mehr als 350 V beträgt, so erreicht man z. B., daß bei 500 V die Strecke überschlagen wird und die Entladung bei 300 V wieder erlischt. Schaltet man nun mehrere solcher Elemente hintereinander, so daß die Summe aller Brennspannungen der Entladung größer ist als die zwischen beiden Endelektroden liegende Wechselspannung, so ist der nachfließende Strom bei dieser Anordnung verschwindend gering. Beim Auftreffen hoher Überspannungen kann dagegen ein großer Strom hindurchfließen, ohne daß der Spannungsabfall an dem Plattenstapel übermäßig hoch wird. Tatsächlich war beim Kathodenfallableiter die Zahl der Elemente so bemessen, daß der nachfolgende Betriebsstrom nicht völlig unterdrückt war, denn die Halbleiterplatten wurden unmittelbar übereinander gestapelt, und der über die wenigen Berührungspunkte nachfließende kleine Betriebsstrom wurde durch eine vorgeschaltete Löschfunkenstrecke abgeschaltet. Außerdem hatte eine davor angeordnete Vorfunkenstrecke die Aufgabe, durch Schaffung einer längeren Isolationsstrecke die Ableiterelemente von dem Netz getrennt zu halten. Auch heute noch sind diese drei



Elemente: Vorfunkstrecke, Löschkfunkstrecke und Widerstandskörper die Bausteine der Kathodenfallableiter.

In den Jahren 1933 bis 1934 wurde bei den SSW ein neues Widerstandsmaterial entwickelt, das auf der Grundlage des Siliziumkarbids aufgebaut ist. Dieser Werkstoff weist im Gegensatz zu den vorher verwendeten Halbleiterstoffen für die Elektroden eine besonders stark fallende Widerstandscharakteristik auf. Damit war es möglich, das Schutzvermögen der Kathodenfallableiter stark zu erhöhen; denn der Spannungsabfall an dem Widerstandskörper der Kathodenfallableiter einschließlich der Kathodenfälle der Glimmentladungen wurde dadurch annähernd unabhängig von der Ableitstromstärke. Die Kathodenstrahloszillogramme im Bild 1 zeigen den Ver-

unterhalb 70 kV würde in einer Kopfstation einen Überschlag der 20 kV-Isolation auch ohne Ableiter nicht hervorrufen, während bei einer einfallenden Welle von 100 kV trotz des Hörnerableiters ein Schutz der 20 kV-Isolation nicht mehr möglich war.

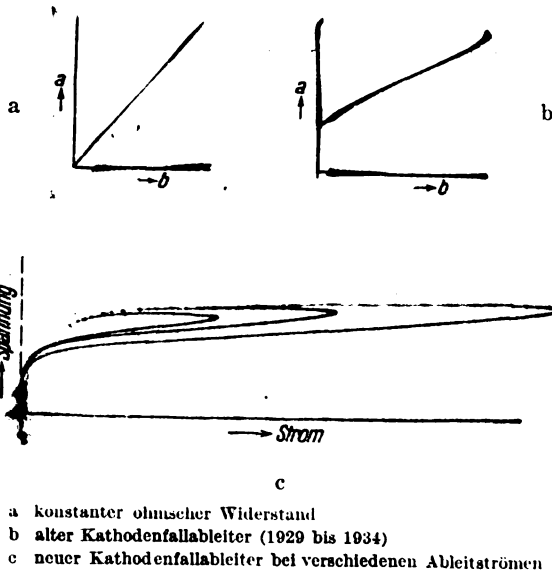


Bild 1. Kathodenstrahloszillogramme von Strom-Spannungs-Kennlinien.

gleich der Stromspannungscharakteristiken von Kathodenfallableitern sowohl mit dem anfänglich verwendeten Halbleiterwerkstoff (Bild 1 b) als auch mit dem seit 1934 verwendeten neuartigen Widerstandsmaterial (Bild 1 c); Bild 1 a zeigt die geradlinige Stromspannungscharakteristik eines Widerstandes von konstantem Wert. Man sieht vor allem aus dem Bild 1 c, daß eine Erhöhung der Ableitstromstärke nur einen unwesentlichen Einfluß auf den Spannungsabfall am Widerstandselement des Kathodenfallableiters hat.

Ein flacher Verlauf der Stromspannungskennlinie ist wichtig. Bei den alten Ableitern, sowohl beim Hörnerableiter mit seinen Abarten als auch bei dem älteren Kathodenfallableiter, stieg der Spannungsabfall verhältnismäßig stark mit dem Ableitstrom an, so daß ein sicherer Schutz der Isolation von Anlagen nur bei einfallenden Wanderwellen von mäßiger Höhe möglich war. Bild 2 zeigt die Schutzkennlinie der neuen Kathodenfallableiter im Vergleich zu derjenigen der Kathodenfallableiter alter Bauart sowie der Hörnerableiter. Man ersieht den großen Unterschied in der Schutzwirkung. Während z. B. bei einer einfallenden Welle von 300 kV ein Kathodenfallableiter neuer Bauart für 20 kV Betriebsspannung die Wanderwelle in einer Kopfstation auf etwa 80 kV begrenzt und damit sogar die Isolation der Reihe 10 noch schützen kann, hatte der Kathodenfallableiter alter Bauart mit einer Begrenzungsspannung von 165 kV selbst die zugehörige Isolation der Reihe 20 nicht mehr schützen können. Man sieht auch, daß ein Hörnerableiter nur in einem geringen Wanderwellenbereich eine Existenzberechtigung besaß; denn eine einfallende Wanderwelle

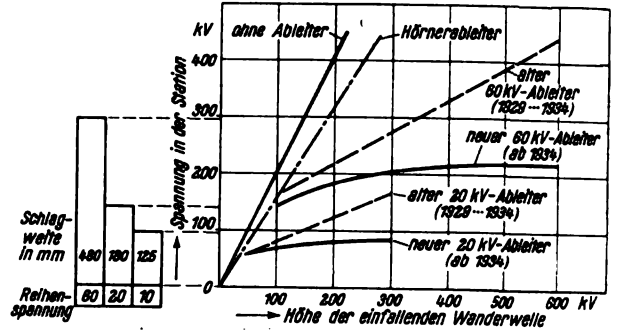


Bild 2. Vergleich der Schutzkennlinien von Hörnerableiter sowie alten und neuem Kathodenfallableiter für 20 und 60 kV Nennspannung in Kopfstation.

Die Verbesserung des Ansprechvorganges des Ableiters

Die Ansprechspannung der zum Löschen des nachfolgenden Netzstromes erforderlichen Löschkfunkstrecke kann klein gehalten werden, weil auch ihr Löschvermögen wegen des kleinen nachfolgenden Stromes von Betriebsfrequenz nur verhältnismäßig klein zu sein braucht; denn das Löschvermögen einer Löschkfunkstrecke steigt und fällt mit der Ansprechspannung. Deshalb konnte beim Kathodenfallableiter außer der Löschkfunkstrecke noch eine Vorfunkstrecke angeordnet werden, ohne daß die gesamte Ansprechspannung den geforderten Wert von etwas mehr als dem Zweifachen der Ableiternennspannung wesentlich überschritt. Durch die Vorfunkstrecke ließ sich eine außerordentliche Verlängerung des inneren Kriechweges im Ableitergehäuse erreichen, was auf die

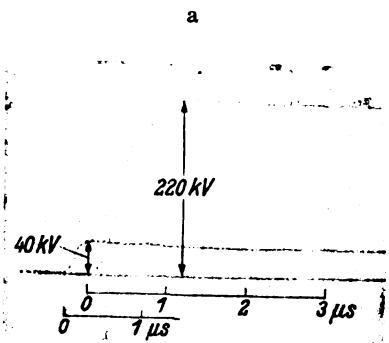
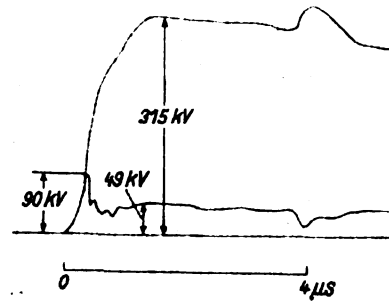


Bild 3. Absenkung einer Überspannungswelle durch 10 kV-Kathodenfallableiter.

Dauerhaftigkeit und die Betriebssicherheit eines Ableiters von günstigem Einfluß ist.

Mit dieser aus Kugelelektroden bestehenden Vorfunkstrecke war jedoch zunächst ein Nachteil für das Ansprechen des Kathodenfallableiters beim Auftreffen von Wanderwellen verbunden. Es trat eine, wenn auch kurzzeitige, so doch beträchtliche Spannungsspitze beim Ansprechen des Ableiters auf. Aus dem Kathodenstrahloszillogramm Bild 3 a ersieht man, daß bei einem 10 kV-Ableiter der älteren Bauart die Ansprechspannung etwa 90 kV betrug gegenüber der Begrenzungsspannung von

nur 49 kV. Mit Rücksicht auf den Schutz besonders empfindlicher Isolation war es erforderlich, diese Ansprechspitze zu beseitigen. Diese Aufgabe wurde im Jahre 1934 in vollkommener Weise durch Ausbildung geteilter Kugelelektroden an Stelle der Vollkugeln erreicht. Bild 4 gibt eine schematische Darstellung der geteilten Kugelelektroden wieder. Jede Elektrode besteht im wesentlichen aus zwei Teilen, einem Stift und einer Kugelkalotte, die voneinander räumlich getrennt, aber durch einen hohen Widerstand miteinander verbunden sind. Bei einer Frequenz von 50 Hz ist der Spannungsabfall des Verschiebungsstromes, der von der Kalotte ausgeht, so gering, daß der Zentralstift und die Kalotte das gleiche Potential haben. Bei raschem Spannungsanstieg ist jedoch der Spannungsabfall an dem Widerstand so beträchtlich, daß elektrisch eine Anordnung Spitze/Spitze oder Spitze/Platte entsteht. Der Entladeverzug einer solchen Anordnung ist bei gleicher Schlagweite kleiner als der Entladeverzug zwischen glatten Kugelelektroden. Hinzu kommt aber noch, daß zwischen Stift und äußerer

im Verhältnis zu dem Scheinwiderstand der Kapazität des Steuerringes gegen Erde groß; er beträgt  $10^6 \Omega$  gegenüber etwa  $10^4 \Omega$ . Man kann also annähernd sagen, daß der Steuerring bei Wechselspannung so wirkt, als wenn er mit der oberen Ableiterkappe unmittelbar oder über einen kleinen Widerstand elektrisch verbunden wäre, während er bei Stoßvorgängen gewissermaßen von der Ableiterkappe elektrisch abgetrennt ist. Aus Bild 5 b, das die in der elektrolytischen Wanne experimentell aufgenommene Potentialverteilung darstellt, ersieht man auf der rechten Bildseite, daß bei direkt verbundenem Steuerring der

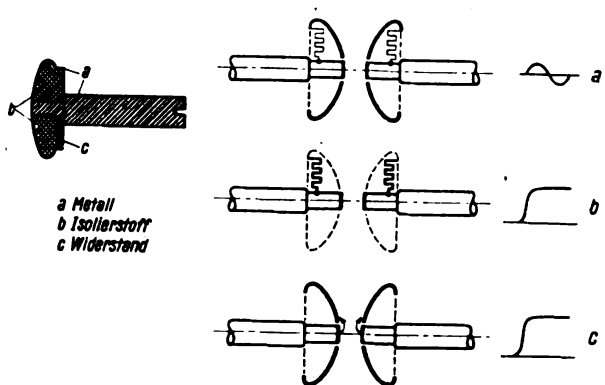
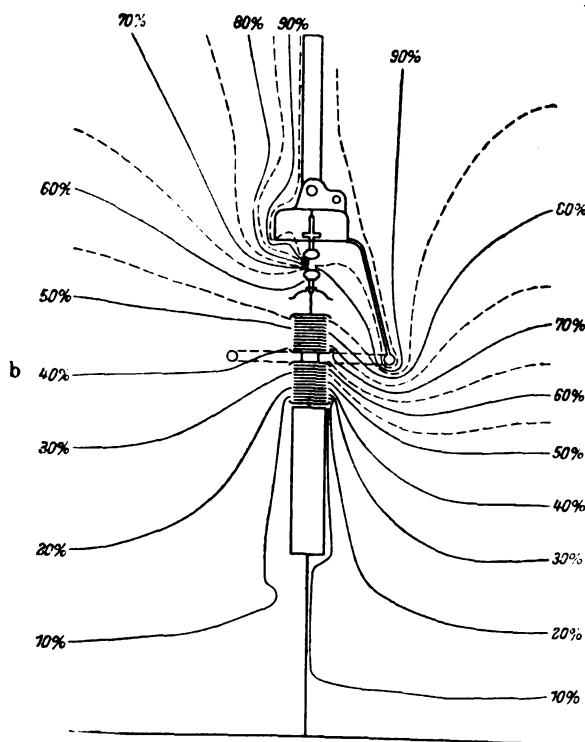
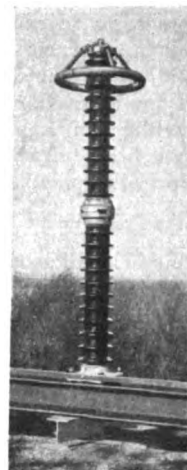
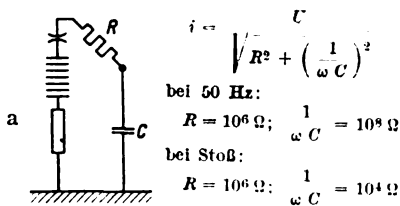


Bild 4. Aufbau und Wirkungsweise der geteilten Kugelelektroden.

Hülle ein kleiner Zündfunke überschlägt, der eine kräftige Vorionisierung des Überschlagweges bewirkt. An diesen „geteilten Elektroden“ wurde bei 5 mm Abstand der Kugeln die Überschlagspannung bei Stößen von  $2 \mu s$  Halbwertdauer zu 60 % der statischen Überschlagspannung gemessen; der Stoßfaktor betrug hierbei demnach 0,6 gegenüber 1,2 bei Vollkugeln. Bei Beanspruchung mit Stoßspannung ist der Ableiter also besonders empfindlich und spricht praktisch ohne Entladeverzug an. In dem Kathodenstrahlzillogramm Bild 3 b, das an einem neuen Kathodenfallableiter für ebenfalls 10 kV Nennspannung mit geteilten Kugelelektroden aufgenommen wurde, ist, wie man deutlich sehen kann, eine Ansprechspitze nicht mehr vorhanden.

Bei den Kathodenfallableitern für hohe Nennspannungen, d. h. für Spannungen oberhalb 80 kV, ist eine Vorfunkentrecke aus geteilten Elektroden nicht mehr in der Lage, den Stoßfaktor des gesamten Ableiters auf einen gewünschten niedrigen Wert herabzusetzen. Mit Rücksicht auf den knapp bemessenen Sicherheitsgrad bei hohen Nennspannungen muß aber ein niedriger Stoßfaktor und damit auch eine geringe Ansprechverzögerung gerade für diese Ableiter gefordert werden. Die Kathodenfallableiter oberhalb 80 kV werden deshalb zusätzlich mit einem Potentialsteuerring ausgerüstet. Der Aufbau des Steuerringes geht aus Bild 5 c hervor. Er besteht aus einem Metallring, in dessen Speichen aus Isolierrohr hochohmige Widerstände untergebracht sind, die ihn mit der oberen Metallkappe verbinden. Bei Wechselspannung ist der hochohmige Widerstand  $R$  im Verhältnis zu dem weit höheren Scheinwiderstand  $1/\omega C$ , der durch die Kapazität des Steuerringes gegen Erde gegeben ist, vernachlässigbar klein; er beträgt z. B., wie im Bild 5 a wiedergegeben,  $10^6 \Omega$  gegenüber  $10^8 \Omega$ . Für auftretende Wanderwellen ist dagegen der hochohmige Widerstand in den Ringspeichen



a Prinzipschaltung  
b Potentialverteilung nach Messungen in der elektrolytischen Wanne bei Stoß- (links) und Wechselspannung (rechts)  
c Kathodenfallableiter für 120 kV Nennspannung mit Steuerring

Bild 5. Potential-Steuerung für Kathodenfallableiter.

Spannungsanteil der Vorfunkentrecke nur gering ist. Daraus ergibt sich eine hohe Wechselansprechspannung. Aus der linken Bildseite, wo der Steuerring von der Ableiterkappe elektrisch abgetrennt ist, erkennt man den im Gegensatz dazu großen Spannungsanteil, der an der Vorfunkentrecke liegt. Bei Stoßvorgängen ist deshalb die Ansprechspannung klein, die Schutzwirkung für die Isolation also groß.

Die Kathodenfallableiter für hohe Nennspannungen haben auf Grund des Potentialsteuerringes einen Stoßfaktor, der im allgemeinen zwischen 0,8 und 1,0 liegt.

Die Erhöhung des Ableitvermögens der spannungsbegrenzenden Widerstandskörper

Die alten Hörnerableiter hatten nur ein sehr geringes Ableitvermögen von noch nicht 100 A aufzuweisen. Bei größeren Ableitströmen erfolgte bereits Überschlag der Anlagenisolation. Die alten Kathodenfallableiter des Jahres 1929 bedeuteten demgegenüber eine wesentliche Verbesserung, da sie in der Lage waren, Ströme von einigen hundert bis fast 1000 A abzuleiten. Bei größeren Ableitströmen wurde entweder der Widerstandsplattenstapel zerstört, oder die zu schützende Isolation der Anlage schlug infolge des zu hohen Spannungsabfalles am Ableiter über. Das läßt sich mit Hilfe der aus den Wanderwellengesetzen abgeleiteten Beziehung für den Ableitstrom  $i = \frac{2U - u}{Z}$  und aus den Schutzkennlinien von Bild 2 leicht nachprüfen. Hierin bedeutet  $U$  die Spannung der einlaufenden Wanderwelle,  $u$  den Spannungsabfall am Ableiter,  $Z$  den Wanderwellenwiderstand der Freileitung. Im Jahre 1934 konnte mit der Entwicklung der neuen Kathodenfallableiter mit der verbesserten Schutzwirkung zugleich das Ableitvermögen wesentlich gesteigert werden. Diese Kathodenfallableiter waren in

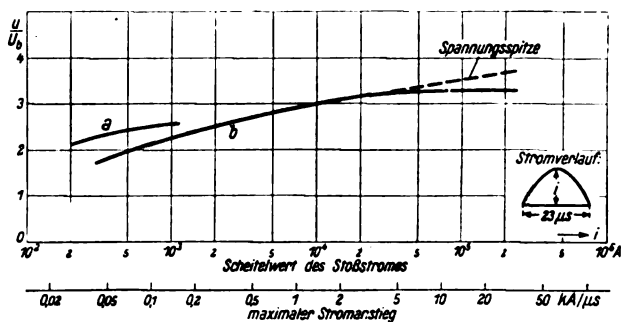
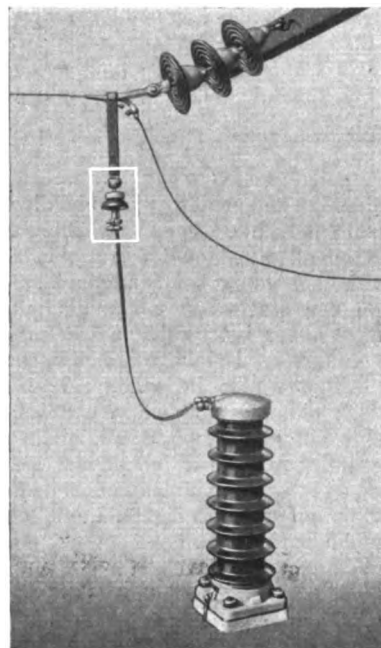
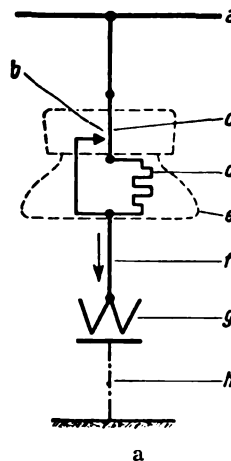


Bild 6. Ableitstrom und Begrenzungsspannung von Kathodenfallableitern bei Wanderwellen mit steiler Stirn (a) und bei Stoßströmen mit sinusförmigem Stromverlauf (b).

der Lage, Wanderwellenströme bis zu 3000 A abzuleiten. Die Begrenzungsspannung war dabei noch niedrig genug, um die Stationsisolation mit großer Sicherheit zu schützen. Damit war es bereits möglich, alle bei mittelbaren Blitzschlägen, d. h. die vom Blitz durch Induktion und Influenz auf der Freileitung erzeugten Überspannungen, sicher abzuleiten.

Das Bestreben ging aber dahin, das Ableitvermögen der Überspannungsableiter so weit zu erhöhen, daß sie selbst unmittelbaren Blitzschlägen oder wenigstens Seitenästen des Blitzes ohne Schaden für Ableiter und Station gewachsen sind. Es sollte also im ungünstigsten Fall der ganze Strom des Blitzkanals durch den Ableiter fließen können. Man weiß heute, daß im Blitzkanal Ströme bis etwa 60 000 A verhältnismäßig häufig vorkommen, und daß es sogar Blitzströme bis zu etwa 200 000 A gibt, die allerdings selten sind. Um die Entwicklung der Kathodenfallableiter im Laboratorium nach einem großen Stromableitvermögen durchführen zu können, war es notwendig, zunächst eine Stromstoßanlage zu schaffen, mit der man die im Blitzkanal vorkommenden Ströme unter Berücksichtigung der uns bekannten wichtigsten Daten des Blitzes, wie Stromanstiegsgeschwindigkeit, Dauer usw. künstlich erzeugen kann. Im Schaltwerk der SSW wurde eine solche Hochstromstoßbatterie errichtet, die ausschließlich der Weiterentwicklung der Kathodenfallableiter dient. Sie ist eine der größten ihrer Art. Es können damit Stoßströme von mehr als 300 000 A erzeugt werden, also größere Stoßströme, als bisher im Blitzkanal festgestellt wurden. Mit Hilfe dieser Stromstoßbatterie ist es möglich geworden, das Widerstands-

material der Kathodenfallableiter so zu verbessern, daß es Stromstößen von 100 000 bis sogar 200 000 A ohne Zerstörung gewachsen ist. Wir sind uns bewußt, daß der Kathodenfallableiter damit noch nicht als endgültig gewitterfest anzusprechen ist; denn die Beanspruchungen bei Gewitter können z. B. durch Mehrfachblitze außerordentlich hoch werden. Auf dem Wege zum Bau eines gewitterfesten Überspannungsableiters ist jedoch hiermit ein wesentlicher Fortschritt erzielt worden. Ebenso wichtig wie die Tatsache, daß die Widerstands-



a Prinzipschaltung  
b Ansicht  
c Einbau

Bild 7. Leitungstrenner für Kathodenfallableiter der großen Type.

scheiben der Kathodenfallableiter von so großen Stoßströmen nicht zerstört werden, ist die Eigenschaft des Widerstandskörpers der Kathodenfallableiter selbst, bei diesen großen Strömen die Isolation der elektrischen Anlagen noch sicher zu schützen. Dieser Schutz ist deshalb möglich, weil die Begrenzungsspannung des Widerstandskörpers im Kathodenfallableiter in Abhängigkeit von der Stromstärke bis zu großen Werten hin verhältnismäßig sehr flach verläuft. Dies ersieht man aus der im Bild 6 gezeigten Ableiterkennlinie. Bei einem Stoßstrom von 1000 A beträgt die Begrenzungsspannung das 2,3fache der höchst zulässigen Betriebsspannung, während bei 100 000 A die Begrenzungsspannung sich auf das 3,5fache erhöht hat. Während also die Stromstärke um das 100fache angestiegen ist, ist die Begrenzungsspannung nur um weniger als das 1,5fache angestiegen. Man kann

leicht nachrechnen, daß vor allem in Mittelspannungsanlagen auch bei diesen großen Ableitströmen die Begrenzungsspannung noch niedriger liegt als die 50 % Überschlagstoßspannung der normalen Isolation.

### Bruchsicherung und Leitungstrenner

Für den außerordentlich seltenen Fall, wo trotz des hohen Ableitvermögens des Kathodenfallableiters eine Überhitzung des Widerstandselementes durch die Wirkung von Mehrfachblitzen auftreten sollte, ist durch Anordnung einer Bruchsicherung dafür Sorge getragen, daß das Ableitergehäuse nicht zerstört wird. Wird bei dem vorgenannten Ausnahmefall der nachfolgende Netzstrom nicht mehr gelöscht, so entsteht im Innern des Ableiters ein Überdruck, der den mit einem Scherstift befestigten Boden des Ableitergehäuses abdrückt und eine Druckentlastung herbeiführt. Mit dem herabfallenden Boden wird gleichzeitig der Erdanschluß des Ableiters abgeworfen. Bei dem Kathodenfallableiter der großen Type für hohe Nennspannungen wird außer der eingebauten Bruchsicherung noch ein besonderer Leitungstrenner zwischen Leitung und Ableiter geschaltet, der bei elektrischer Beschädigung des Ableiterelementes das Anschlußseil selbsttätig abwirft und dadurch eine Betriebsstörung mit Sicherheit verhindert.

Die grundsätzliche Wirkungsweise des Leitungstrenners soll an Bild 7 erläutert werden. Beim Auftreffen einer Überspannung, die den Ableiter zum Ansprechen bringt, wird infolge des Spannungsabfalles an dem Widerstand  $d$  des Leitungstrenners die kleine Funkenstrecke  $b$  im Bild 7a überschlagen. Mit dem Löschen des nachfolgenden Netzstromes durch die Löschfunkenstrecke des Kathodenfallableiters erlischt auch der kleine Funke im Leitungstrenner. Ist dagegen das Ableiterelement beschädigt worden, so daß der nachfolgende Strom nicht mehr einwandfrei gelöscht werden kann, so schmilzt der Lichtbogen den mit einer gewissen Vorspannung be-

lasteten Draht des Leitungstrenners von der Seite her durch. Der untere Teil des Leitungstrenners fällt dann zusammen mit dem Zuleitungsseil zum Ableiter herunter und trennt somit den Ableiter vom Netz. Damit ist gleichzeitig die Fehlerstelle leicht auffindbar. Bild 7c zeigt den Einbau eines Leitungstrenners vor einem Kathodenfallableiter.

### Bewährung der Kathodenfallableiter im Betriebe

Maßgebend für die Bewertung eines Gerätes ist letzten Endes seine Bewährung im Betrieb der Anlagen. Statistische Feststellungen<sup>1)</sup> über die Abnahme der Störfrequenz nach dem Einbau neuzeitlicher Überspannungsableiter haben einwandfrei dargetan, daß die überwiegende Mehrzahl der Betriebsunterbrechungen, die durch Überschläge und Durchschläge der Stationsisolation hervorgerufen werden, durch den Einbau von Überspannungsableitern beseitigt werden konnte. Die wenigen noch übrigbleibenden Fälle lassen sich entweder auf Unzulänglichkeiten des Einbaues der Ableiter, z. B. mangelhafte Erdverbindung oder zu hohen Erdungswiderstand, zurückführen, oder sie sind durch eine an und für sich unzureichende Isolation bestimmter Anlagenteile bedingt. Der beste Beweis dafür, daß die Aufwendungen für den Einbau von Ableitern gerechtfertigt sind, stellt der ständig zunehmende jährliche Umsatz an diesen Geräten dar. Die Anschaffungskosten eines Ableiters sind weit geringer als die unmittelbar durch Beschädigung von Anlagenteilen entstandenen Kosten und als die meist nicht scharf erfassbaren Kosten durch den Ausfall der Stromlieferung bei Betriebsunterbrechungen. Die Zahl der seit 1929 von den SSW hergestellten und in Betrieben eingebauten Kathodenfallableiter für Hoch- und Niederspannung beträgt bisher insgesamt annähernd  $\frac{3}{4}$  Millionen, wovon etwa 40 % in ausländische Anlagen eingebaut sind.

<sup>1)</sup> B. v. Borries; ETZ 58 (1937) S. 493; W. Kruse, ETZ 60 (1939) S. 1417.

## Berührungsspannungen in Abbauleuchtungen und ihre Bekämpfung

Von J. Gonsior, Berlin

DK 628.976 : 622.2 : 621.316.992

Das Auftreten von Berührungsspannungen in elektrischen Anlagen unter Tage kann durch Nullung oder Schutzerdung verhindert werden. Die beabsichtigte Schutzwirkung wird jedoch nur dann erreicht, wenn der Null- bzw. Erdleiter an keiner Stelle unterbrochen ist. Brüche an diesen Schutzleitern sind um so häufiger, je öfter die elektrischen Betriebsmittel ihren Standort wechseln. Zu den Geräten, die praktisch dauernd umgelegt werden, gehören die Leuchten in Abbaubetrieben. Deshalb ist in den ortsveränderlichen Lichtanlagen mit Unterbrechungen des Schutzleiters eher zu rechnen als in allen anderen elektrischen Anlagen unter Tage. Während der Arbeit kommt jedoch die Belegschaft mit den Gehäusen der Lampen ständig in Berührung. Aus diesem Grunde muß daher in Abbauleuchtungen das Auftreten von gefährlichen Berührungsspannungen verhindert werden. Dies erreichte man bis jetzt dadurch, daß man für Abbauleuchtungen eine Betriebsspannung von 110 V wählte. Bei dieser Spannung ist im allgemeinen mit Unglücksfällen, die durch elektrischen Strom verursacht werden, nicht zu rechnen. In besonders gelagerten Fällen, die auf unglückliches Zusammentreffen mehrerer Fehler zurückzuführen sind, können jedoch Berührungsspannungen in voller Höhe der Lichtspannung auftreten.

Das Auftreten von Berührungsspannungen wird zuverlässig verhindert, wenn der geerdete Schutzleiter keine höheren Übergangswiderstände bzw. Unterbrechungen aufweist. Eine einwandfreie und ausreichende Überwachung des Erdleiters kann in Abbauleuchtungen nur durch selbsttätig arbeitende Geräte erfolgen. Die Forderung nach einem geeigneten Schutzgerät für Abbauleuchtungen wurde mit den im Laufe der Zeit wachsenden Längen der Abbaufrenten immer dringender; denn die Wahrscheinlichkeit, daß Unterbrechungen des Schutzleiters und Doppelerdschlüsse gleichzeitig auftreten, steigt mit der Länge der Lichtleitung. Hinzu kommt noch, daß bei den heute üblichen Strelängen sehr oft eine Lichtspannung von 110 V nicht mehr ausreicht. Bei einer Lichtspannung von 220 V müssen jedoch Vorkehrungen getroffen werden, welche die Inbetriebnahme der Abbauleuchtungen bei unterbrochenem Schutzleiter verhindern.

Durch den Einbau eines Schutzgerätes darf die Möglichkeit, mittels der Abbauleuchtungen Signale geben zu können, nicht unterbunden werden. Auf diesen Vorteil, den die elektrische Abbauleuchtung gegenüber anderen Beleuchtungsmitteln aufweist, will der Bergmann nicht verzichten. Darüber hinaus ergibt sich die selbstverständliche Forderung, daß das Schutzgerät auch bei Erdschluß

einer Phase ansprechen muß. Andererseits kann das Gerät sich über einen Erdschluß halten, da die Errichtungsvorschriften für Betriebe unter Tage VDE 0118 in jedem Falle die Verlegung eines geerdeten Schutzleiters verlangen. Hinzu kommt noch, daß bei der rauen Behandlung, wie diese in Bergwerksbetrieben unvermeidlich ist, alle Anforderungen nur ein Gerät erfüllen kann, das in seinem Aufbau einfach und übersichtlich ist.

Die Untersuchungsarbeiten, die von der AEG bei der Entwicklung eines geeigneten Lichtketten-Schutzgerätes geleistet wurden, zeigten in ihrem endgültigen Ergebnis, daß alle gestellten Bedingungen auch mit einem überraschend einfachen Gerät erfüllt werden können. Die Schutzwirkung wird dadurch erreicht, daß durch entsprechende Bemessung und geschickte Zuordnung von zwei Spannungsteilern und einem einzigen Widerstand ein Schutzstromkreis geschaffen wird. In diesem Schutzstromkreis wird bei irgendeiner Störung im Lichtnetz die Stromverteilung derart verlagert, daß die Auslösespule eines mechanisch verklinkten Ausschalters eine ausreichende Erregerspannung erhält, Bild 1.

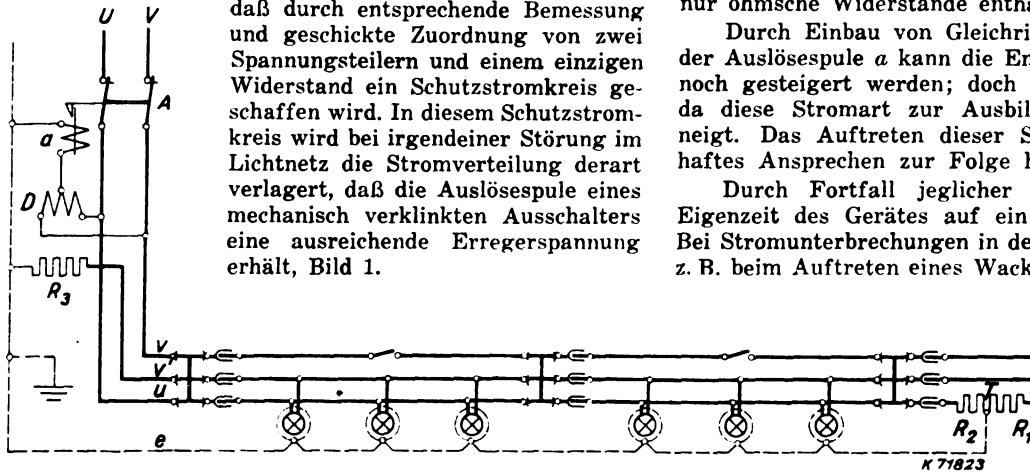


Bild 1. Schaltbild des Lichtkettenschalters.

Wie aus dem Schaltbild zu ersehen ist, fließt bei ungestörtem Lichtnetz über den Widerstand  $R_3$  ein Strom, der sich derart teilt, daß Teilströme nach den inneren Anzapfungen der beiden am Anfang und Ende der Lichtleitung liegenden Spannungsteiler fließen. Es ist zweckmäßig, den am Anfang der Leitung liegenden Spannungsteiler als Drossel vorzusehen. Der nach der Drossel fließende Strom ist so bemessen, daß bei ungestörtem Netz die Auslösespule  $a$  keine ausreichende Erregerspannung erhält. Bei Bruch des Schutzleiters  $e$  oder der Phase  $u$  fließt über den Widerstand  $R_3$  und die Wicklung der Spule  $a$  nach der Drossel  $D$  ein Strom, der den Schalter  $A$  zum Auslösen bringt. Durch entsprechende Bemessung der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  wird erreicht, daß auch bei Unterbrechung der Phase  $v'$  zwischen den Anzapfungen der Drossel  $D$  und des Spannungsteilers  $T$  ein so hoher Strom fließt, daß der Ausschalter  $A$  anspricht.

Bei Erdschluß der Phase  $u$  oder  $v$  bzw.  $v'$  liegt die Auslösespule  $a$  etwa an halber Lichtspannung. Der Schalter  $A$  spricht sicher an, da seine Auslösespannung  $20\text{ V} \pm 10\%$  beträgt. Bei Unterbrechung der Phase  $v$  erfolgt keine Abschaltung. Der über den Widerstand  $R_2$  und die Auslösespule  $a$  fließende Strom reicht nicht aus, um den Schalter  $A$  zum Auslösen zu bringen. Damit ist es möglich, auch mit einpoligen Signalschaltern, die im Zuge der Phase  $v$  liegen, Lichtsignale zu geben. Beim Abschalten der Lichtleitung durch dreipolige Paketschalter, wie diese in den Lichtsteckvorrichtungen eingebaut sind und in den Streben zum Signalisieren benutzt werden, ist der Widerstand  $R_2$  und der Spannungsteiler  $T$  und damit auch die Auslösespule  $a$  stromlos. Das Schutzgerät kann also auch in diesem Falle nicht ansprechen.

Die Messungen haben gezeigt, daß die Widerstände sehr hoch bemessen werden können und selbst bei den handelsüblichen Toleranzen von  $\pm 10\%$  eine ausreichende Anspruchsicherheit erreicht wird. Der Eigenverbrauch der gesamten Schutzeinrichtung ist nicht nennenswert. Der niedrige Wattverbrauch ermöglicht es, dem Spannungsteiler  $T$  so kleine Abmessungen zu geben, daß er im Steckerteil einer normalen Lichtsteckvorrichtung untergebracht werden kann.

Der dem Schutzleiter überlagerte Strom beträgt etwa  $0,020\text{ A}$ . Bei Bruch des Schutzleiters treten keine zündfähigen Funken auf. Die Löschung des Lichtbogens wird dadurch begünstigt, daß bei Bruch des Schutzleiters nur ein Teilstrom unterbrochen wird, dessen Kreis praktisch nur ohmsche Widerstände enthält.

Durch Einbau von Gleichrichtern in den Stromkreis der Auslösespule  $a$  kann die Empfindlichkeit des Gerätes noch gesteigert werden; doch wurde hierauf verzichtet, da diese Stromart zur Ausbildung von Kriechströmen neigt. Das Auftreten dieser Ströme kann aber fehlerhaftes Ansprechen zur Folge haben.

Durch Fortfall jeglicher Zwischenrelais wird die Eigenzeit des Gerätes auf ein Mindestmaß beschränkt. Bei Stromunterbrechungen in den Phasen  $u$  und  $v'$  erfolgt z. B. beim Auftreten eines Wackelkontaktes sofortige Abschaltung.

Hierdurch wird wiederholtes Ziehen eines Funkens verhindert und der Sicherheitsgrad der Abbauleuchtungen noch weiter erhöht. Die wenigen und einfachen Bestandteile, aus denen das Schutzgerät sich zusammensetzt,

schließen praktisch das Auftreten von Störungen innerhalb des Gerätes aus. Damit wird höchste Betriebssicherheit auch bei rauhester Behandlung gewährleistet. Es macht ferner keine Schwierigkeiten, die Drossel  $D$  und den Widerstand  $R_3$  so zu bemessen, daß das eigentliche Schutzgerät für  $220$  und  $110\text{ V}$  verwendet werden kann. Beim Übergehen auf eine andere Spannung braucht nur eine einzige Leitung innerhalb des Gerätes umgeklemmt zu werden.

Das Gerät kann, wie aus dem Schaltbild zu ersehen ist, ohne weiteres in jede bestehende Anlage nachträglich eingebaut werden. Der Einbau von besonderen Signalschaltern erübrigt sich. Die Abbauleuchtungen behalten ihren bekannten einfachen Aufbau bei. Neue Störungsmöglichkeiten werden durch Einbau zusätzlicher Geräte nicht geschaffen. Das Auffinden von Fehlern, die beim Umlegen der gesamten Abbauleuchtung auftreten, wird außerordentlich vereinfacht. Die Lichtketten, aus denen jede Abbauleuchtung besteht, können sofort nach dem Ankuppeln an den Lichtstrang mittels des Endsteckers, der in jede Steckvorrichtung paßt, einzeln überprüft werden. Schaltet das Schutzgerät den Lichtstrang ab, dann ist der Fehler in der zuletzt angeschlossenen Lichtkette zu suchen.

Das Schutzgerät hat einschließlich der für den Überstromschutz der Lichtleitungen erforderlichen Sicherungen und einem vorgeordneten Trennschalter nur kleine Abmessungen. Selbst das schlagwettergeschützte Gerät, das druckfest gekapselt ist, erhält ein leicht tragbares Gehäuse. Hierdurch wird das Umlegen der Abbauleuchtung, das entsprechend dem Fortschreiten des Abbaues sehr häufig erfolgen muß, wesentlich erleichtert.

## Luftumwälzöfen

Von Karl-August Lohausen, Hennigsdorf bei Berlin

Da die Wärmeübertragung durch Strahlung bei Temperaturen unter  $750^{\circ}\text{C}$  erheblich geringer ist als die durch Konvektion bei stark bewegter Ofenatmosphäre, so haben sich insbesondere für die Behandlung von Werkstücken mit blanker Oberfläche, also geringer Strahlungsziffer,

durch direkten Wärmetransport durch die Motorwelle verstärkt wird. Der Motor muß daher erheblich stärker bemessen werden, als dies mit Rücksicht auf die Antriebsleistung des Lüfters notwendig wäre.

Bild 2 zeigt eine neue von der AEG entwickelte Bauform des Schachtofens mit Luftumwälzung, bei dem die Vorteile der beiden Bauarten *a* und *b* nach Bild 1 verbunden und ihre beiderseitigen Nachteile vermieden sind. Auch bei dieser Bauart sitzt der Lüfter im Deckel, wird aber nicht direkt, sondern über einen Riementrieb unter Verwendung normaler Bauteile von einem außerhalb des Ofens sitzenden Motor angetrieben. Um den Deckel nach

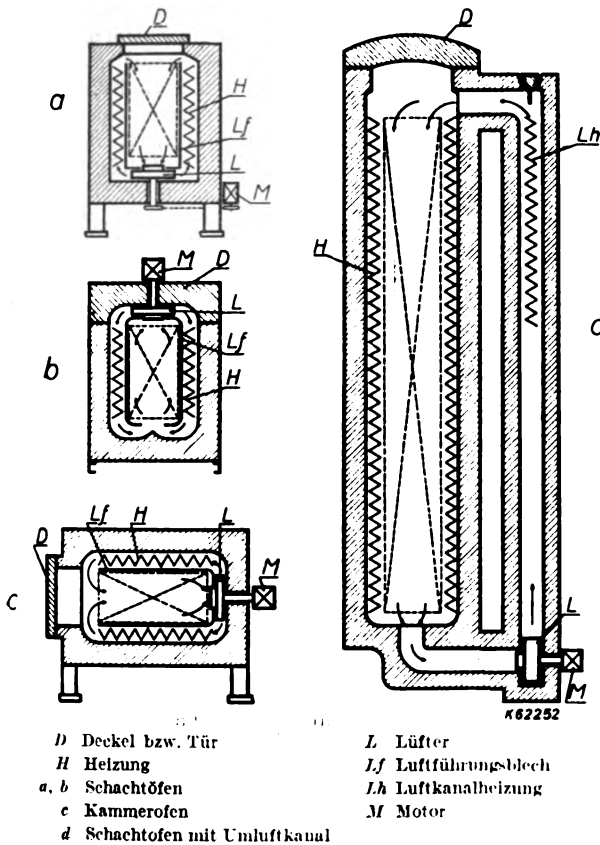


Bild 1. Verschiedene Ausführungen von Umluftöfen (Standöfen).

in den letzten Jahren neben Salzbadern die Luftumwälzöfen durchgesetzt. Bild 1 zeigt die wesentlichen Bauformen von Standöfen mit Luftumwälzung. Allen diesen Öfen ist gemeinsam, daß ein Lüfter für einen starken Umlauf der Ofenatmosphäre — meistens Luft — zwischen einer Heizkammer und dem Nutzraum sorgt. Von den verschiedenen Lüfterbauarten eignet sich in den meisten Fällen die des Radiallüfters am besten, da in ihm die aus Gründen der baulichen Gestaltung des Ofens meistens notwendige Umkehrung der Strömungsrichtung bereits zur Hälfte erreicht wird. Der Ofen nach Teilbild *a* ist gegenüber dem Ofen nach Teilbild *b* einfacher gebaut, weist aber dafür den Nachteil einer größeren Bauhöhe auf, da ein Ausbau des Lüfters und eine Überwachung seines Antriebes einen gewissen Mindestabstand des Ofenbodens vom Fußboden verlangt. Die Bauart *b* bedingt die Anordnung eines Sondermotors mit besonders langer Welle, auf der das Lüfterlaufrad fliegend aufgesetzt ist. Außerdem ist der Motor in seiner Lage mitten auf dem Ofendeckel einer starken Erwärmung ausgesetzt, die noch

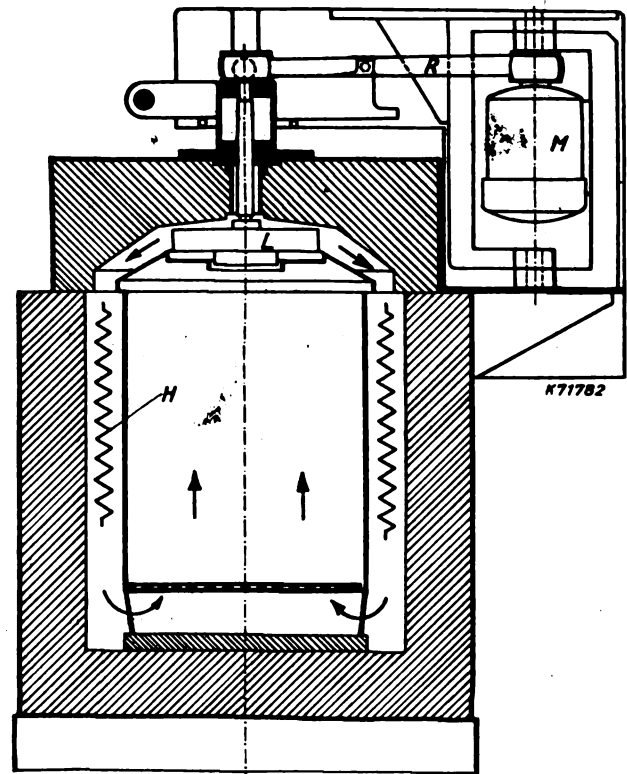


Bild 2. Schnitt des neuen Schachtofens mit Luftumwälzung.

dem Anheben trotz des Riementriebes schwenken zu können, sind Schwenkachse und Motorachse vereinigt, so daß das Schwenken ohne Streckung oder Lockerung des Treibriemens vor sich geht. Auch die Deckelhubvorrichtung ist gegenüber den bisher üblichen Bauarten, die vielfach mit hochragenden Hebelanordnungen arbeiteten, vereinfacht: Das Anheben des Deckels erfolgt durch Herausziehen zweier keilförmig gestalteter Schieber aus dem Schwenkarm, und damit wird gleichzeitig ein Kontakt betätigt, der vor Anheben des Deckels den Lüfter stillsetzt bzw. nach Absenken seine Wiedereinschaltung veranlaßt. Bild 3 zeigt eine Ansicht des Ofens. Die Verkleidung des Motors ist unten und oben mit Luftschlitzen versehen. Durch diese Anordnung wird eine Verstärkung der den Motor kühlenden Luftströmung bewirkt, so daß dieser

mit Rücksicht auf den warmen Einbauort nicht überbemessen werden muß.

Einer der wichtigsten Vorteile des Luftumwälzofens ist die in ihm erreichbare hohe Temperaturgleichmäßigkeit. Diese ist natürlich um so schwerer zu erzielen, je größer, insbesondere je länger der Ofen ist. Um die Temperaturverluste der umgewälzten Luft bei ihrem Durchgang durch lange Kanäle, die durch Wärmeabgabe an das Gut und durch die Ofenwandung bedingt sind, auszugleichen, werden längere Öfen nach Bild 1 d vielfach mit einer zweiten Heizung im Nutzraum versehen. Wie weit die Vergleichmäßigung der Temperatur heute in derartigen Öfen getrieben worden ist, zeigen umfangreiche Messungen an einem großen Schachtofen, über die Bild 4 und 5 Auskunft geben. Bild 4 zeigt das Schnittbild des betreffenden Ofens, der eine Schachtlänge von 7 m besitzt. Als Beschickung ist ein zylinderförmiger Körper mit einem Gewicht von 5000 kg eingehängt. Die Erwärmung der Beschickung erfolgt zum großen Teil durch die im Beschickungsraum an den Wänden untergebrachte Heizung, und zwar nicht so sehr vermittels Strahlung wie besonders unter der Wirkung der starken Luftströmung, die durch den Schacht hindurchgeht. Sie wird umgewälzt durch einen in den unteren Teil des

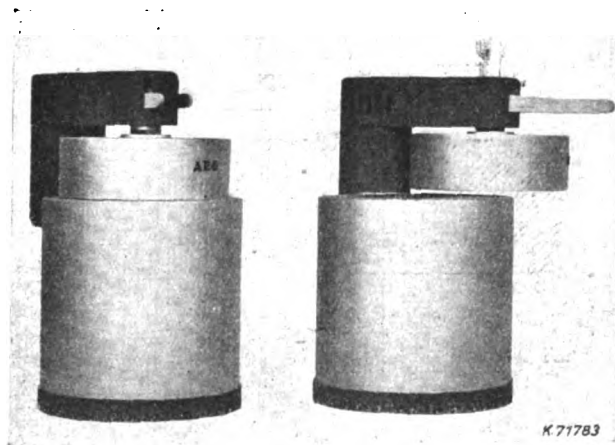


Bild 3. Ansicht des neuen Schachtofens mit Luftumwälzung.

Ofens eingebauten Lüfter, der die Luft aus dem Beschickungsraum ansaugt und sie durch einen Heizkanal wieder nach oben drückt. Die in diesem Kanal untergebrachten Heizkörper führen der Luft die im unteren Teile des Beschickungsraumes, in der Umleitung und dem Heizkanal selbst verlorengangene Wärme wieder zu und erhöhen darüber hinaus die Lufttemperatur um das dem Verluste im Ofenkopf entsprechende Maß, so daß die der Beschickung zuströmende Luft wieder die Solltemperatur aufweist. Darüber hinaus ist eine Verstärkung der Heizung der umgewälzten Luft zur weitgehenden Unterstützung der eigentlichen Schachtheizung möglich. Durch einen im oberen Umlenkanal angebrachten Schieber kann der Heizkanal abgesperrt werden. Dies ist dann notwendig, wenn im Beschickungsraum mit Temperaturen gearbeitet wird, bei denen der Lüfter nicht mehr arbeiten kann, d. h. Temperaturen über 750°. Der Ofen kann also außer als Luftumwälzofen für Temperaturen bis 750° auch als einfacher Schachtofen für höhere Temperaturen betrieben werden. Darüber hinaus kann beim Erwärmen schwerer Stücke auf hohe Temperaturen, beispielsweise 950°, der erste Teil des Anheizvorganges bis 750° durch Einschalten der Luftumwälzung wesentlich verkürzt werden. In Bild 2 sind 20 Temperaturmeßstellen eingetragen, von denen die mit R bezeichneten zur Temperaturregelung benutzt werden. In Bild 5 sind die Höchst- und Mindestwerte der an diesen 20 verschiedenen Stellen gemessenen

Temperaturen eingetragen. Da die Temperaturunterschiede außerordentlich gering sind, sind die oberen Teile der Erwärmungskurven nochmal in größerem Maßstabe aufgetragen. Während des Anheizvorganges ergeben sich Temperaturunterschiede von  $\pm 10^\circ$ , die nach Erreichen der Beharrungstemperatur auf  $\pm 2^\circ\text{C}$  zurückgehen. Diese Unterschiede liegen innerhalb der Meßgenauigkeit.

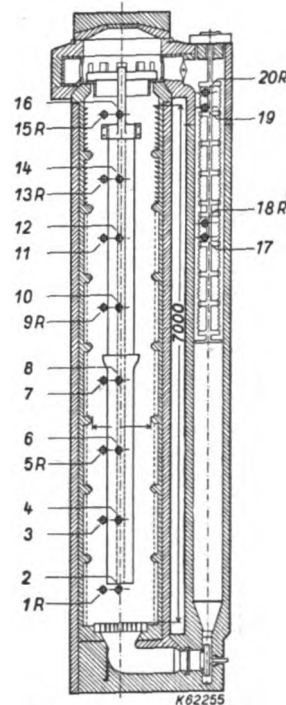
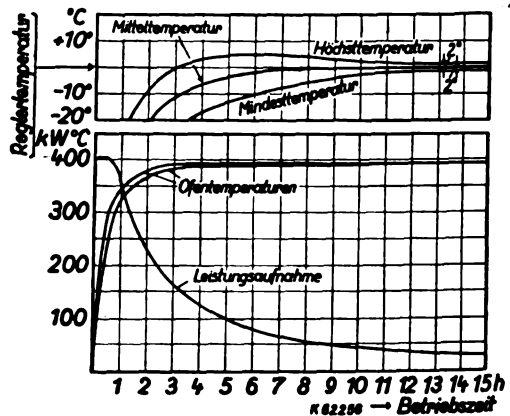


Bild 4. Anordnung der Temperatur-Meßstellen.

Auch für Durchlauföfen wird die Verbesserung der Wärmeübertragung durch Luftumwälzung heute in großem Maßstabe angewandt. Es sind hier zwei Bauweisen zu unterscheiden, die sich grundsätzlich in der Zuordnung von Luftströmungsrichtung zur

Gutförderrichtung voneinander unterscheiden. Die eine Bauweise erhält man, wenn man Öfen nach Bild 1 a bis c mit Fördervorrichtungen beliebiger Art, z. B. Förderbändern, Förderketten, Rollenbahnen oder Hubbalkenherden ausstattet, wobei die Fließrichtung des Glühgutes senkrecht zum Luftstrom, d. h. also senkrecht zur Bildebene des Bildes 1, zu denken ist. Diese Öfen lassen sich unter der Bezeichnung „Öfen mit Querlüftung“ zusammenfassen. Sie besitzen die Eigenart, daß die Wirkung der Konvektion, also die Wärmeübertragung, in der durch die Lüftermitte gelegten Ebene am größten ist. Um eine genügende Temperaturgleichmäßigkeit zu erzielen, müssen daher bei langgestreckten Öfen mehrere in Fließrichtung hintereinander angeordnete Lüfter vorgesehen werden. Die andere Bauweise, die man als „Öfen mit Längslüftung“ bezeichnen kann,



oben: vergrößerte Darstellung des Temperaturverlaufes  
unten: Temperaturverlauf und Leistungsaufnahme während einer Glühung

Bild 5. Anheizkurven des Schachtofens.

weist eine sowohl den Eigenarten der Luftumwälzung als auch des Fließbetriebes besser entsprechende Zuordnung der Bewegungsrichtungen von Luft und Gut auf. Bei ihnen wird die Luft am Anfang oder am Ende des Ofens aus dem Beschickungsraum, in dem sich die Transporteinrichtung für den Durchlauf des Glühgutes befindet, abgesaugt, durch einen besonderen Kanal mit eingebauter Heizung gedrückt und gelangt am Ende

bzw. am Anfang des Ofens wieder in den Beschickungsraum. In diesem strömt sie am Gut entlang und gibt an dieses ihre Wärme ab. Diese Bauformen entsprechen also im wesentlichen dem Bild 1 d, nur daß sie keine besondere Heizung im eigentlichen Beschickungsraum benötigen, da die gewünschte Endtemperatur im Fließofen sich ohnehin erst am Gutaustritt einstellt.

Je nachdem, ob die umgewälzte Luft in gleicher oder entgegengesetzter Richtung strömt, wie das Gut gefördert wird, spricht man von Gleichstrom- oder Gegenstrom-Umluftöfen. Gleichstromöfen können meistens bei gleicher

Leistung erheblich kürzer gebaut werden als Gegenstromöfen, da die am Gut sich abkühlende heiße Luft beim Gleichstromofen mit einer erheblich höheren als der zulässigen Endtemperatur eintreten kann, während sie beim Gegenstromofen von vornherein unter dieser Grenze bleiben muß. Dafür ist beim Gleichstromofen die Gefahr einer Überhitzung des Glühgutes bei Stockungen in der Gutförderung vorhanden, und es sind besondere Einrichtungen, wie schnelle Abschaltung von Heizung und Lüfter, notwendig, um diese Gefahren mit Sicherheit zu vermeiden.

## Siemens-Hell-Schreiber

Von F. Berck, Berlin

DK 621.397.625.1

Über die grundsätzliche Wirkweise des Siemens-Hell-Schreibers (SH-Schreibers) ist bereits in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> berichtet worden. In der seit dieser Berichterstattung verflossenen Zeit wurde das Gerät ständig verbessert, so daß es heute angebracht erscheint, schon aus diesem Grunde über die erzielten technischen Fortschritte die Fachwelt erneut zu unterrichten.

wirkt bekanntlich, daß auch bei Gleichlaufabweichungen zwischen Sender und Empfänger, die übrigens an Hand des Schreibstreifens einfach ausgeglichen werden können, jedes Zeichen wenigstens einmal vollständig abgedruckt wird und lesbar ist.

Die bestechende Einfachheit im konstruktiven Aufbau und in der Bedienung des SH-Schreibers — durch die Möglichkeit der Fernein- und -ausschaltung erübrigt sich die Abwesenheit einer Bedienungsperson am Empfänger — hat wesentlich zur raschen Verbreitung dieser Technik beigetragen. Daneben war natürlich vor allem die Tatsache ausschlaggebend, daß Störimpulse keinesfalls den Abdruck eines falschen Zeichens bewirken wie etwa bei den Geräten, die nach dem Fünferalphabet arbeiten, sondern nur ein Verwischen des ausgesendeten Zeichens, das die Lesbarkeit meist nur unwesentlich beeinträchtigt, zur Folge haben.

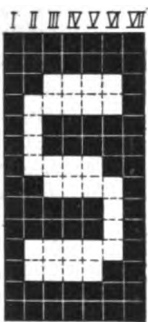


Bild 1. Aufteilung des Zeichenfeldes für den Buchstaben S.

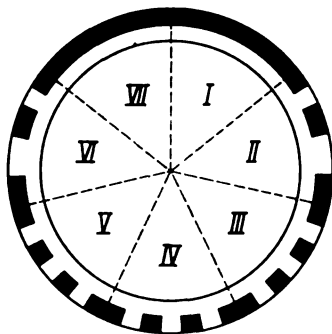
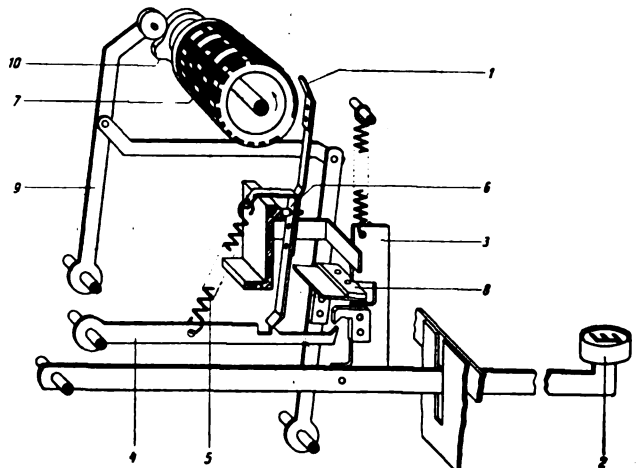


Bild 2. Kontakttring für den Buchstaben S.

Bekanntlich werden beim SH-Schreiber, der eine Verbindung von Druck- und Bildtelegraph darstellt, festgelegte grob gerasterte Zeichen- und Buchstabenbilder übertragen, die zu diesem Zweck in senkrechte Streifen aufgeteilt sind (Bild 1). Denkt man sich diese Streifen nicht nebeneinander, sondern aneinander anschließend am Umfang einer Scheibe angeordnet, so entsteht der in Bild 2 dargestellte Kontakttring, wobei die weißen Segmente als leitende Kontaktnocken, die schwarzen Segmente als Isoliersegmente ausgebildet sind. Für jedes Zeichen- und Buchstabenbild sind am SH-Geber solche Kontakttringe vorhanden, die sich zu einer Kontaktwalze zusammensetzen (Bild 3). Beim Aussenden eines Zeichens wird der betreffende Kontakttring abgetastet und so das örtliche Nebeneinander der Zeichenelemente in ein zeitliches Nacheinander von Stromstößen umgewandelt. Am synchron und phasengleich laufenden Schreibempfänger (Bild 4) werden die Stromstöße dem Empfangsmagneten zugeleitet, der im Takt dieser Stöße seine Ankerschneide gegen die umlaufende Schreibspirale drückt. Auf diese Weise entsteht auf dem Schreibstreifen wieder das örtliche Nebeneinander der Zeichenelemente, die sich zu dem ausgesendeten Zeichen- oder Buchstabenbild zusammensetzen. Die Doppelaufzeichnung durch die zweigängige Schreibspirale be-



- |                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| 1 Schleifkontakt | 6 Lagerstift für Schleifkontakt |
| 2 Taste          | 7 Kontaktwalze                  |
| 3 Zwischenglied  | 8 Tastensperre                  |
| 4 Sperrhebel     | 9 Übertragungsglied             |
| 5 Feder          | 10 Nocke                        |

Bild 3. Grundsätzliche Darstellung des SH-Senders.

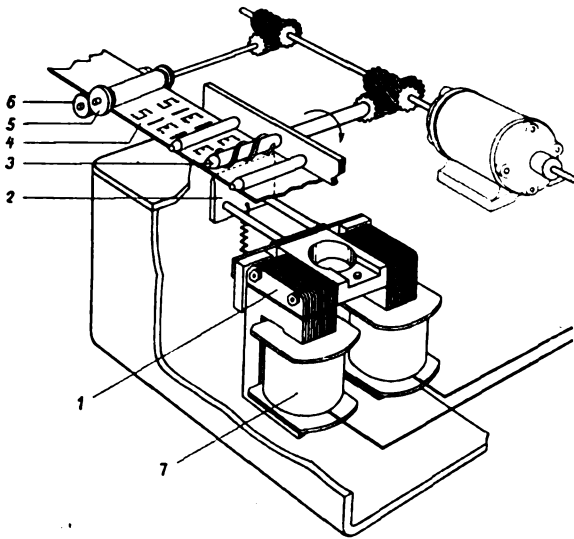
Verbesserungen in der Weiterentwicklung in den letzten Jahren sind sowohl an dem eigentlichen Schreiber als auch an den Zusatzgeräten gemacht worden, ganz gleich, ob sie auf der Sende- oder Empfangsseite eingesetzt werden.

Der Übergang vom Kohlepapier zur Farbbrolle am Empfänger (Bild 5) dürfte bereits bekannt geworden sein.

<sup>1)</sup> H. Stahl, ETZ 55 (1934) S. 13. — P. Storch, ETZ 55 (1934) S. 141.



Während zunächst mit dem Papierstreifen gleichzeitig ein Kohlepapierstreifen zwischen Ankerschneide und Schreibspindel hindurchgezogen wurde, der beim Betätigen des Ankers den Abdruck der von der Schreibspindel vor-



- 1 Anker
- 2 Schneide des Ankers
- 3 Schreibspirale
- 4 Schreibstreifen
- 5 Papiervorschubrolle
- 6 Andruckrolle
- 7 Magnet

Bild 4. Grundsätzliche Darstellung des SH-Schreibers.

gezeichneten Buchstaben- und Zahlenbilder bewirkte, fällt die Verwendung der Kohlepapierstreifen bei den neuen Modellen weg. Mittels einer farbgetränkten Filzrolle, die jederzeit in einfachster Weise ausgewechselt und von

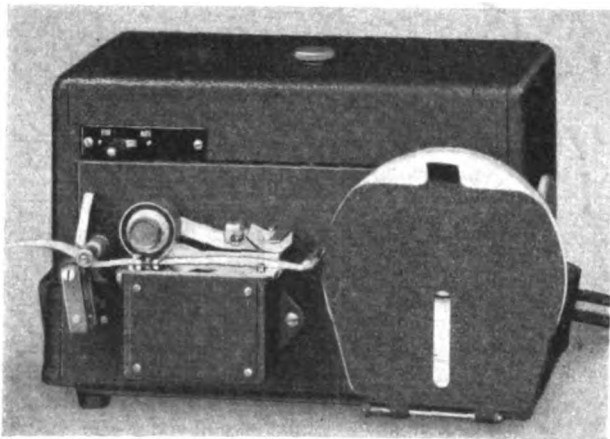


Bild 5. SH-Schreiber, Ausführung mit Farbrolle für 12- oder 7-Linien-Schrift und eine Telegraphiergeschwindigkeit von 2,5 oder 5 Zeichen/s.

neuem getränkt werden kann, wird die Schreibspindel stetig eingefärbt, so daß der Abdruck der Zeichen unmittelbar stattfindet.

Ganz abgesehen von der Ersparnis an Betriebsmaterial, die sich durch diese Maßnahme ergibt und die gerade bei den im Dauerbetrieb stehenden Schreibern ziemlich beträchtlich ist, sind aber noch andere Vorzüge hiermit verbunden. Während beim Betrieb mit Kohlepapier die einzelnen Linien, die das Buchstabenbild ergeben, meist etwas verwischt werden, treten sie nunmehr ganz scharf hervor und ermöglichen auch bei stärkeren atmosphärischen Störungen der drahtlosen Übertragung eine leichtere Unterscheidung der Buchstaben (Bild 6).

Der eigentliche Anstoß für die allgemeinere Einführung der drahtlosen SH-Technik wurde jedoch durch den Übergang von der 12- zur 7-Linien-Schrift bei der Zeichenaufteilung gegeben. Während zunächst 12 Linien, davon 9 für den Buchstaben, 3 zur Bildung des Zwischenraumes verwendet wurden, hat man seit Jahresfrist nunmehr 5 Linien für den Buchstaben und 2 für den Zwischenraum, insgesamt also 7 Linien vorgesehen.

ALS DIE ZEIT DA ES AUSLIEF  
ALS DIE ZEIT DA ES AUSLIEF

160 CM GROSS STATUR MITTEL  
160 CM GROSS STATUR MITTEL

Bild 6. Schriftproben, oben mit Kohlepapier und unten mit Farbrolle.

Dies bedeutet eine wesentliche Herabsetzung der Punktfrequenz und damit auch der Bandbreite<sup>2)</sup> der Trägerfrequenz (von 195 auf 122,5 Hz), da auch die Länge des kürzesten Impulses dabei zwangsläufig größer wurde. Versuche ergaben, daß die Übertragung der Harmonischen nicht notwendig ist, das System vielmehr eine Erweichung der Einzelimpulse bis auf die Sinusform zuläßt. Somit kommt man bei reiner Trägertastung auf eine theoretische Bandbreite von  $\pm 122,5$  Hz, die genau der Punktfrequenz entspricht. Für den praktischen Betrieb rechnet man das 1,6fache davon, also etwa  $\pm 200$  Hz. Dieser Umstand gab Veranlassung, den drahtlosen SH-Schreiberbetrieb auf der Telegraphen-Weltkonferenz in Kairo auch für unmodulierte Telegraphie-Tastung (A 1) zuzulassen. Die Vorzüge dieser Tastung sind durch längere Betriebs- erfahrung erwiesen<sup>2)</sup>.

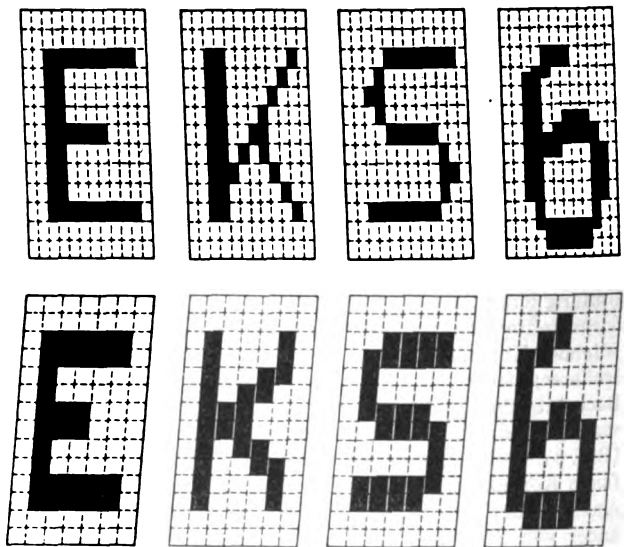


Bild 7. Vergleich zwischen 12- und 7-Linien-Schrift.

Die im Zusammenhang mit der Umstellung von 12 auf 7 Linien festgelegten neuen Buchstabenbilder ergeben durch geschickte Aufteilung und durch die Benutzung der Ober- und Unterlängen der Buchstabenfelder eine beson-

<sup>2)</sup> R. Zimmermann, Techn. Mitt. Fernmeldewerk. Abt. f. Telegraphengerät. Siemens & Halske AG. März 1940.

ders unterscheidungskräftige Schrift. Diese steht der 12-Linien-Schrift nicht nur nicht nach, sondern gibt im Gegenteil ein besseres Schriftbild als diese und schließt Verwechslungsmöglichkeiten aus, was sich insbesondere bei den Zahlen bemerkbar macht. Da man gleichzeitig die Abstrichung änderte, erscheinen die Buchstaben nunmehr nach rechts geneigt (Bild 7).



Bild 8. SH-Empfangstastgerät für SH-Schreiber mit Gleichstrom-Schreibsystem.

Von besonderer Bedeutung war jedoch das neue Gleichstrom-Schreibsystem, die Weiterentwicklung des bisherigen Wechselstrom-Schreibsystems. Die zunächst verwendeten Systeme waren für die Wiedergabe von Wechselstromzeichen eingerichtet, sie wurden auf die in

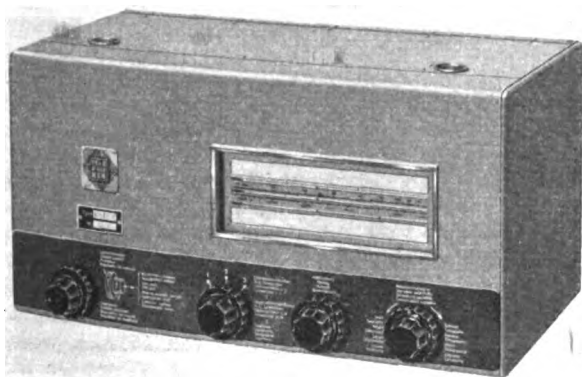


Bild 9. Überlagerungsempfänger für Telegraphie-Empfang (42 bis 125 kHz).

der SH-Technik meistverwendete Tonfrequenz von 900 Hz besonders abgestimmt. Die neuen Gleichstromsysteme haben derartige selektive Eigenschaften nicht, sie sind für die Wiedergabe von Gleichstromzeichen eingerichtet.

Diese Umstellung hat für den Kurzwellenbetrieb besondere Bedeutung<sup>3)</sup>. Hierbei muß man zwecks möglichst weitgehender Ausschaltung selektiver Störer und Fadings mit A 2-(tonmodulierter Telegraphie-)Tastung arbeiten. Die starken Einflüsse, denen die kurzen Wellen

unterliegen, konnten unter Umständen eine so weitgehende Veränderung des Tons bewirken, daß er noch außerhalb des selektiven Bereichs des Schreibsystems verschoben wurde und dieses nicht mehr ansprach<sup>4)</sup>.

Die Änderung des Schreibsystems führte gleichzeitig zur Entwicklung eines Hilfsgerätes, das unter dem Namen Empfangstastgerät (Bild 8) bekannt geworden und bestimmt ist, den bisherigen Siemens-Hell-Verstärker zu ersetzen. Während dieser Verstärker nur zur Vergrößerung der Ausgangsleistung des Funkempfängers dient, wird im Empfangstastgerät neben der Verstärkung auch noch die Gleichrichtung der aufgenommenen SH-Zeichen vorgenommen. Das Gerät wurde mit einem um- und abschaltbaren Tonsieb ausgerüstet, um benachbarte Störer auszuschalten, und erhielt außerdem eine niederfrequente Pegelregelung, die den Ausgangsstrom auch bei starken



Bild 10. SH-Feldfernrechner, ortsbewegliche Ausführung mit Geber, Schreiber und Anschlußgerät.

Schwanken des Eingangspegels konstant hält und so einer Unter-, aber auch einer Übersteuerung des Schreibsystems entgegenarbeitet. Außerdem ist dafür gesorgt, daß zu stark abgeflachte Zeichen steiler werden, weil das für die exakte Wiedergabe der Schrift günstig ist.

Inzwischen wurden auch Arbeiten für einen für die SH-Schreiber geeigneten Funkempfänger aufgenommen; da die Entwicklung und vor allem die zunehmende Verbreitung der SH-Technik dies verlangten; sind doch allein an kommerziellen Geräten zwischen 400 und 500 Stück im Gebrauch, eine Zahl, die in etwa Jahresfrist auf Grund der bereits jetzt vorliegenden Projekte um mehrere 100 Stück anwachsen wird.

Da es nicht möglich ist, den verschiedenen Erfordernissen, die der Langwellen- und der Kurzwellenbetrieb stellt, in einem Empfänger gerecht zu werden, konzentrierte sich das Interesse auf einen Langwellenempfänger, da die ersten Dienste auf diesem Bereich arbeiteten. Das neuentwickelte Gerät (Bild 9) ist ein 7-Röhren-Über-

<sup>3)</sup> K. Reche, A. Arzmaier u. R. Zimmermann, *Telef.-Hausmitt.* Heft 9, März 1939, S. 53.

<sup>4)</sup> H. Fiedler, *Techn. Mitt. Fernmeldewerk, Abt. f. Telegraphengerät*, Siemens & Halske AG, März 1940.

lagerungsempfänger mit einem abschaltbaren zweiten Überlagerer für Telegraphieempfang. Es enthält neben der hochfrequenten, in Anlehnung an das Empfangstastgerät, auch eine niederfrequente Pegelregelung. Der Bereich (42 bis 125 kHz) ist unterteilt und wie bei Rundfunkempfängern mittels Schalter einstellbar. Empfindlichkeit und Bandbreite können von Hand geregelt werden.

Die Möglichkeit, allein durch Verändern des Betriebsartenschalters Telephonie oder Telegraphie zu empfangen und hierbei Schreiber mit Wechselstrom- oder Gleichstrom-Schreibsystem unmittelbar anschließen zu können, trägt dem Umstand Rechnung, daß für die SH-Anlage kein technisches Personal eingesetzt wird. Hierfür ist ferner die Konstanz des Gerätes bedeutungsvoll, die bei den praktisch vorkommenden Netz- und Temperaturschwankungen keinerlei Nachstellungen erforderlich macht.

In dem Maße, wie man bestrebt war, die Empfangsanlagen zu verbessern, wurden auch die Arbeiten zur Anpassung der Sender für den SH-Betrieb gefördert. Wenn man von der Telephonietastung absieht, die nur in Sonderfällen angewandt wird, so kann man diese Frage mit als die wichtigste bezeichnen.

Den verschiedenen Betriebsverhältnissen wurde durch Entwicklung von drei Sendetastgeräten entsprochen, zumal die Kontaktbelastung der SH-Geber begrenzt ist. Darüber soll jedoch an anderer Stelle berichtet werden<sup>5)</sup>. Hier sei nur noch erwähnt, daß man die drahtlosen Sender

<sup>5)</sup> Siehe Fußnote 2.

bereits serienweise mit der Betriebsstellung „SH-Schreiber“ ausrüstet.

Die geleistete Weiterentwicklung des SH-Schreibers sowie die Anpassung der Sende- und Empfangsanlagen an den Betrieb haben seine Unempfindlichkeit gegen Störungen noch verbessert. Trotzdem ist die Einfachheit in Bedienung und Wartung erhalten, wenn nicht gar verbessert worden. Sie ist die Folge des geringen Aufwandes an Mitteln, der auch die Gefahr von Störungen in der Anlage selbst herabsetzt. Infolgedessen ist es möglich geworden, einen SH-Geber und SH-Schreiber zusammen mit einem Anschlußgerät, das den Rohrsommer für die Sendeseite und das Tastgerät für die Empfangsseite in sich vereinigt, in einem handlichen Tornister (392 × 454 × 240 mm) unterzubringen, der als Einmann-Traglast (27 kg) leicht befördert werden kann (Bild 10).

Die Neuerungen an den SH-Geräten sowie die Hilfs- und Zusatzapparaturen haben sich inzwischen sämtlich bewährt, die Richtigkeit des unveränderten Grundgedankens der SH-Technik wurde durch die nunmehr in reichem Maße vorliegenden Erfahrungen aufs neue erwiesen. Die entwickelten Geräte sind für die vorkommenden Betriebsfälle ausreichend, man weiß sie für jeden Fall richtig einzusetzen. Damit ist die Entwicklung zu einem gewissen Abschluß gekommen. Trotzdem wird sie auch hier, wie überall in der Technik, nicht stillstehen<sup>6)</sup>.

<sup>6)</sup> Heller, Techn. Mitt. Fernmeldewerk, Abt. f. Telegraphengerät, Siemens & Halske AG, März 1940.

## Schweißen von dünnen Stahlblechen

Von Wilhelm Müller, Mannheim

Die elektrische Lichtbogenschweißung, die früher nur als Hilfsmittel für das Ausbessern von schadhafte Gußstücken verwendet wurde, hat in der letzten Zeit einen Aufschwung erhalten, der ihr eine Sonderstellung in der gesamten Schweißtechnik gibt. Mit ihr werden heute alle Arten von Schweißungen, auch an Stahlblechen hoher Festigkeit, bei geeigneter Elektrodenwahl durchgeführt. Nur das Schweißen von Blechen unter 3 mm Stärke bereitete bis in die letzte Zeit noch große Schwierigkeiten, da hierfür geeignete Maschinen und Elektroden fehlten. Erst nachdem seitens der Hersteller von Schweißmaschinen etwas Brauchbares geschaffen wurde, war der erste Anreiz gegeben, für die Dünnblechschweißung geeignete Elektroden zu entwickeln. Die elektrische Lichtbogenschweißung konnte nun auch für die Dünnblechschweißung zu einem Arbeitsgebiet herangezogen werden, das bis dahin ausschließlich von der Autogenschweißerei beherrscht wurde.

Wo liegt nun die Grenze der Wirtschaftlichkeit bei Verwendung des elektrischen Lichtbogens? Die Frage kann man dahin beantworten, daß durch die weniger großen Formveränderungen und die dafür erforderlichen kleineren Richtarbeiten gegenüber dem Autogenschweißen sich noch Schweißungen an Blechen von 1,5 mm durchführen lassen. Hiermit sei nicht gesagt, daß Schweißungen unter 1,5 mm nicht mehr mit dem Lichtbogen durchgeführt werden können. In diesen Fällen wird an Stelle des Elektrodenlichtbogens, jedoch nur bei entsprechender Vorbearbeitung der Bleche, der Kohlelichtbogen verwendet. Die Naht wird hierbei ohne Zusatzmaterial nur mit dem eigenen Werkstoff verschweißt. Grundbedingung bei der Durchführung der elektrischen Dünnblechschweißung ist die gute Vorbereitung der Schweißkanten. Bei Stumpfnähten ist besonders darauf zu achten, daß sie genau angepaßt werden. Für die Dünn-

blechschweißung werden die Verbindungsarten nach Bild 1 bei waagerechter Lage der Bleche bevorzugt.

Die unter a angeführte Verbindungsart ist die meist angewendete bei der Verarbeitung von Blechen von 2,5 mm an aufwärts. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die gute und richtige Ausführung der Heftung sowie das Festanliegen der Schweißkanten, da sonst die Gefahr des Durchbrennens sehr groß ist. In den häufigsten Fällen wählt man für das Heften der Bleche Abstände von 150 mm, wodurch das Verwerfen durch die eingeführte Wärme keine Bedeutung hat. Beim Verschweißen von Blechtafeln mit großen Ausmaßen unterbricht man am zweckmäßigsten von Zeit zu Zeit das Schweißen, damit

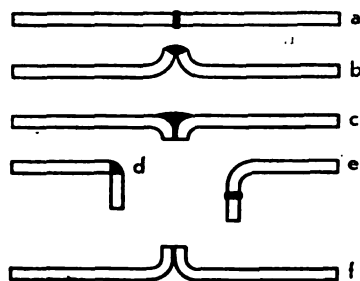


Bild 1. Ausführungsarten von Stumpfnähten bei Dünnblechschweißungen.

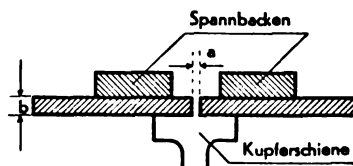


Bild 2. Vorrichtung für das Schweißen von Dünnblechen.

sich die benachbarten Zonen nicht über Handwärme erwärmen. Selbstverständlich lassen sich auch längere Stumpfnähte ohne Heften durchführen. Die hierfür erforderlichen Vorbereitungen zeigt Bild 2. Durch Unter-

legen einer Kupferschiene als Wärmeableiter wird eine zu große Wärmeansammlung im Schweißstück vermieden und dieses dadurch am Verziehen verhindert. Die Aufspannvorrichtungen ersetzen das Heften, und man erreicht hierdurch bei richtiger Anordnung ein Planliegen der Kanten.

Bei der Ausführung *b* von Bild 1 handelt es sich meistens um Blechstärken unter 2 mm. Durch das Umkrepeln der Blechkanten ist ein Durchbrennen kaum möglich, da die Blechkanten eine gute Nahtunterlage darstellen. Als Nachteil ist jedoch zu bezeichnen, daß die Naht eine gewisse Überhöhung, bedingt durch das eingeschmolzene Elektrodenmaterial, erhält. Im Behälterbau z. B., wo die Bleche noch mit einem Emailleüberzug versehen werden, muß die Naht noch mit dem Schleifstein nachgeschliffen werden, wodurch ein erhebliches Mehr an Zeitaufwand entsteht. In diesen Fällen wendet man am besten die Verbindungsart *c* von Bild 1 an, bei der die Elektrode in den Rundungen der Bördelung eingeschmolzen wird. Mit einer guten, leichtflüssigen Schmelzmantelelektrode wird dabei eine saubere, glatte Naht erzielt, an der also keine Nacharbeit nötig ist.

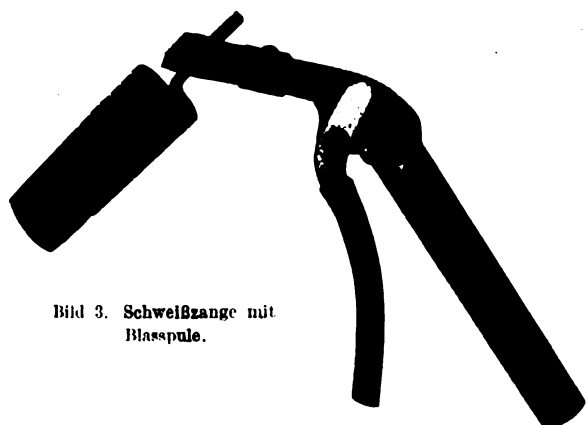


Bild 3. Schweißzange mit Blasspule.

Ausführung *d* zeigt eine Ecknaht. Diese Ausführung wird sehr gern gewählt, da hierfür keine großen Vorarbeiten erforderlich sind und die Schweißung ohne weiteres leicht durchzuführen ist. Im Behälterbau bei sehr hohen Drücken ist jedoch diese Art der Verbindung nicht gut zu heißen, da die Schweißnaht nicht nur dem auftretenden Bodendruck, sondern auch dem Seitendruck unterworfen ist. In diesen Fällen wählt man die Verbindung nach Ausführung *e*.

Ausführung *f* zeigt die Art der Blechvorbereitung bei Verwendung des Kohlelichtbogens. Wie bereits erwähnt, wird hierbei die Schweißung durch Niederschmelzen der Bördelung, also des eigenen Werkstoffes, erzielt. Der Kohledurchmesser richtet sich nach der Stärke des zu verschweißenden Bleches, und zwar liegt er für die Dünnblechschweißung in den Grenzen von 3 bis 6 mm. Der Kohlehalter soll sehr leicht sein, damit dem Schweißer eine einwandfreie Führung möglich ist. Bild 3 zeigt eine normale Schweißzange, wie sie auch für Dickblechschweißungen verwendet wird. Als besonderes Hilfsmittel wird für Dünnblechschweißungen eine Blasspule in den Halter geklemmt. Die Kohle wird in der Blasspule mit einer Schraube gehalten. Die vom Schweißstrom durchflossenen Blasspulen haben sich bestens bewährt. Sie erzeugen ein Magnetfeld in Richtung des Lichtbogens, das ihn beruhigt. Beim Schweißen mit Gleichstrom werden die Kohlen am Minuspol verschweißt. Gegenüber der Wechselstromschweißung, bei der die Kohle durch das dauernde Wechseln der Polarität stumpf abrennt, brennt bei der Gleichstromschweißung die Kohle spitz ab. Hierdurch wird die Schweißung sehr erleichtert und geringer Kohleabbrand erzielt. Der Kohlelichtbogen erzeugt allein keine einwandfreie, glatte Schweißnaht. Erst durch das Auftragen einer besonderen Paste auf die Schweißnaht wird ein einwandfreier Schmelzfluß und damit ein glattes Aus-

sehen der Naht erreicht. Die Paste ermöglicht außerdem ein schnelles Zünden der Kohle. Sie erhöht die Güte der Schweißverbindung durch die während des Schweißvorganges aus ihrer Verdampfung entstehende Gasschicht, die die Schweißnaht vor dem schädlichen Einfluß der Luft schützt.

Den Kohlelichtbogen kann man selbst bei Stumpfstoßen ohne vorheriges Bördeln anwenden, jedoch sinkt dann durch Fehlen des Zusatzmaterials die Naht ein. Darum eignet sich die Kohlelichtbogenschweißung nur für Bördelstöße, Ecknähte und Überlappnähte.

Beim Schweißen mit Metallelektroden kommt es nicht allein auf die Vorbereitung des zu verschweißenden Bleches, sondern auch auf die richtige Wahl der Elektroden sowie des Schweißstromerzeugers an. Tafel 1 zeigt die zu wählende Elektrodenstärke und die günstigste Stromstärke bei verschiedenen Blechstärken.

Tafel 1. Dünnblechschweißung. Wahl der Elektrode und Stromstärke

Blechstärke mm	Blechvorbereitung	Elektroden- durchmesser mm	Schweiß- strom- stärke A
1,5		1,5	40
2,0		2,0	60
3,0		2,5	75

Die Werte dieser Tafel 1 sind Erfahrungswerte beim Schweißen mit ummantelten Elektroden ohne Hilfsmittel. Mit einer untergelegten dicken Kupferschiene kann die Elektrodenstärke sowie die Stromstärke erhöht werden, ohne daß die Gefahr des Durchbrennens besteht. Eine gewisse Fertigkeit des Schweißers bleibt jedoch Grundbedingung.

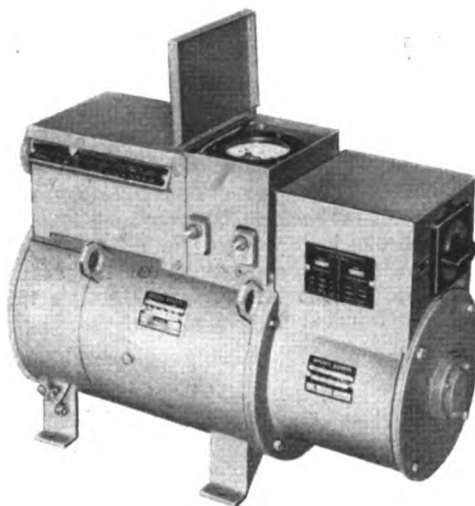


Bild 4. Leichtschweißumformer, Bauart GSAK, Regelbereich 15...200 A. in regengeschützter Ausführung.

Außerdem gilt als Voraussetzung, daß eine besonders für Dünnblechschweißung geeignete Schweißanlage zur Verfügung steht. Die an den Umformer zu stellenden Bedingungen sind:

1. leichtes Zünden;
2. die Spannungswiederkehr nach dem Zündkurzschluß und den dauernden Tropfenübergängen muß möglichst schnell erfolgen, damit der Lichtbogen sich sofort wieder bildet, also elastisch wirkt und nicht abreißt;

3. die beim Tropfenübergang auftretenden Kurzschlüsse sollen keine zu hohen Stromspitzen haben (der Stoßkurzschlußstrom soll nicht viel höher als der Dauerkurzschlußstrom sein), da die Güte der Schweißnaht von der richtigen StromEinstellung abhängig ist und zu hohe Stromspitzen die Güte der Schweißnaht ungünstig beeinflussen können;
4. die Stromspannungslinie muß im Arbeitsbereich möglichst steil verlaufen, damit unbeabsichtigtes Ändern des Elektrodenabstandes keine allzu großen Stromschwankungen ergibt.

Bild zeigt einen Schweißumformer der Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim, der vorstehende Bedingungen erfüllt. Der Schweißstrom wird mit einem Handrad stufenlos in den Grenzen von 15 bis 200 A ein-

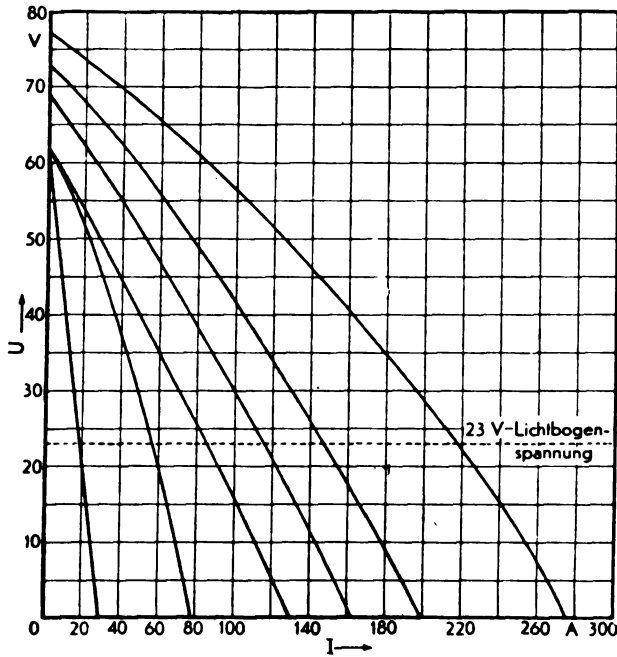


Bild 5. Stromspannungskennlinien des Generators.

gestellt. Die eingestellte Stromstärke kann an einer geeichten Skala abgelesen und an einem eingebauten Strommesser überwacht werden. Der Generator hat eine Nebenschlußwicklung und besonders bemessene Compound- und Gegencompoundwicklungen. Die verschiedenen Schweißströme werden durch Verändern der Compoundierung mit einem Regelwiderstand eingestellt, der besonders in dem Bereich von 15 bis 60 A verhältnismäßig viele Windungen hat, durch die feinstes Regeln möglich ist.

Bild 5 zeigt die Stromspannungskennlinien des Generators.

Diese Kennlinien stellen die Abhängigkeit der Stromstärke und Spannung bei verschiedener Belastung des Generators dar. Bei einer StromEinstellung von 0 A muß demnach die Spannung den Höchstwert erreichen, während sie bei Kurzschluß 0 V betragen muß. Beim Schweißen selbst fällt die Leerlaufspannung auf die Lichtbogenspannung zurück. Da die Kennlinien ziemlich steil sind, entspricht die Maschine den Anforderungen für Dünnschweißung. Auch die dynamische Kennlinie zeigt günstiges Verhalten. Sie gilt für die schnell veränderlichen Vorgänge während des Schweißens zwischen Strom und Spannung zum Unterschied von der statischen Kennlinie, die für den Beharrungszustand maß-

gebend ist. Für die Bewertung von Schweißumformern ist sie von grundsätzlicher Bedeutung, da sie die dynamischen Eigenschaften des Generators, also die Spannungsänderung bei veränderlichem Strom in Abhängigkeit von der Zeit, erkennen läßt. Es kann also festgestellt werden, ob der Generator magnetisch träge ist. In diesem Falle nimmt der Stoßkurzschlußstrom einen zu hohen Wert an, der einen zu großen Einbrand und damit ein Überhitzen des Schweißgutes zur Folge hat.

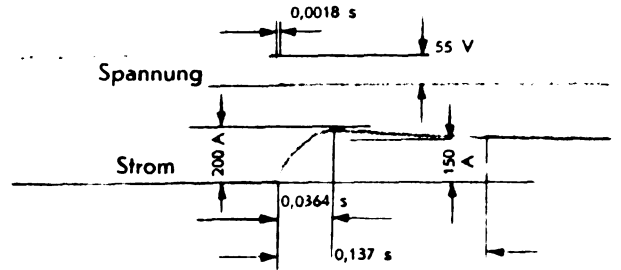


Bild 6. Oszillogramm des Spannungsrückganges bei plötzlichem Kurzschluß.

Bild 6 und 7 zeigen den Einschalt- bzw. Abschaltvorgang, der beim Schweißen durch den Tropfenübergang dauernd eintritt, unter Verwendung einer Schaltungsvorrichtung schnellster Schaltgeschwindigkeit. Der Strom stellt sich ohne zu große Spitzenbildung in kürzester Zeit auf den Dauerkurzschlußstrom ein. Die Spannung fällt in

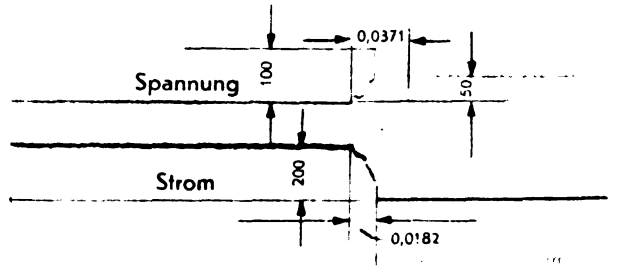


Bild 7. Oszillogramm der Spannungswiederkehr nach Aufheben des Kurzschlusses.

0,018 s im Augenblick des Zündens auf Null zurück. Beim Unterbrechen des Kurzschlusses kehrt die Spannung in 0,0371 s wieder. Sie nimmt zunächst einen hohen Wert an, der ein sicheres Zünden unter den schlechtesten Bedingungen ermöglicht. Dies ist besonders für die Dünnschweißung von großer Bedeutung. Die Bedienung ist sehr einfach. Die beiden Schweißkabel werden in bekannter Weise an die seitlich angebrachten Klemmen angeschlossen. Mit einem Schalter wird der Motor eingeschaltet. Mit dem Regler wird die Stromstärke eingestellt und damit der Art und dem Durchmesser der Elektrode sowie der Blechstärke angepaßt. Nach Anschluß der Schraubzwinde an das Werkstück sowie Einspannen der Elektrode kann mit dem Schweißen begonnen werden.

Mit seinen günstigen schweißtechnischen Eigenschaften genügt der Umformer den Ansprüchen, die die Dünnschweißung zur Bedingung macht.

## Das Zusammenwirken verschiedener Meßverfahren in neuzeitlichen Selektivschutzeinrichtungen

Von Hermann Neugebauer, Berlin

DK 621.316.925.1

Die Selektivschutztechnik ging bei ihrer Entwicklung einen Weg, der fast allen solchen Gebieten eigentümlich ist. Man suchte zunächst die Möglichkeiten auf, die die einzelnen Fehlerfälle zu erfassen gestatteten. Hiervon ausgehend ergaben sich dann verschiedene Meßverfahren, die sich in entsprechenden Schaltungen zu besonderen Schutzsystemen entwickelten. Dann setzte fast immer in solchen Fällen eine Zeit ein, in der jeder der einzelnen Entwicklungszweige zunächst den Anspruch machte, allein als richtig angesehen zu werden. Es entstanden also jahrelang die lebhaftesten Meinungs-austausche, welchem Schutzsystem jeweils der Vorzug gegeben werden sollte. Die Praxis schied als letzte Richterin manches dieser Systeme aus dem Wettbewerb aus. Aber immerhin blieb noch eine beachtliche Zahl bestehen, die ihren Anspruch mit Erfolg verteidigen konnten. Aber gerade die Vielzahl solcher Systeme und der Meinungs-austausch über ihre Anwendung beweist am besten, daß man ein Universalsystem, das sämtliche Fehler richtig erfaßt und allen möglichen Betriebsbedingungen gerecht wird, nicht erreichen kann. Jedes System geht von bestimmten Voraussetzungen aus und führt diese Gedanken-kette zu einer Vollendung durch. Da aber die von der Praxis gegebenen Bedingungen so mannigfaltig und häufig einander entgegengesetzt gerichtet sind, ist es schließlich verständlich, daß ein System allen Forde-rungen allein nicht gerecht werden kann. Man mußte also sehr bald gewisse Kompromisse schließen, indem man für verschiedene Netze auch verschiedene Schutz-systeme wählte oder auch im gleichen Netz individuell verschiedene Systeme einbaute. Aber noch lange Zeit bestand der Eindruck, als ob die einzelnen Systeme ziemlich zusammenhanglos und fast unvereinbar nebeneinander be-standen. Man ging daran, die einzelnen Systeme ihrem inneren Wesen nach zu ordnen und stellte fest, daß sie zusammengefaßt doch wieder in ganz bestimmter Weise sich ergänzten. Jedes System stellt eine in sich ge-schlossene Gedankenkette dar. Alle zusammen werden jedoch der Summe der Fehlermöglichkeiten und Betriebs-forderungen wiederum lückenlos gerecht. Vergleicht man die in jedem Anwendungsfall gegebene Summe an Be-triebsforderungen und Erfassungsmöglichkeiten mit einem jeweiligen Frequenzband bei einem Resonanzkreise, so be-sitzt jedes System demnach eine bestimmte Resonanz-kurve seiner Wirksamkeit, d. h. der prozentualen Erfüll-barkeit der gegebenen Forderungen. Je flacher eine Resonanzkurve ist, um so breiter ist das Anwendungs-gebiet, aber auch um so weniger können jeweils die ge-samten Anforderungen hinsichtlich der Selektivität, Zeit usw. erfüllt werden. Ein Überstromschutz z. B. mit ein-facher oder gegenläufiger Zeitstaffelung besitzt in diesem Vergleichsbild eine sehr breite Resonanzkurve, d. h. er kann als grobes Schutzsystem fast überall angewendet werden. Aber die Ansprüche hinsichtlich Selektivität und vor allem der schnellen Abschaltzeit sind sehr gering. Den vollen Gegensatz hierzu bildet z. B. der Differential-schutz. Er hat eine außerordentlich hohe Selektivität und stellt den am schnellsten arbeitenden Schutz dar, aber er kann nur beschränkt angewendet werden und ist nur wirksam auf dem ihm zugewiesenen Gebiet. Er hat also im Vergleichsbild eine sehr spitze, aber nach allen Seiten vollkommen abgeriegelte Resonanzkurve. Die Hoch-

frequenztechnik kennt nun aber auch Kombinationen von mehreren Resonanzkreisen, die miteinander gekoppelt sind, die zwar scharfe, aber über eine Reihe von Fre-quenzen fast gleichbleibende Resonanzkurven ergeben. z. B. die Bandfilter. Diesem Vorgang entspricht fast ganz genau die Kombination mehrerer Schutzsysteme oder Meßprinzipien in bestimmter Zusammenkopplung, wobei die jeweiligen Vorteile besonders herausgehoben werden, während die Nachteile bzw. Unempfindlichkeiten der ein-zelnen sich gegenseitig ausgleichen bzw. verdeckt werden. Diese Entwicklung hat die Selektivschutztechnik gerade in den letzten Jahren in immer stärkerem Maße durch-gemacht. Was auf den ersten Blick als Spielerei oder Spitzfindigkeit erscheint, erweist sich als zwangsläufige und folgerichtige Weiterentwicklung. Auf diese Entwick-lung und Zusammenhänge das Augenmerk einmal zu richten, soll der Zweck dieser Ausführungen sein.

Eine sehr auffallende Kombination dieser Art hat sich auf dem Teilgebiet der Zeitkennlinien des wider-standsabhängigen Zeitstaffel-schutzes vollzogen. Man kannte zuerst die unabhängige Zeitstaffe-lung. Die Kennlinie eines unabhängigen Zeitrelais ist über die Leitungslänge aufgetragen eine Waagerechte. Die Aus-lösezeit ist an jedem Fehlerort gleich hoch. Der Staffe-lplan eines solchen Schutzes weist eine Art Treppe der Zeit-stufung nach der Zentrale zu auf. Dieses System gibt bei Strahlennetzen zwar Selektivität, aber lange Abschaltzeiten, besonders in der Nähe der Zentralen. Der nächste Schritt ist die Verbindung dieses Schutzes mit Stromrichtungs-relais, wodurch man nur Schalter bei bestimmter Richtung des Fehlerstromes betätigen kann. Der Erfolg stellt die gegenläufige Staffelung dar, die es gestattet, auch ver-maschte Netze, allerdings mit nur einseitiger Einspeisung, selektiv zu schützen. Die Abschaltzeiten sind auch hierbei, besonders bei der Zentrale, noch sehr hoch. Einen wesent-lichen Fortschritt, besonders hinsichtlich der Abschalt-zeit, brachte der widerstandsabhängige Schutz. Die Fehler-entfernung wird von jedem Relais gemessen und davon die Auslösezeit abhängig gemacht. Dieser Schutz gibt im ganzen Netz annähernd gleiche kurze Abschaltzeiten und ist in Verbindung mit Richtungsrelais geeignet, ver-maschte Netze mit beliebiger Einspeisemöglichkeit selektiv zu schützen. Die Kennlinie eines solchen Systems zeigt über der Leitungslänge eine vom Relaisort aus ansteigende Form. Hierbei wurden zunächst zwei Wege eingeschlagen. Die eine Kennlinie nimmt stetig in der Auslösezeit zu, die andere nur in bestimmten Zeitstufen. Man bezeichnet sie auch als stetige oder stufenförmige Kennlinien. Die stetige Kennlinie wird durch ein widerstandsabhängiges Zeitrelais, die stufenförmige durch das Zusammenarbeiten eines Widerstandskipprelais mit einem getrennten Zeit-relais erzielt. Die Veröffentlichungen haben Vor- und Nachteile jedes einzelnen Verfahrens je nach dem ein-genommenen Standpunkt hervorzukehren sich bemüht. Die heutige Form der Kennlinie, die sich überall einführt, stellt die harmonische Vereinigung aller Kennlinien dar, wobei jeder einzelnen immer nur das Gebiet zugewiesen wird, wo sie ihre größte Wirksamkeit erweisen kann. Da gerade diese Kennlinie ein Musterbeispiel für den oben erläuterten Entwicklungsgang darstellt, sei sie noch ein-mal zusammengestellt. Bild 1 stellt die starre unabhän-gige Kennlinie dar, Bild 2 die stetige widerstandsabhän-

gige Kennlinie, Bild 3 die Kennlinie eines Widerstandskipprelais, Bild 4 eine stufenförmige Kennlinie, die sich als die Zusammensetzung verschiedener Kippstufen mit verschiedenen Anfangszeiten und verschiedenen Meß-

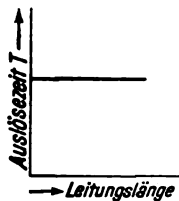


Bild 1. Unabhängige Kennlinie.

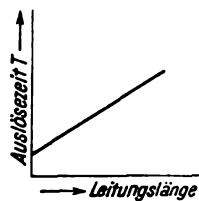


Bild 2. Stetige widerstandsabhängige Kennlinie.

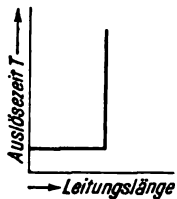


Bild 3. Kennlinie eines Widerstandskipprelais.

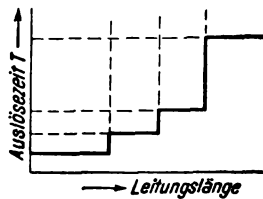


Bild 4. Stufenförmige Kennlinie.

bereichen erweist. Bild 5 a und 5 b stellen schließlich die Kombination aller als heutige einfach oder doppelt gebrochene Kennlinie dar.

Ein weiterer fast unversöhnlicher Gegensatz bestand darin, welche Art Widerstandsmessung am vorteilhaftesten ist, ob man nämlich die Impedanz oder die

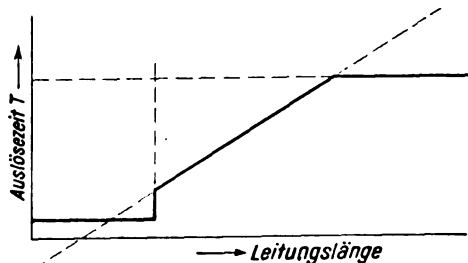


Bild 5a. Einfach gebrochene Kennlinie.

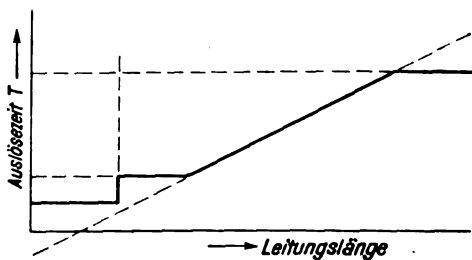
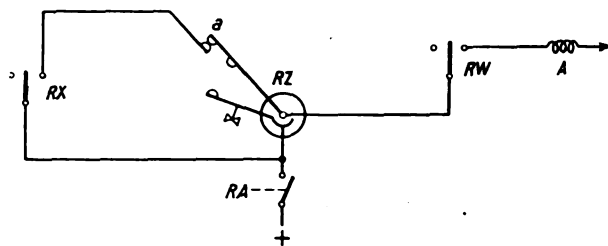


Bild 5b. Doppelt gebrochene Kennlinie.

Reaktanz der Kurzschlußschleife als Grundlage für die Zeitbestimmung nimmt. Die Impedanz umfaßt auch den zusätzlichen, d. h. die richtige Messung fälschenden Widerstand des Lichtbogens, die Reaktanz scheidet ihn aus und mißt nur die Induktivität der Leitung. Was sich aber auf der einen Seite als unbedingter Vorteil zeigt, ist auf der anderen Seite wieder die Ursache von Nachteilen. Auch hierbei weist jedes System eine Art Resonanzkurve seiner Wirksamkeit auf. Der Impedanzschutz ist voll wirksam bei Leitungslängen, die im Widerstand größer sind als der Widerstand des Anfangslichtbogens, und ist außerdem stabiler bei gewissen Fehlern, z. B. Durcheinanderlaufen

der Maschinen, Kurzschluß hinter Stern/Dreieck-Transformatoren. Der Reaktanzschutz scheidet zwar auch bei kleinen Leitungswiderständen noch den Lichtbogenwiderstand aus, bringt aber infolge seiner durch das Meßprinzip bedingten Winkelabhängigkeit Schwierigkeiten bei den Fehlern, bei welchen gerade der Impedanzschutz betrieblich recht stabil ist<sup>1)</sup>. Eine objektive Betrachtung des in Veröffentlichungen vorgebrachten Für und Wider legt den Schluß nahe, daß auch hierbei eine Kombination gefunden werden kann, die die Vorteile beider Meßprinzipien voll zur Wirkung bringt und die Nachteile sich gegenseitig aufheben läßt. Man schaltet beide Systeme in ihrer Wirkung hintereinander, wobei das Impedanzrelais das Reaktanzrelais zeitlich und örtlich begrenzt und außerhalb dieses Gebietes allein den Schutz übernimmt. Diese eingegrenzte Zone stellt dann gerade das Gebiet dar, wo der Impedanzschutz nicht mehr seine Aufgabe voll erfüllen kann. In Bild 5 a und 5 b wird also bei gegebener Notwendigkeit vor allem die erste, nur im Notfall auch die zweite Stufe der Kennlinie vom Reaktanzrelais übernommen, während darüber hinaus nur noch das Impedanzrelais allein wirksam ist. Eine schematische Darstellung einer solchen Kombination eines Reaktanzkipprelais mit einem Impedanzzeitwerk stellt Bild 6 dar.



- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| RA Ankerrelais         | RW Richtungsrelais |
| RX Reaktanzkipprelais  | a Eilkontakt       |
| RZ Impedanz-Zeitrelais | A Auslöser         |

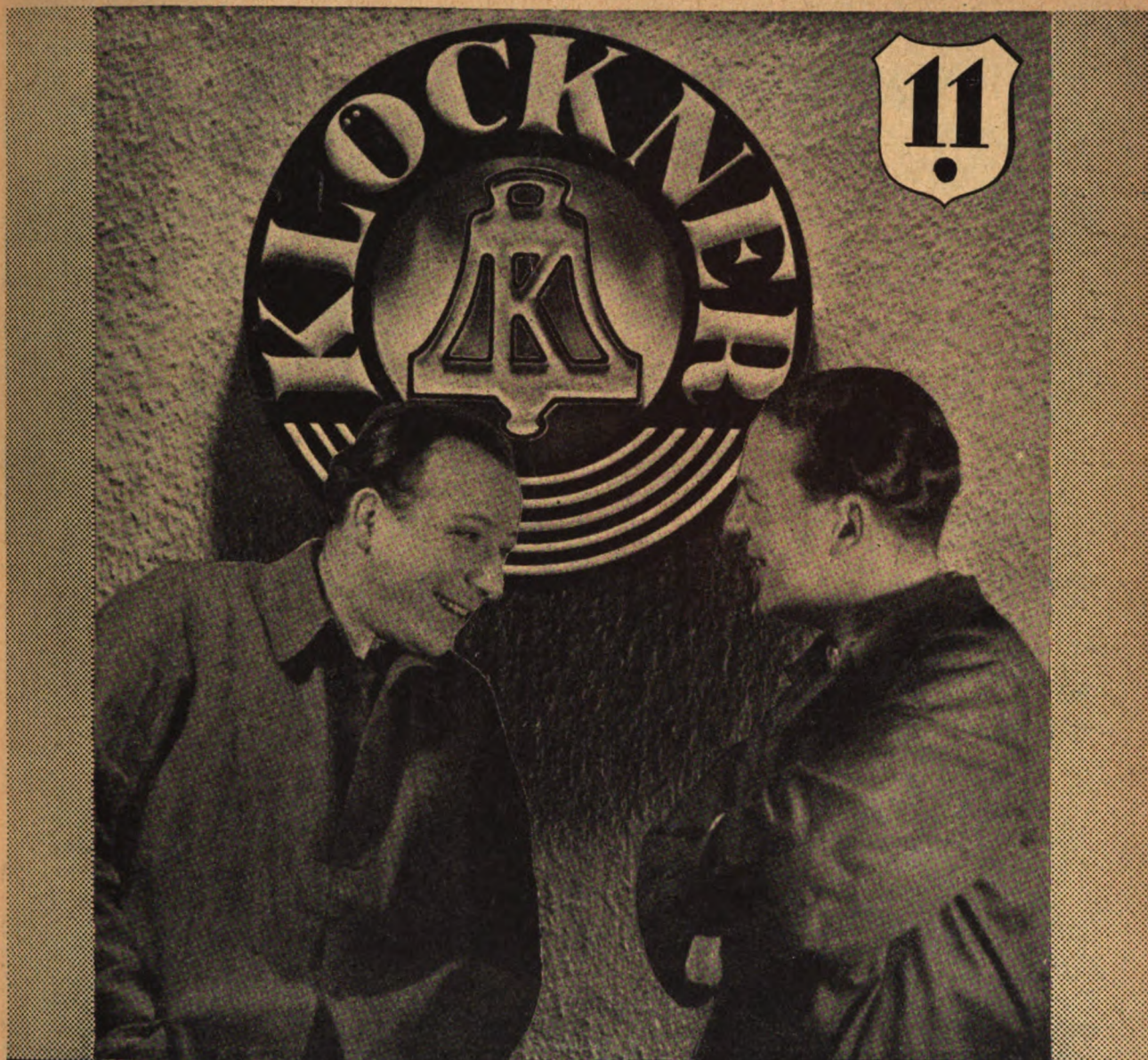
Bild 6. Zusammenwirken von Reaktanzkipprelais mit Impedanzzeitrelais

Schließlich besteht ein dritter wesentlicher Gegensatz zwischen Staffel- und Vergleichssystemen. Das Zeitstaffelsystem erreicht seine Selektivität durch eine Staffelung der Auslösezeiten hintereinander liegender Relais. Wenn auch die absoluten Auslösezeiten klein sein mögen wie beim Widerstandschutz, so muß doch am Ende der Leitung genügend Zeitabstand zwischen den hintereinanderliegenden Relais vorhanden sein, um ein gleichzeitiges Auslösen der beiden Schalter zu verhindern. Ein Schnellschaltensystem, das über die gesamte Strecke bei vollster Selektivität die gleiche kurze Zeit gewährleistet, kann also ein Zeitstaffelsystem aus seiner Natur heraus niemals sein. Dafür besitzt es als hervorstechendste Eigenschaft die Möglichkeit, auch dann abzuschalten, wenn durch Versagen einer Apparatur oder eines Schalters ein Auslösen an der gewünschten Stelle nicht erfolgt. Die damit gegebene „Reserveauslösemöglichkeit“ ist eine unerläßliche Forderung für einen Netzschutz.

Der Vergleichsschutz vergleicht zwei Punkte eines Netzgebildes miteinander und nimmt das abweichende Verhalten der Netzgrößen an den Vergleichspunkten als Fehlerkriterium. Er ist also von Natur aus zur vollen Schnellschaltung befähigt, da kein zeitliches Abwarten für seine Selektivität erforderlich ist. Aber gleichzeitig kann er niemals eine „Reservezeit“ im eben erwähnten Sinne besitzen, da er nur in dem ihm durch die Vergleichspunkte zugewiesenen Leitungsabschnitt wirksam sein kann.

Der Staffelschutz und im besonderen der widerstandsabhängige ist nun wiederum begrenzt in seiner Wirkung bei Leitungen mit kleinen Widerstandswerten, wäh-

<sup>1)</sup> Eine genaue Gegenüberstellung erfolgte in dem Aufsatz: H. Neugebauer, Der Lichtbogenwiderstand und widerstandsabhängiger Zeitstaffelschutz, Elektrizitätswirtsch. 37 (1938) S. 396.



### *Was erzählen sich wohl diese beiden Elektriker?*

Wenn ein Maschinenbauer eine gute Maschine konstruieren will, dann sieht er bestimmt eine genügend starke Welle vor, er spart auch nicht zu sehr an Raum, und er sorgt für genügend Schmierstellen, vielleicht nimmt er sogar, um ganz sicher zu gehen, einen Bosch-Öler.

Dagegen soll nach Möglichkeit ein dafür gehöriges Schaltgerät klitzeklein sein, vielleicht mit nur einer 5-mm-Achse usw., und soll auch noch das Billigste sein und auch noch etwas leisten.

Weil das nicht geht, rüsten wir unsere neuen Walzenschalter, die auch etwas leisten, von vornherein mit einer 10 mm starken Welle aus, sparen nicht an Raum und empfehlen, die Kontaktstellen dauernd zu schmieren. Dann hat auch das elektrische Schaltgerät eine Lebensdauer, keine Störung und ist deshalb auch das Beste und Billigste im Betrieb.

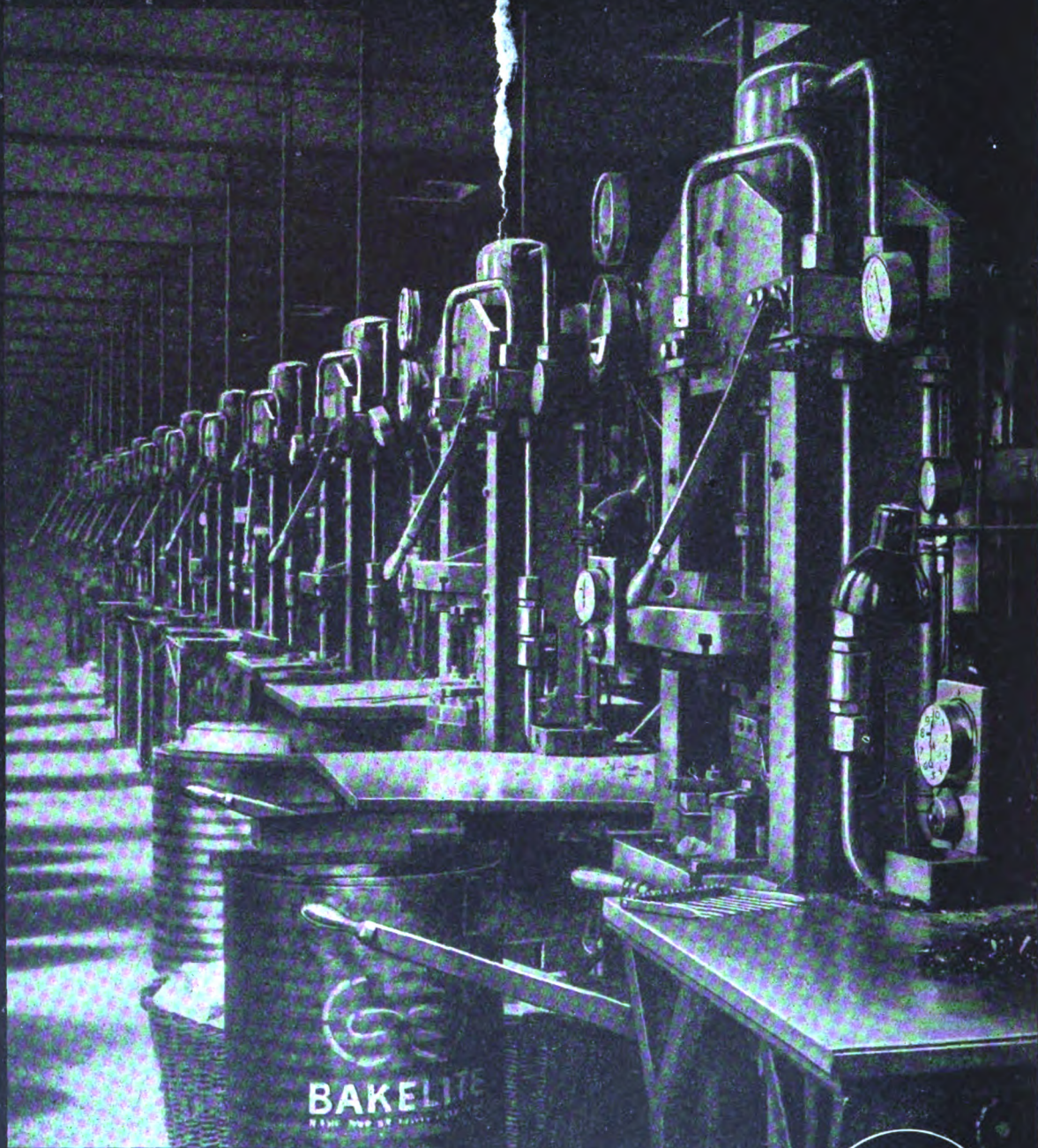
**F. KLÖCKNER K-G • KÖLN-BAYENTHAL**



HPK

# SCHNELLPRESSEN

für Kunststoffe mit hydraulischem Einzelantrieb DRP.



Die in großen Gruppen schon viele Jahre arbeitenden HPK-Pressen sind ein zuverlässiger Ausweis für Betriebssicherheit, Leistung und Wirtschaftlichkeit. Der Träger dieses Erfolges ist die verwendete unverwüsthliche, allen Anforderungen entsprechende Hochdruck-Rotationspumpe DRP. Mit den HPK-Pressen können die kompliziertesten Teile hergestellt und die empfindlichsten Preßstoffe wirtschaftlich verarbeitet werden.

Verlangen Sie bitte unsere Druckschrift Nr. 1056.



## HAHN & KOLB - STUTTGART

BERLIN · FRANKFURT M · LEIPZIG · MÜNCHEN · WIEN

rend gerade der Vergleichsschutz in diesen Leitungsgebilden volle Abhilfe schaffen kann<sup>2)</sup>).

Man hat daher schon vor längerer Zeit eine Kombination geschaffen, die beide Systeme miteinander vereinigt. Besonders geeignet hierfür waren Vergleichssysteme, die fast die gleichen Einzelelemente aufweisen wie der Staffelschutz. Der Vergleich der Stromrichtungen durch Übermittlung der Angaben vom Richtungsrelais benötigt die gleichen Anrege- und Richtungsrelais wie der Staffelschutz. Durch Hinzufügen eines Zeitrelais wird dieser Vergleichsschutz zu einem Staffelschutz erweitert, wobei der Vergleich nur für die eigene Strecke ausgenutzt wird und die Zeitstaffelung für alle außerhalb dieser Strecke auftretenden Fehler wirksam ist. Je nachdem, welche Anforderungen man an diesen „Reservestaffelschutz“ stellt, wird dieses Zeitrelais unabhängig oder widerstandsabhängig ausgeführt. Eine solche Kombination ist im Schrifttum als „Streckenschutz“ beschrieben worden.

So stellt die heutige Selektivschutztechnik eine ganze Reihe solcher Kombinationen zweier an sich scheinbar völlig verschiedener Verfahren her. Allen gemeinsam ist, daß man zunächst ein grobes Staffelsystem überlagert. Auch die Überlagerung einer starren gerichteten Endzeit bei der Kennlinie des Impedanzschutzes gehört schon in diese Regel. Hieran schließen sich dann die Systeme, die in ihrer Wirkung mehr spezialisiert sind, aber dadurch auch in ihrem Wirkungsbereich zwangsläufig eingeeengt sind. Der widerstandsabhängige Schutz mit einfach oder doppelt gebrochener Kennlinie ist nun ein in sich abgeschlossenes Kombinationssystem für den Staffelschutz, so daß man ihn schon als einen selbständigen Baustein in der Schutztechnik bezeichnen kann. Da an die überlagerte Reservezeit bei der heutigen Vermaschung und fast ausschließlich vorhandenen mehrfachen Einspeisung auch erhöhte Forderungen gestellt werden, kann es fast als Norm angesehen werden, daß als Grundsatz stets

<sup>2)</sup> Eine Gegenüberstellung der beiden Systeme erfolgte in dem Aufsatz: H. Neugebauer, Was ist Streckenschutz? Siemens-Z. 13 (1933) S. 94.

ein Impedanzschutz gewählt wird, auch wenn er zunächst nicht an allen Punkten des Netzes die gestellten Forderungen erfüllen kann. Für diese Spezialforderungen werden mit diesem Grundsatz dann jeweils solche Schutzelemente kombiniert, die hierfür eine besondere Wirksamkeit besitzen. Aus diesem Grunde findet man heute auf dem Markt: Impedanzschutz mit vorgeschalteter Reaktanzkipfstufe für kurze Hochspannungsfreileitungen, Impedanzschutz mit einem Zusatzgerät für Richtungsvergleichsschutz, Impedanzschutz mit unterlagertem Differentialschutz oder schließlich sogar Mehrfachkombinationen. Ein Beispiel für die letzteren stellt die Vereinigung von Impedanzschutz mit Reaktanzkipfstufe und Richtungsvergleichsschutz durch HF-Verbindung dar, der abgekürzt mit XZ-HF-Schutz bezeichnet wurde.

Der Gesamtüberblick über diese Entwicklung zeigt also, daß man zuerst versucht hat, Einzelaufgaben zu lösen. Ein Netzbetrieb stellt aber stets eine Summe von solchen Einzelforderungen, denen man wiederum nur mit einer Kombination von Einzellösungen gerecht werden kann. Nun werden bestimmte Netzbetriebe, z. B. Höchstspannungsleitungen, Freileitungsnetze mittlerer Spannung, städtische Kabelnetze, Industrienetze usw. praktisch auch stets die gleiche Summe von Anforderungen an einen Netzschutz stellen, so daß die bisher geschaffenen Kombinationen jeweils solchen Netzbetrieben gerecht werden. Man kann also zu dem Schluß kommen, daß damit die Selektivschutztechnik bis zu einem gewissen Abschluß gekommen ist, wenn man von Verfeinerungen in der Schaltung oder Relaiskonstruktion absieht. Das schließt nicht aus, daß die weitere Entwicklung der Netze auch weitere Forderungen bedingen kann. Die Meßverfahren sind jedoch nur durch die Gesetze der elektrischen Größen gegeben und auch bekannt. Eine Weiterentwicklung des Schutzes ist also nur noch durch die eine oder andere zweckmäßige Zusammenfassung von solchen Verfahren zu erwarten, wobei z. B. Meßverfahren wieder verwendet werden, die heute noch vielleicht als unzureichend oder schwierig angesehen werden.

## Über Hochspannungs-Gleichrichter für Laboratoriumszwecke

Von G. Häder, Berlin

DK 621.314.671

Gleichstrom-Hochspannung wird für die verschiedensten Zwecke gebraucht, so z. B. im Laboratorium für Versuche mit Gasen, als Anodenspannung für Meßsender, für Kathoden-Zerstäubung usw. Als Anodenstromquellen wurden, abgesehen von Hochspannungs-Batterien, früher ausschließlich Hochspannungs-Maschinen benutzt, deren Entwicklung so vorangetrieben war, daß Spannungen bis 10 kV und höher in einer Maschine ohne weiteres beherrscht werden konnten. In den letzten Jahren wurde nun durch die Weiterentwicklung der Glühkathodenröhren mit Quecksilberdampfzuführung die Möglichkeit gegeben, Hochspannungs-Gleichrichter zu bauen, die dazu bestimmt sind, die Hochspannungs-Maschinen in den meisten Fällen zu ersetzen. Der Gleichrichter hat gegenüber der Maschine verschiedene Vorteile, sowohl hinsichtlich der Anschaffungskosten als auch des Platzbedarfes und des Betriebes.

Stationäre Maschinenumformer für das Leitungsnetz zur Speisung der Laboratorien benötigen verhältnismäßig große Aufwendungen; sie steigen mit einer größeren Anzahl Abnahmestellen. Hierzu kommen noch die Hochspannungs-Abnahmeschaltungen mit Fernsteuerung und

die Hochspannungs-Meßorgane. Sind mehrere Gleichspannungen verschiedener Höhe den Laboratorien zuzuführen, so ist noch ein Hochspannungs-Verteiler zu beschaffen, dessen Kosten nicht gering sind, da alle Teile hochisoliert aufgebaut und zur Sicherung der Bedienenden die Kontaktstüpsel mit selbsttätigen Erdungsvorrichtungen versehen werden müssen.

Vergleicht man den Platzbedarf gegenüber einer stationären Maschinenanlage, so fällt eine Gegenüberstellung zugunsten des Hochspannungs-Gleichrichters aus; er bietet außerdem noch den großen Vorteil, daß er bis zu einer gewissen Leistung leicht fahrbar gemacht und bequem zu dem jeweiligen Verwendungsort gebracht werden kann. Die Gleichrichter werden einteilig oder zur Erleichterung des Transportes, besonders bei den größeren Leistungen, auch dreiteilig hergestellt, wobei der erste Teil die Regel- und Schaltorgane, der zweite den Hochspannungstransformator und der dritte den eigentlichen Gleichrichter mit seinen Siebketten enthält. Die Dreiteilung hat außer dem Vorteil der besseren Beweglichkeit noch den Vorzug, daß der induktive Regler für sich allein oder in Verbindung mit dem Hochspannungstransformator

zu benutzen ist. Der Anschluß erfolgt in einfacher Weise an das Drehstromnetz oder bei niedrigeren Leistungen an eine Phase.

Im Gegensatz zum Hochspannungsumformer hat der Gleichrichter einen besseren Wirkungsgrad. Ferner besitzt er einen günstigeren Leistungsfaktor. So wurden

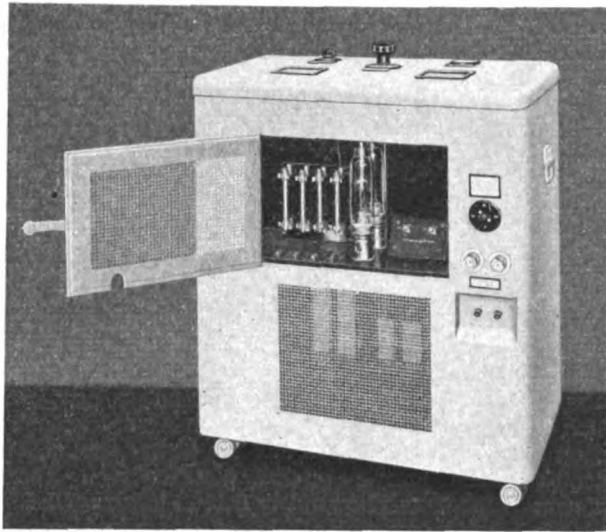


Bild 1. Fahrbarer Laboratoriums-Hochspannungs-Gleichrichter.

z. B. bei einem fahrbaren Gleichrichter zum Anschluß an Drehstrom  $3 \times 380$  V, 50 Hz zur Erzeugung von 4000 V und 1 A folgende Werte gemessen:  $\eta = 0,82$  und  $\cos \varphi = 0,95$ . Der Wirkungsgrad wird durch den geringen Spannungsabfall in den Gleichrichterröhren, der nur etwa 15 bis 20 V beträgt, günstig beeinflusst. Zur Gegenüberstellung sei erwähnt, daß z. B. ein Drehstrom-Gleichstrom-Umformer für 5000 V und 1 A

Gleichstrom-Leistung nur einen Wirkungsgrad von etwa 0,65 besitzt. Die Betriebskosten liegen also wesentlich höher als beim Gleichrichter. Die

konstruktive Durchbildung leicht transportabler Hochspannungs-Gleichrichter wurde erst durch die Entwicklung der Glühkathodenröhren mit Quecksilberdampf-füllung möglich, da die Abmessungen dieser Röhren im Vergleich zu ihren Sperr- und Prüfspannungen, die sie aushalten, und zu ihrer Strombelastungsfähigkeit verhältnismäßig klein sind. Die ersten derartigen Röhren wurden laboratoriums-mäßig hergestellt, während dann bald wegen des großen Bedarfes die serienmäßige Fabrikation aufgenommen wurde. Die heutige Röhrenform ist in Bild 1 zu sehen, das einen fahrbaren Hochspannungs-Gleichrichter für 1000 V und 1 A wiedergibt. Sehr von Vorteil bei diesen Gleichrichtern ist, daß sie keinerlei Wartung erfordern, da sie umlaufende Teile nicht aufweisen. Sie arbeiten vollkommen geräuschlos und rund-

funktörungsfrei. Dies ist für Fernmeldelaboratorien von besonderer Wichtigkeit, wo die Räume für Sende- und Empfangsgeräte meist nicht weit voneinander entfernt sind. Voraussetzung für störungsfreies Arbeiten ist die Verlegung einwandfreier Erden.

Die Schaltung der Hochspannungs-Gleichrichter ist verschieden. Es wird die Vollweggleichrichtung mit zwei Röhren für Einphasenstrom, die Drehstrom-Einweggleichrichtung mit drei Röhren oder die Drehstrom-Gleichrichter-Brückenschaltung mit sechs Röhren angewendet. Die letztere ist aus Bild 2 ersichtlich.

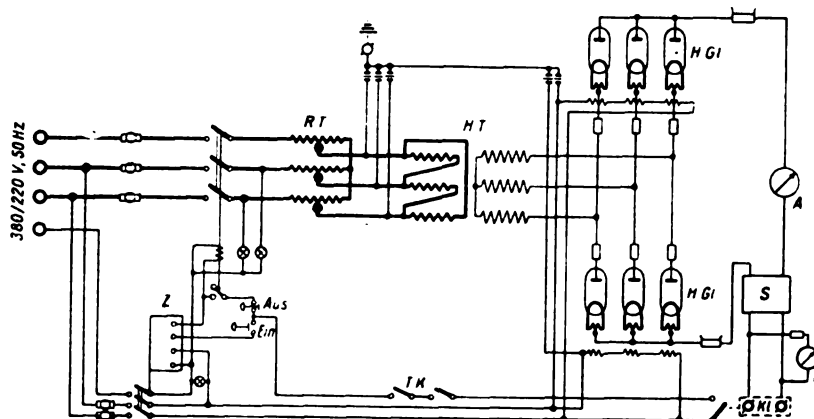
Die Wahl der Schaltung hängt von wirtschaftlichen Gesichtspunkten ab. Sie wird von der Erwägung bestimmt, welcher geringste Aufbau notwendig ist, um eine bestimmte Welligkeit zu erreichen. Diese wird kleiner als  $\pm 1\%$  gehalten und kann durch entsprechende Siebglieder bis auf etwa  $\pm 0,1\%$  oder kleiner verringert werden.

Zur Regelung der Gleichspannung wird ein induktiver Spezialregler verwendet, der die Primärspannung des Hochspannungstransformators von Null bis zum Höchstwert stufenlos regelt.

Gittersteuerung für die Spannungsregelung statt der induktiven Regelung wendet man bei den vorliegenden verhältnismäßig kleinen Leistungen nicht an. Bei Herabregelung der Spannung durch Gittersteuerung tritt nämlich eine Verschlechterung der Welligkeit des Gleichstromes ein, sie wächst linear mit dem Herabregeln der Spannung. Bedingt ist die Vergrößerung der Welligkeit durch das Anwachsen der Oberwellenwerte gegenüber denen bei unregelter Spannung. Ihre Beseitigung verlangt eine Vergrößerung der Siebmittel, die aber unwirtschaftlich wäre und zu viel Platz in Anspruch nehmen würde.

Da die Glühkathodenröhren vor Einschaltung der Anoden-Wechselspannung erst einen bestimmten Quecksilberdampfdruck haben müssen, ist eine gewisse Anheizzeit der Glühkathoden notwendig. Um die Bedienung möglichst einfach zu gestalten, wird die erforderliche Anheizzeit (etwa 1 min) automatisch eingestellt. Hierzu ist ein Zeitrelais eingebaut, das das Hauptschütz blockiert. Vor Ablauf des Zeitrelais kann also die Anodenspannung nicht eingeschaltet werden. Eine Beschädigung der Röhren durch falsche Bedienung wird hierdurch ausgeschlossen.

Zur Sicherung des Gleichrichters gegen Überlastung und Kurzschlüsse sind außer den



RT Regeltransformator  
HT Hochspannungstransformator  
HGI Hochspannungs-Glühkathoden-Gleichrichterröhren  
S Siebglied  
TK Türkontakte  
KI Abnahmeklemmen  
Z Zeitrelais

Bild 2. Drehstrom-Gleichrichter-Brückenschaltung mit 6 Röhren.

Primärsicherungen noch Anodensicherungen auf der Hochspannungsseite des Transformators und Spezialsicherungen für Gleichstrom-Hochspannung vor den Entnahmeklemmen eingebaut. Die Abnahmeklemmen besitzen eine mit einem Schalter verriegelte Schutzhaube, die eine Berührung der Klemmen verhindert, solange Spannung an diesen liegt. Beim Öffnen der Türen des Gleichrichterteiles, z. B. zwecks Auswechslung der Hochspannungssicherungen, wird automatisch die sofortige Unterbrechung des Primärkreises des Hochspannungstransformators bewirkt.

Die oben beschriebenen Hochspannungs-Gleichrichter der Siemens & Halske AG. sind in fahrbarer Form für Laboratorien bis 10 kV und für eine Gleichstromleistung von etwa 12 kW gebaut worden und vielfach im Gebrauch. Bei größeren Leistungen werden die Einheiten für die Be-

wegung im Laboratorium zu schwer, so daß man darüber hinaus ortsfesten Anlagen den Vorzug geben wird. Im allgemeinen kommt man aber mit Leistungen bis etwa 12 kW im Laboratorium vollkommen aus.

## Das Leuchtschaltbild für elektrische Schaltwarten

Von Fr. Parschalk VDE, Mannheim

Eine neuzeitliche Schaltwarte für die Bedienung und Überwachung der Hochspannungsanlagenteile von Kraftwerken, Umspannwerken und Verteilungsanlagen soll grundsätzlich so ausgeführt sein, daß sie eine möglichst klare Übersicht gibt über den Schalt-, Spannungs- und Belastungszustand der betreffenden Anlage und eine rasche und fehlerlose Bedienung ermöglicht. Man trachtet also, die Bedienungsschalttafeln und Steuerpulte mit allen ihren Steuer-, Meß- und Überwachungsgeräten so anzuordnen und so auszugestalten, daß der Bedienende ein in seinem Blickfeld liegendes Abbild der wirklichen Hochspannungsanlage vor sich hat, das er bequem bedienen und überwachen kann.

### Das Blindschaltbild

Die Einführung des Blindschaltbildes, bei dem die Steuerschalter und Stellungsrückmelder sinnfälligerweise in eine auf Stahlblechschildtafeln oder Steuerpulte aufgemalte oder durch Profileisen dargestellte einphasige Nachbildung der Anlage eingeordnet sind, hat dem Bau von Schaltwarten erst den eigentlichen Sinn und Zweck gegeben. Das weitere unermüdliche Bestreben, ein solches Schaltbild noch klarer zu gestalten, hat schöne Erfolge zu verzeichnen, darin bestehend, daß die Feldteilungen zweckmäßig gewählt werden, daß für die Stellungsmeldung örtlich bedienter Schaltgeräte elektromagnetische Stellungsmelder benutzt werden, daß für die Steuerung fernbedienter Schaltgeräte die Steuerquittungsschalter eingeführt wurden, die durch ihre in das Antriebsschild oder in den Knebelgriff eingebaute Stellungsdifferenzlampe eine glückliche Zusammenfassung von Steuer- und Stellungsmeldeggeräten bedeuten, daß weiterhin die Schaltzeichen und Sinnbilder der Anlagenteile vereinfacht und vor allem vereinheitlicht wurden und daß schließlich auch die Meßgeräte in zweckmäßige Größen und Ausführungsformen gebracht wurden. Das Bild 1 zeigt eine Warte mit Blindschaltbild für ein Umspannwerk mit einer recht guten Gliederung, Übersichtlichkeit und damit ausreichender Bedienungssicherheit.

Solche Blindschaltbilder lassen sich auch für große Anlagen verwenden. Je mehr Schalttafelbilder und

Steuergeräte sich aber aneinanderreihen, um so mehr leidet die Übersichtlichkeit und die rasche Eingriffsmöglichkeit bei Netzstörungen. Man ist deshalb auf den Gedanken gekommen, über den Schalttafelbildern noch ein möglichst gedrängtes Übersichtsschaltbild anzubringen, das über die Stellung aller Trenn- und Leistungsschalter rasch Auskunft geben kann. Befriedigen konnte eine solche Lösung nicht, weil sie wohl über den Schaltzustand aussagt, nicht aber über den Spannungs- und Belastungszustand der Anlage. Insbesondere für wichtige Großanlagen, die Mittel- und Höchstspannungen vereinigen



Bild 1. Schaltwarte mit Blindschaltbild für ein Umspannwerk.

sammelschienen, Umgehungsschienen, Längstrennungen sowie Kuppelschalter aufweisen, war für die Warte eine Darstellungsweise der Anlage notwendig, die bei geringstem Platzbedarf ein schnelles und sicheres Erkennen des Schalt-, Spannungs- und Belastungszustandes gewährleistet und selbstverständlich auch eine einfache Bedienung zuläßt.

### Das Leuchtschaltbild

Diese recht weitgehenden, aber betrieblich sehr notwendigen Forderungen erfüllt das Leuchtschaltbild<sup>1)</sup>. Das Bild 2 zeigt eine von BBC ausgeführte Warte mit Leuchtschaltbild für ein Pumpspeicherwerk mit zugehöriger Umspann- und Verteilungsanlage. Daraus ist auch der Aufbau einer bewährten Ausführungsform von Leuchtschaltbildern zu erkennen. Das Schalttafelgerüst trägt auf der Vorderseite an Stelle der sonst üblichen Blechverkleidungen Glasplatten, die vorderseitig eine Tieftonätzung als Schutz gegen Spiegelung erhalten und rückseitig mit einem lichtdichten, schwarzen Belag versehen sind; in dem schwarzen Belag werden die Linienzüge und Schaltzeichen der Anlage ausgespart. Hinter diesen Tafeln ist eine Beleuchtungseinrichtung aus kleinen Lampenkasten mit verschiedenfarbigen Stecklampen eingebaut. Die Stellung der schaltbaren Anlagenteile, wie Trenn- und Leistungsschalter, wird durch entsprechende Beleuchtung der Schaltzeichen dargestellt, und zwar eingeschaltete Schalter weiß, ausgeschaltete rot. Die Steuerung der Lampen geschieht selbsttätig vom Meldeschalter des betreffenden Schalters und über den im Steuerpult

<sup>1)</sup> F. Jungblut, VDE-Fachber. 9 (1937) S. 127.

eingebauten Steuerquittungsschalter. Ändert ein überwachter Leistungsschalter selbsttätig oder durch örtlichen Eingriff an der Zelle seine Stellung, so wird dies in der Warte durch Hupe und durch Blinken des betreffenden Schaltzeichens in der neuen Zustandsfarbe angezeigt. Nach Abstellen der Hupe durch gemeinsamen Abstellschalter wird die neue Schalterstellung durch Umliegen des Steuerhalters quittiert, wodurch das blinkende Schaltzeichen im Leuchtschalbild in ruhiges Licht übergeht. Die Einführung des Blinklichtes als Zeichen für Differenzstellung ist ein außerordentlich vorteilhaftes Mittel zum schnellen Erkennen von Schalterauslösungen.

Die Steuerquittungsschalter sind in ein auf das Steuerpult nach einem besonderen Verfahren kratzfest aufgemaltes Bedienungs-

schalbild eingebaut, das gleiche Anordnung und Teilung hat, wie das Leuchtschalbild selbst. Sie haben eine Stellungsanzeige durch aufgesetzten Zeiger und werden mit einem gemeinsamen Steckschlüssel bedient. Außer den beiden Stellungen „Ein“ und „Aus“ hat jeder Steuerquittungsschalter noch eine dazwischenliegende Vorzeichenstellung. Diese dient dazu, vor Ausführung einer Schalthandlung den betreffenden Schalter im Leuchtschalbild durch Blinken des Schaltzeichens in der Zustandsfarbe zu kennzeichnen und durch Blinken aller durch die Schaltung beeinflussten Teile dem Schaltwärter die Auswirkung der beabsichtigten Schalthandlung deutlich im Gesamtrahmen der Anlage vor Augen zu führen.

Die nicht zu schaltenden Anlageteile, wie Sammelschienen, Leitungen, Generatoren und Umspanner, werden im Leuchtschalbild abhängig von ihrem Spannungszustand beleuchtet, und zwar spannungsführende Teile weiß, spannungslose grün. Die Spannungsdarstellung ist selbsttätig und wird durch eine recht einfache gleichstromgespeiste Netznachbildung erreicht. Die Spannungswandler aller Einspeisepunkte steuern kleine Hilfsschütze, die über Kontakte der für Stellungsmeldung verwendeten Hilfsschütze die sogenannten Farbwahlschütze betätigen, von denen dann die Beleuchtung der nicht schaltenden Anlageteile im Leuchtschalbild abhängt. Die Darstellung des Spannungszustandes der Anlage ist ein besonders wertvolles Hilfsmittel für schnelles Handeln bei Netzstörungen. Das Zweifarbensystem hat gegenüber der ebenfalls möglichen Hell-Dunkel-Schaltung den Vorzug, daß durchgebrannte Lampen keine Täuschung hervorrufen können.

Das Leuchtschalbild nach Bild 2 zeigt außer dem Schalt- und Spannungszustand auch noch den Belastungszustand der Anlage sehr sinnfällig durch die in die Leitungszüge eingebauten Schattenpfeilinstrumente an. Ein solches Schattenpfeilmessgerät besteht aus einer als Stecklampe ausgebildeten, punktförmigen Lichtquelle, einem oder mehreren leichten Meßwerken mit je einem Zeiger, der auf die in der Fläche des Leuchtschalbildes befindliche Skalenmattscheibe  $160 \times 60$  mm einen Schatten wirft, dessen Länge sich ähnlich einer Quecksilbersäule eines Thermometers abhängig vom Meßwert verändert. Die Richtung des Schattenpfeils kann jener des Energie-

flusses angepaßt werden. Leistungsmesser zeigen in Richtung der Sammelschienen bei zufließender Energie und umgekehrt bei abfließender. Da in einem Meßgerät bis zu vier Meßwerke untergebracht werden können, ergibt sich ein sehr klarer Vergleich der Meßwerte untereinander, z. B. bei einem Dreifachstrom- oder Spannungszeiger. Die besonderen Vorzüge der Schattenpfeilinstrumente sind: geringer Platzbedarf, sinnfällige Anzeige, klare, parallaxenfreie Ablesbarkeit auch auf größere Entfernung und hohe Meßgenauigkeit wegen geringer Systemgewichte und optischer Vergrößerung des Zeigerausschlages.

Der Betriebsingenieur wird aus eigener Erfahrung oder Anschauung bestätigen, daß ihm mit einem solchen Leuchtschalbild das Mittel in die Hand gegeben ist, um selbst große und verwinkelte Anlagen

sicher zu bedienen und zu überwachen. Von der betriebstechnischen Seite sind vielleicht noch folgende Fragen zu stellen:

Ist die Beleuchtungseinrichtung auf der Rückseite des Leuchtschalbildes zweckmäßig ausgestaltet? Wie steht es mit ihrer Stromversorgung? Sind nachträgliche Erweiterungen und Änderungen des Schalbildes leicht durchführbar? Sind Schattenpfeilmessgeräte in bezug auf klare Anzeige den üblichen Meßgeräten überlegen? Kann die Frage des Raumbedarfes wirklich bestimmend sein für die Wahl eines solchen Leuchtschalbildes?

Der Frage nach zweckmäßiger Beleuchtungseinrichtung war schon bei Ausführung der ersten Leuchtschalbilder große Aufmerksamkeit geschenkt worden. Die Fortschritte der letzten Zeit in der Leichtmetallbearbeitung und in der Lichttechnik haben aber auch hier sehr befruchtend gewirkt. Wie das Bild 3 zeigt, konnten die an-

fänglich verwendeten Lampenkasten durch kleinere aus gepreßtem Leichtmetall einfachster Formgebung mit sehr guter Lichtwirkung und Kühlung ersetzt werden. Das heute an Stelle von Tragleisten verwendete Gitterblech gestattet eine noch weitgehendere Beweglichkeit in der Anordnung der von den Lampenkasten beleuchteten Linienzüge des Bildes. Die in die Lampenkasten rückseitig einsteckbaren, verschiedenfarbigen Stecklampen werden heute für 40 V bei einer Leistung von 3,5 W her-

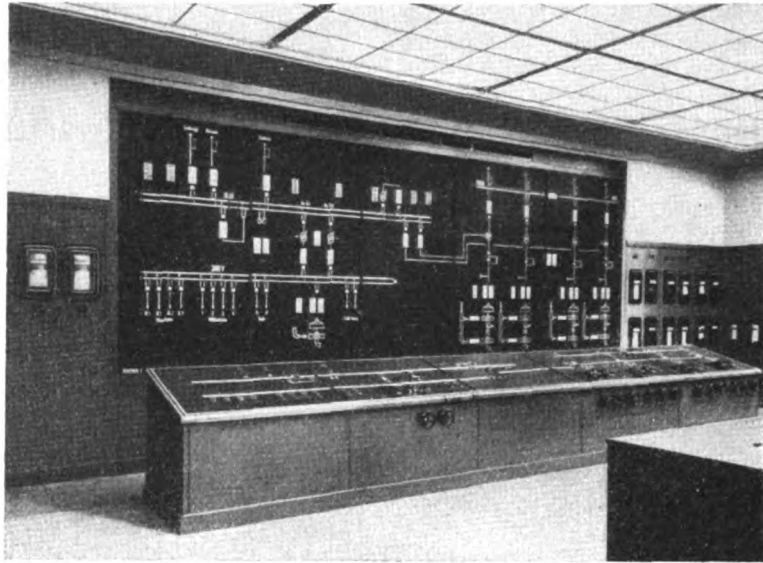


Bild 2. Schaltwarte mit Leuchtschalbild für ein Pumpenelcherwerk.

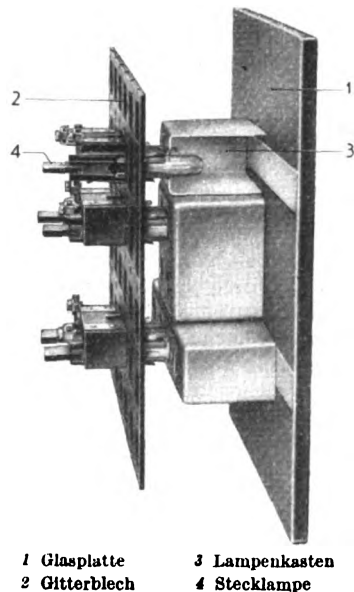


Bild 3. Die Beleuchtungseinrichtung des Leuchtschalbildes.

gestellt, während bisher die Kleinheit der Lampe nur eine Betriebsspannung bis 18 V zuließ. Diese Weiterentwicklung hat neben technischen Fortschritten auch eine beträchtliche Kostensenkung gebracht.

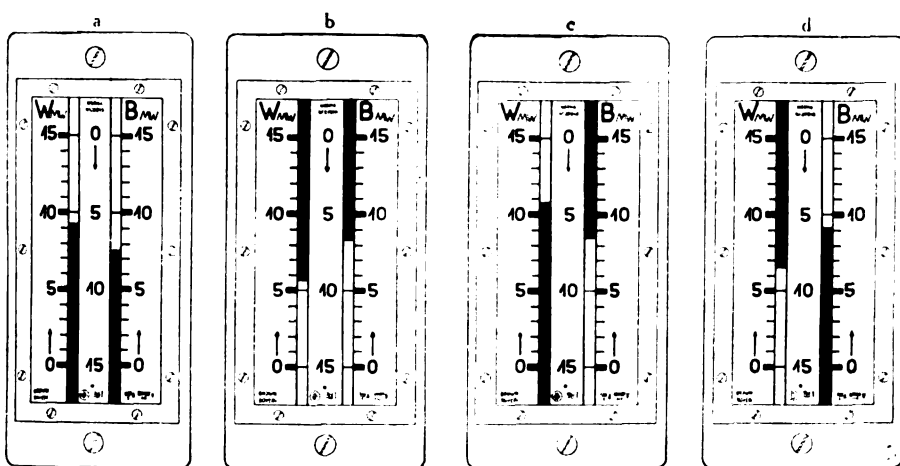
Die Stromversorgung des Leuchtschaltbildes ist ebenso einfach wie zuverlässig. Im Normalbetrieb wird die Beleuchtungseinrichtung vom Wechselstromhausnetz über einen oder mehrere Kleinumspanner gespeist. Sollte das Hausnetz bei Betriebsstörungen in Mitleidenschaft gezogen werden, so springt selbsttätig ein batteriegespeicher Kleinumformer ein. Die Rückschaltung auf das Hausnetz kann selbsttätig oder handbedient sein.

Auf nachträgliche Erweiterungen oder Änderungen der Anlage ist bei Ausgestaltung des Leuchtschaltbildes besonders Rücksicht genommen. In Aussicht stehende Ausbauten werden im Schema der Glastafel sogleich berücksichtigt, jedoch zunächst mit schwarzer Farbe abgedeckt. Später braucht dann nur die Farbe ausgewaschen und die Rückseite mit Lampenkasten bestückt zu werden.

tafellänge etwa den dritten Teil eines Blindschaltbildes. Man erreicht damit aber eine noch bessere und übersichtlichere Gliederung des Schaltbildes sowie eine besonders klare Darstellung des Schalt-, Spannungs- und Belastungszustandes der überwachten Anlage. Ein ganz einfaches Beispiel in Bild 5 zeigt die augenfälligen Vorzüge des Leuchtschaltbildes; für eine kleinere Anlage mit gegebenem Umfang an Abzweigen und Meßgeräten ist oben der Platzbedarf des Blindschaltbildes und unten der des Leuchtschaltbildes ersichtlich. Die Schalttafellänge des Blindschaltbildes verhält sich zu jener des Leuchtschaltbildes wie 2,7 zu 1. Das Steuerpult ist, wie bei neueren Warten üblich, etwa 1 m von der Tafelvorderseite entfernt, wodurch sich ein besserer Überblick ergibt.

Verhinderung von Fehlschaltungen

In einer Warte mit einem solchen Leuchtschaltbild erscheinen in fast vollkommener Weise alle Maßnahmen getroffen zu sein, um sichere und rasche Bedienung zu



a Lieferung von Wirk- und Blindleistung  
 b Bezug von Wirk- und Blindleistung  
 c Wirklastlieferung und Blindlastbezug  
 d Wirklastbezug und Blindlastlieferung

Bild 4. Anzeigestellungen eines Schattenpfeilmeßgerätes für Wirk- und Blindleistung.

Auch unvorhergesehene Änderungen lassen sich im rückseitigen Belag der Glastafel und in der Lampenbestückung leicht vornehmen. Das Leuchtschaltbild ist diesbezüglich nicht starrer als jede sonstige Bedienungsschalttafel.

Die außerordentlich klare und sinnfällige Anzeige der Schattenpfeilmeßgeräte läßt Bild 4 erkennen, das die vier grundsätzlich möglichen Anzeigen eines Wirk- und Blindleistungsanzeigers für Bezug und Abgabe angibt. Bei den Dreifachmeßgeräten für Phasenströme und Phasenspannungen sind eintretende Unsymmetrien mit einem einzigen kurzen Blick zu erfassen. Als größter Vorzug ist aber die Einordnung der Schattenpfeilmeßgeräte in das Schaltbild zu werten.

Bei der Gestaltung einer Warte für wirklich umfangreiche Kraft- und Umspannwerke ist meist die Frage des Raumbedarfes am schwierigsten. Die bedienten Schalttafeln und Steuerpulte sollen einerseits möglichst im Blickfeld des Schaltwärters sein, andererseits verlangen die Meß- und Steuergeräte einer Warte mit Blindschaltbild in solchen Fällen erheblich größere Schalttafellängen. Diese Schwierigkeit ist auch bei bogenförmiger, U-förmiger und rechteckiger Anordnung der Bedienungsfelder nicht zu umgehen. Es entsteht zwangsläufig an Stelle einer Warte erträglichen Ausmaßes eine Bedienungshalle, in der der verantwortungsbewußte Schaltwärter ein ermüdendes Wanderleben führen muß, ohne bei Betriebsstörungen in der Lage zu sein, rechtzeitig einzugreifen und allenfalls größere Auswirkungen zu verhindern. Hier werden sich Projektierungs- und Betriebsingenieur sofort für das Leuchtschaltbild entscheiden, denn dieses benötigt bei der vorbeschriebenen Ausführungsform an Schalt-

gewährleisteten und Fehlschaltungen zu verhindern. Die Betriebserfahrungen in Hochspannungsanlagen einfachen Aufbaues ohne Warte und auch in großen Anlagen mit Warte haben aber gezeigt, daß trotz bester Bedienungsmannschaft Fehlschaltungen nicht ganz zu vermeiden sind. An Fehlschaltungsmöglichkeiten sind im wesentlichen zu nennen:

1. Schalten von Trennschaltern unter Last;
2. Zuschalten spannungsführender Anlageteile auf geerdete;
3. Zusammenschalten asynchroner Anlageteile.

Von diesen ist das Ausschalten eines Trenners unter Last besonders gefürchtet, weil dabei nicht nur mit einer Betriebsstörung, sondern auch mit einer teilweisen Zerstörung der Hochspannungsanlage zu rechnen ist, ganz zu schweigen von Personenschäden. Es ist verständlich, daß die verschiedensten Verriegelungseinrichtungen erdacht worden sind und angewandt werden, um diese gefährlichste Fehlschaltung und etwa noch die zweitgenannte zu verhindern. Die bekanntesten und bewährten Verriegelungsarten sind in Tafel 1 zusammengestellt, wobei je nach dem Mittel in mechanische, elektromechanische oder elektropneumatische und in elektrische unterteilt werden kann.

Diese Verriegelungsarten erfüllen ohne Zweifel die in einer Anlage bestehenden, wesentlichsten Forderungen nach einem Schutz gegen Fehlschaltungen, wenn auch die zweitgenannte Möglichkeit des Zuschaltens spannungsführender Anlageteile auf geerdete nicht immer und die an dritter Stelle genannte Möglichkeit des Zusammen-

Tafel 1. Verriegelungen.

Art	Wirkungsweise
mechanisch	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Antriebe durch Gestänge oder Nocken verriegelt, abhängig vom zugehörigen Leistungsschalter oder zweiten Trenner (für einfache Anlagen).</li> <li>2. Steuerventile durch druckluftbetätigte Sperrglieder mechanisch verriegelt, abhängig vom zugehörigen Leistungsschalter, weiteren Trennern und Kuppelschalter (mechanischer Druckluftblock).</li> </ol>
elektromechanisch oder elektropneumatisch	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Antriebe durch Sperrmagnete mechanisch verriegelt, abhängig von Stellungsmeldekontakten am zugehörigen Leistungsschalter und an weiteren Trennern (meist für einfache Anlagen).</li> <li>2. Druckluftsteuerventile durch Sperrmagnete mechanisch verriegelt, abhängig von Stellungsmeldekontakten am zugehörigen Leistungsschalter, weiteren Trennern und Kuppelschalter (elektromechanischer Druckluftblock).</li> <li>3. Luftzufuhr zum Druckluftantrieb durch elektrisches Sperrventil unmittelbar oder mittelbar gesperrt, abhängig von Stellungsmeldekontakten am zugehörigen Leistungsschalter, weiteren Trennern und Kuppelschalter (elektropneumatischer Druckluftblock).</li> </ol>
elektrisch	Elektrische Steuerstromkreise unmittelbar oder mittelbar unterbrochen, abhängig von Stellungsmeldekontakten am zugehörigen Leistungsschalter, weiteren Trennern und Kuppelschalter.

vorkommen. Allein schon die Planungsarbeiten, insbesondere aber der Ausbau einer solchen Bedienungsanlage zeigen, daß es einer recht erheblichen Menge von Meldekontakten, Hilfsleitungen, Hilfsrelais oder sonstiger Hilfsglieder bedarf, um alle Verriegelungsbedingungen zu erfassen. Meist sieht man sich zur Wahrung der betrieblichen Übersicht und aus wirtschaftlichen Überlegungen gezwungen, die Verriegelungseinrichtungen auf die erwähnten, wichtigsten Fehlschaltmöglichkeiten zu beschränken. Aber selbst wenn alle Fehlschaltungen verriegelt würden, ist noch nicht gesagt, daß es bei Anwendung der genannten Verriegelungsmittel in betriebstechnisch tragbarem Maße gelingen wird, gleichzeitig alle zulässigen Schalthandlungen freizugeben. In solchen schaltungstechnisch nicht mehr ganz einfachen Anlagen, denen auch immer große Betriebswichtigkeit zukommt, sollte ein ausgesprochener Schaltfehlerschutz verwendet werden, der grundsätzlich alle Fehlschaltungen verhindert und alle zulässigen Schalthandlungen freigibt, was nur durch eine elektrische Abhängigkeitsschaltung erreicht werden kann.

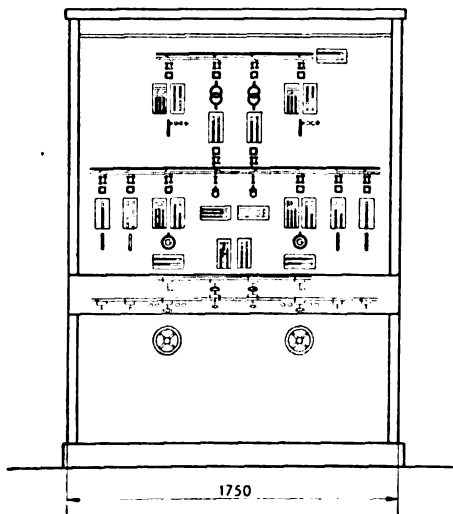
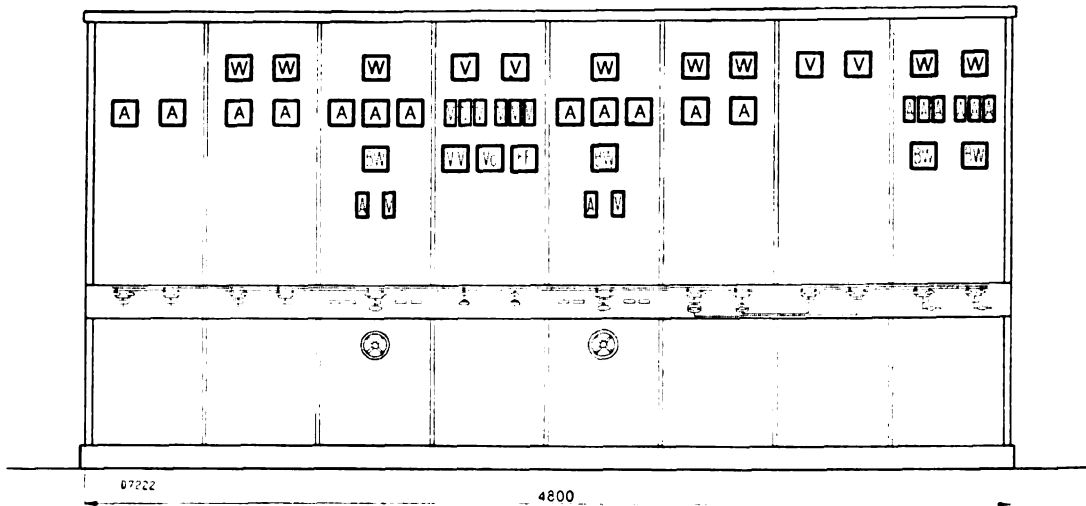


Bild 5. Vergleich des Raumbedarfes eines Blindschaltbildes (oben) mit einem Leuchtschaltbild (unten).

Das an Hand von Bild 2 beschriebene Leuchtschaltbild kann mit einem solchen vollwertigen Schaltfehlerschutz ausgerüstet werden, dessen Wirkungsweise in Tafel 2 angegeben ist.

Tafel 2. Schaltfehlerschutz.

Schalthandlung	Arbeitsweise des Schaltfehlerschutzes
1. Ein- und Ausschalten von Trennschaltern	Selbsttätiges Nachprüfen auf Zulässigkeit der Schalthandlung. Ist sie zulässig (z. B. infolge Parallelverbindung durch Kuppelschalter), so erscheint über dem Leuchtschaltbild die Leuchtschrift „Frei“ und der Schalter kann gesteuert werden. Ist sie unzulässig (z. B. Ausschalten unter Last), so erscheint Leuchtschrift „Verriegelt“ und der Steuerstromkreis ist unterbrochen.
2. Einschalten eines nicht synchronisierbaren Leistungsschalters	Selbsttätiges Nachprüfen wie vor. Ist die Schalthandlung zulässig (z. B. Einschalten eines Verbrauchers), so erscheint Leuchtschrift „Frei“. Ist sie unzulässig (z. B. Schalten spannungsführender Teile auf Erde), so erscheint Leuchtschrift „Verriegelt“ und der Steuerstromkreis ist unterbrochen.
3. Einschalten eines synchronisierbaren Leistungsschalters	Selbsttätiges Nachprüfen wie vor. Ist die Schalthandlung zulässig (z. B. infolge Parallelverbindung durch Umgehungsschalter), so erscheint Leuchtschrift „Frei“. Ist sie unzulässig oder muß erst synchronisiert werden, so erscheint Leuchtschrift „Verriegelt“. Im letzten Falle muß der Synchronisierdruckknopf bedient werden, wodurch die Synchronisiergeräte eingeschaltet werden und die Leuchtschrift in „Synchronisieren“ wechselt. Nach selbsttätigem oder Hand-synchronisieren wird der Schalter eingeschaltet.
4. Ausschalten eines Leistungsschalters	Diese Schalthandlung ist jederzeit zulässig, was durch die Leuchtschrift „Frei“ angezeigt wird.

schaltens asynchroner Anlageteile kaum berücksichtigt werden. Es ist nun die Frage, wie umständlich gestalten sich solche Verriegelungseinrichtungen in Anlagen mit mehreren Spannungssystemen, Mehrfachsammlerschienen, Sammelschienenlängstrennungen, Umgehungsschienen, Kuppel- und Umgehungsschaltern, wie sie heute in Großkraftwerken, Überlandwerken und Großindustriewerken

Dieser Schaltfehlerschutz besteht aus einem von der Akkumulatorenatterie des Werkes gespeisten Hilfsschienensystem, das ein Abbild der Hochspannungsanlage darstellt, sowie aus einem Prüfrelaisatz. Die Einrichtung ist einschließlich der von je einem einpoligen Hilfsumschaltkontakt an Trenn- und Leistungsschaltern gesteuerten Stellungsmeldeschnütze in ein leichtes Hilfsschützensgerüst eingebaut. Die drei Einzelschienen des Hilfsschienensystems haben folgende Aufgabe zu erfüllen: Hilfsschiene *a* dient zur spannungsabhängigen Beleuchtung der nicht schaltenden Anlageteile im Leuchtschaltbild. Prüfschiene *b* dient zur Abfrage, ob die Schalthandlung spannungsmäßig zulässig ist, und Prüfschiene *c* dient zur Feststellung, ob ein Parallelstromkreis vorhanden ist. Im Hilfsschienensystem ist nun jeder Hochspannungsschalter durch eine Unterbrechungsstelle mit Anschlußklemmen angedeutet. Die Klemmen sind mit den zugehörigen Steuerschaltern im Schaltpult oder mit den Stellungsmeldeschnüthen verbunden. Die Unterbrechungsstellen können genau wie in der Hochspannungsanlage geöffnet oder geschlossen sein, wodurch sich eine genaue Nachbildung der Hochspannungsanlage ergibt.

Die Hilfsschiene *a* wird an allen jenen Stellen mit dem Pluspol der Batterie verbunden, wo sich in Wirklichkeit Generatoren, einspeisende Leitungen usw. befinden. Mit den schon erwähnten Farbwahlschützen, die einerseits an der Hilfsschiene, andererseits am Minuspol liegen, wird im Leuchtschaltbild die selbsttätige Darstellung des Spannungszustandes erreicht.

Die Hilfsschiene *b* dient zur Feststellung, ob auf beiden Seiten eines Hochspannungsschalters Spannung besteht. Ist dies der Fall, so darf z. B. ein Trenner nicht ausgeschaltet (Lastschaltung) und ein Leistungsschalter nicht eingeschaltet werden (asynchrones Zusammenschalten), es sei denn, daß eine Parallelverbindung (z. B. Kupplerschalter) besteht. Die Abfrage nach Parallelverbindungen wird durch die Hilfsschiene *c* ermöglicht. Auf solche Weise werden alle Abzweige, wie Generatoren, Umspanner, Verbraucher, Erdungsabzweige usw., behandelt. Die Feststellung, ob eine Schalthandlung zulässig ist, geschieht vollkommen selbsttätig durch den Prüfrelaisatz in der Vorzeichenstellung des im Schaltpult befindlichen Steuerquittungsschalters. Die Vorzeichenstellung liegt zwischen Aus- und Einstellung des Steuerschalters und wird zwangsläufig bei jedem Stellungswechsel eingeschaltet. Die Nachprüfung auf Zulässigkeit der beabsichtigten Schalthandlung erfolgt fast unverzögert, und das Ergebnis wird dem Schaltwärter durch eine aufleuchtende Schrift über dem Leuchtschaltbild gemeldet. Würde er aus Versehen eine als verriegelt gemeldete Schalthandlung trotzdem durchführen, so leistet der Schalterantrieb seinem Befehl keine Folge, weil der Steuerstromkreis vom Prüfrelaisatz unterbrochen wird. Für außergewöhnliche Fälle kann der Prüfrelaisatz durch einen Hilfsschalter außer Wirkung gesetzt werden, was durch die Leuchtschrift „Block außer Betrieb“ angezeigt wird; dann ist jede Schalthandlung freigegeben.

Das Leuchtschaltbild mit Schaltfehlerschutz, dessen Betriebstüchtigkeit sich bestens erwiesen hat, verleiht dem Betriebsingenieur die beruhigende Gewißheit, daß in seiner Anlage keine Fehlschaltung vorkommen kann, dem Schaltwärter aber ist damit ein Mittel in die Hand gegeben, nicht nur sicher und mühelos richtig, sondern bei Netzstörungen auch mit der notwendigen Schnelligkeit handeln zu können.

#### Leuchtschaltbilder für Lastverteiler

Die aus Bild 5 ersichtliche große Raumersparnis, die klare Darstellungsmöglichkeit und die heute mögliche wirtschaftliche Herstellung eines solchen Leuchtschaltbildes regten neuerdings dazu an, es auch für Lastverteilerstellen zu verwenden. Einer solchen Stelle

obliegt die Aufgabe, den Einsatz von Maschinen, Umspannern und Leitungen im Sinne wirtschaftlicher Betriebsführung zu bestimmen, alle Vorkehrungen zu treffen, um die Energieversorgung großer Gebiete sicherzustellen und bei Netzstörungen jede Stromunterbrechung schnellstens zu beheben. Hierzu ist neben Fernsteuer- und Stellungsrückmeldeeinrichtungen, Fernmeßgeräten und Fernsprechern vor allem ein Schaltplan notwendig, der in gedrängter Form möglichst deutlich jederzeit den Schaltzustand und möglichst auch den Spannungs- und Belastungszustand der Hauptteile des meist umfangreichen Netzes angibt. Für nicht sehr ausgedehnte Anlagen mag ein gezeichneter Wandplan mit Steckzeichen genügen, oder es kann das wesentlich vollkommene, sich aus mosaikartigen Steinchen zusammensetzende Bau-

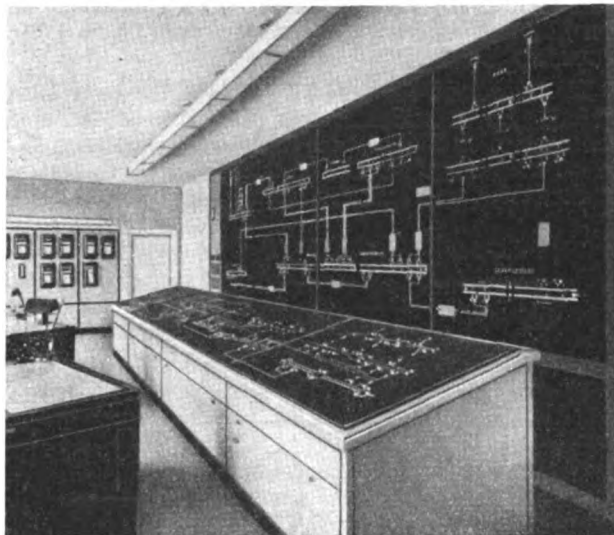


Bild 6. Lastverteilerstelle mit Leuchtschaltbild sowie Fernsteuer- und Fernmeßeinrichtungen eines Großversorgungsunternehmens.

steinschaltbild benutzt werden. In großen Anlagen wird hierbei aber der Bedienende mit Nachstellen zu sehr in Anspruch genommen, und es gelingt ihm nicht mehr, den augenblicklichen Betriebszustand insbesondere bei Netzstörungen schnell genug zu erfassen. Er sieht in einem solchen Bild alle Maschinen, Umspanner und Leitungen gleichartig, gleichgültig, ob sie in Betrieb sind oder nicht; er muß sich erst durch Nachprüfen der einzelnen Schalterzeichen und durch Verfolgen der Leitungszüge ein Bild über den Schalt- und Spannungszustand des Netzes machen. Im Gegensatz dazu gibt das Leuchtschaltbild durch die Farbe der leuchtenden Linienzüge und Schaltzeichen oder, falls statt des Farbenwechsels die Helligkeits-Schaltung gewählt wurde, durch die leuchtenden Teile mit einem Blick den Schalt- und Spannungszustand wieder. Sind in dasselbe noch Schattenfeilinstrumente, die sich auch als Fernmeßgeräte ausführen lassen, eingliedert, so ist auch der Lastzustand klar zu erkennen.

Wie bei einer nahbedienten Anlage wird dem Leuchtschaltbild der Lastverteilerstelle ein Steuerpult mit Bedienungsschaltbild (Bild 6) zugeordnet, das die Steuerquittungs- oder Quittierschalter in gedrängter Bauform enthält. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, nahgesteuerte und fernbediente Anlageteile im Leuchtschaltbild zusammenzufassen, wobei die Bedienung vollständig einheitlich und damit denkbar einfach ist.

An eine Warte oder Lastverteilerstelle wird man um so größere technische Anforderungen stellen, je lebenswichtiger und umfangreicher die zu bedienende und zu überwachende Anlage ist. Das Leuchtschaltbild hat sich als Mittel zu ihrer Erfüllung bestens bewährt und wird im Zuge der aufstrebenden Energieversorgung sicher noch an Bedeutung gewinnen.



# Anzeigende Frequenzmeßgeräte für die Ton- und Hochfrequenztechnik

Von H. Lübeck, Berlin

DK 621.317-761.023

## Unmittelbar anzeigender Frequenzmesser für einen Meßbereich von 10 Hz bis 60 kHz

Zur Erleichterung der Frequenzmessung in der Ton- und Hochfrequenztechnik wurde der Frequenzzeiger mit einem Meßbereich von 10 bis 60 000 Hz entwickelt, der unter Verwendung eines Zusatzgerätes auch bis zu 1 MHz verwendbar ist.

Die Grundlage für den AEG-Frequenzzeiger<sup>1)</sup> bildet ebenfalls die Auszählung der Ladestromstöße eines Kondensators. In Bild 1 ist die Grundschialtung dieses Verfahrens wiedergegeben. Bei hinreichend großer, positiver Amplitude der am Transformatoreingang liegenden Meß-

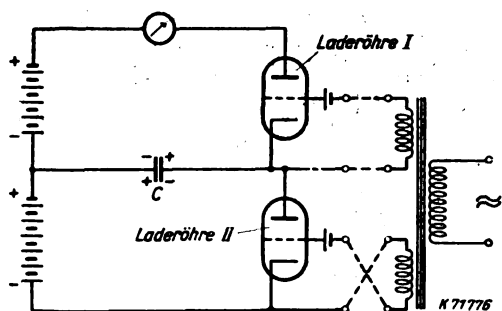


Bild 1. Prinzip der Frequenzmessung durch Kondensatorladung.

spannung mit der unbekanntem Frequenz  $f_x$  wird das Gitter der Laderöhre I positiv und der Kondensator C aufgeladen. Während dieses Vorganges ist die Laderöhre II durch hohe negative Gittervorspannung gesperrt. Bei negativer Amplitude der Meßspannung kehrt sich dieser Vorgang um; das Gitter der Laderöhre II wird positiv, während das Gitter der Laderöhre I negativ wird, wodurch der obere Stromweg geschlossen wird. Durch das Öffnen der Röhre II wird dann eine Umladung des Kondensators bewirkt. Im Verlauf jeder Periode der Meßfrequenz wird somit das in den oberen Kreis eingeschaltete Meßinstrument von einem Ladestromstoß durchflossen; seine Anzeige ist, wie schon oben ausgeführt, ein Maß für den zeitlichen Mittelwert des Ladestromes und damit für die Frequenz selbst.

Die Schaltung nach Bild 1 ist, wie leicht einzusehen, bis zu einem gewissen Grade amplitudenabhängig. Die ausgeführte Schaltung, die diesen Nachteil vermeidet, ist in Bild 2 wiedergegeben. Gelangt an das Gitter der Röhre III eine positive Spannung, so sinkt infolge des dann auftretenden Anodenstromes das Potential der Anode, und zwar unter den Wert des Kathodenpotentials der Röhre IV. Infolgedessen wird diese Röhre IV gesperrt. Solange aber kein Strom durch diese fließt, ist ihre Anodenspannung hoch, und zwar höher als die Gitterspannung der Laderöhre I positiv wird, so daß durch diese Laderöhre der Kondensator C aufgeladen werden kann. Gleichzeitig ist das Gitterpotential der Laderöhre II, welches mit dem Spannungsteiler im Anoden-

kreis der Röhre III verbunden ist, infolge des hohen Anodenstromes der letzteren stark negativ geworden; somit ist die Laderöhre II während des geschilderten Vorganges ebenso wie die Röhre IV gesperrt. Bei Phasenumkehr der Meßspannung wird infolge der dann auf-

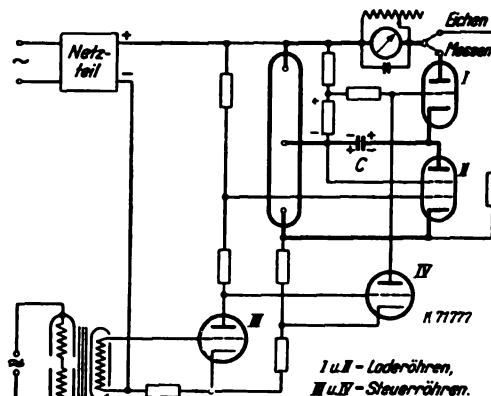


Bild 2. Schaltbild des Frequenzmessers.

tretenden negativen Gittervorspannung der Röhre III diese gesperrt. In diesem stromlosen Zustand erfolgt demnach auch kein Spannungsabfall im Anodenstromkreis dieser Röhre, so daß das Gitter der Steuerröhre IV sowie der Laderöhre II positiv wird. Da nun die Steuerröhre IV von einem starken Anodenstrom durchflossen wird, sinkt ihre Anodenspannung und damit die Gitterspannung der Laderöhre I unter das Kathodenpotential der letzteren, so daß nunmehr die Röhre I gesperrt ist. Andererseits führt gleichzeitig, wie schon erwähnt, die Röhre II positive Gitterspannung, so daß der Weg für eine Umladung des Kondensators C über diese Röhre frei ist.

Durch die Einführung der Steuerröhren III und IV wird oberhalb einer gewissen Mindestamplitude jede Amplitudenabhängigkeit der Anordnung vermieden. Dies erklärt sich aus folgender Überlegung. Sobald die Gitterspannung der Röhre III einen negativen Mindestwert unterschritten hat, ist dieses Rohr völlig gesperrt, so daß die Laderöhre II eine positive, genau definierte Gitterspannung führt, welche auch bei zunehmend negativer Amplitude der Meßspannung sich nicht ändert, da wegen der Stromlosigkeit der Röhre III kein Spannungsabfall im Anodenstromkreis derselben mehr auftreten kann. Das gleiche gilt für die positiven Halbwellen, während deren die Röhre III geöffnet und die Röhre IV — sobald die Meßspannung die erforderliche Mindestamplitude überschritten hat — restlos gesperrt ist. Bei keiner Amplitude der Meßspannung kann dann die Röhre IV einen Anodenstrom führen, so daß während dieses Zeitraumes das Gitter der Laderöhre I ebenfalls eine genau definierte, positive Spannung erhält.

Die wiedergegebene Schaltung hat noch den Vorzug, daß die Ladezeit ebenso wie die Umladezeit des Kondensators durch die Schaltung selbst verkürzt wird; ebenso wird die Höchstspannung, bis zu der der Kondensator auf- bzw. umgeladen wird, selbsttätig auf einen Festwert

<sup>1)</sup> Th. Fecker, Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936) S. 205. A. Wahl, AEG-Mitt. (1937) S. 378, (1938) S. 272. A. Wahl, Arch. techn. Messen (1938) V 3612-8.

eingestellt. Betrachten wir zunächst den Ladekreis in der Röhre I. Hier führt während des Aufladevorganges das Gitter eine positive Spannung gegenüber der Kathode. Sobald nun der Kondensator annähernd voll aufgeladen ist, entsteht an ihm eine Spannung entgegengesetzten Vorzeichens, die sehr schnell einen höheren Wert annimmt als die am Spannungsteiler abgegriffene positive Gitterspannung. Dadurch wird das Gitter negativ, und der Ladevorgang beendigt sich selbsttätig, sobald der Kondensator auf eine solche Spannung aufgeladen ist, daß die dann herrschende Gitterspannung jede weitere Aufladung infolge Sperrung der Röhre I verhindert. Während der anderen Halbwelle ist die Röhre II zunächst infolge der positiven Gitterspannung sowie der hohen Anodenspannung sehr stromdurchlässig. Im Verlauf der Umladung von C sinkt nun bei konstanter Gitterspannung die Anodenspannung der Röhre II ab. Es liegt in der bekannten Kennlinie der Schirmgitterröhre begründet, daß trotz abnehmender Anodenspannung der Anodenstrom konstant bleibt, die Umladung des Kondensators also mit gleicher Stromstärke fortgeführt wird. Erst wenn die Anodenspannung merklich unter die Schirmgitterspannung sinkt, nimmt der Anodenstrom schnell auf den Wert Null ab. Die Vorgänge in den beiden Stromkreisen I und II zeichnen sich also dadurch aus, daß die Ladung bzw. die Umladung von C während eines hohen Prozentsatzes der Zeit infolge der durch die niedrigen Innenwiderstände der Röhren bedingten kleinen Zeitkonstanten zunächst sehr schnell vor sich geht, daß dann aber bei bestimmten Spannungswerten eine selbsttätige Sperrung erfolgt.

Durch Verwendung einer Vorverstärkeröhre wird die notwendige Mindesteingangsspannung auf 0,5V herabgesetzt, oberhalb derer die Amplitude keinen meßbaren Einfluß mehr auf die Anzeige ausübt. Der Frequenzmeßbereich eines derartigen Gerätes erstreckt sich von 10 bis 60 kHz und in Sonderausführung bis 100 kHz. Bei noch höheren Frequenzen wird der Meßbereich durch die unvermeidlichen Röhren- und Schaltkapazitäten begrenzt. Je nach dem bestrichenen Frequenzbereich liegt der Meßfehler zwischen 0,5 und 1%. Eine Oberwellenabhängigkeit der Messung tritt gemäß der Natur des Verfahrens erst bei einem so hohen Oberwellengehalt auf, daß dadurch zusätzliche Nulldurchgänge bedingt sind.

Durch eine Zusatzanordnung wird das gleiche Verfahren auch für die Messung von Frequenzen bis herauf zu 1 MHz verwendbar. Es wird dann die Wechselspannung unbekannter Frequenz an ein Steuergitter einer Mischhexode gelegt, deren zweites Steuergitter mit einem Oszillator für 100 kHz verbunden ist. An der Anode der Mischhexode entsteht infolge der multiplikativen Mischung die Differenzfrequenz  $f_x - f_{osz}$ , die innerhalb des Meßbereiches des Frequenzmessers liegt, sofern die zu messende Frequenz einen Wert zwischen 100 und 200 kHz hat. Legt man an das zweite Steuergitter der Mischhexode an Stelle der Grundwelle des Oszillators ihre zweite, dritte oder vierte Harmonische usw., die durch geeignete Siebmittel dem oberwellenhaltigen Oszillator entnommen werden können, so läßt sich mit jeder weiteren Oberwelle der Meßbereich um weitere 100 kHz erhöhen.

**Frequenzmessung nach dem Kompensationsverfahren**

Ein weiteres interessantes Verfahren zur anzeigenden oder auch registrierenden Frequenzmessung liegt dem von Kaden angegebenen\*) und im Kabelwerk der AEG entwickelten Kompensationsfrequenzmesser zugrunde. Die Wirkungsweise dieses Gerätes sei an Bild 3 erklärt. Der Rückkopplungssummer S schwingt mit einer bekannten Frequenz  $f_0$  unter Verwendung einer Drossel L mit geschlossenem Eisenkern. Zwecks einwandfreier Entkopplung wird die von dem Summer erzeugte Spannung  $U_1$  über ein Verstärkerrohr V dem Übertrager  $U_2$  zugeführt.

Die Wechselspannung  $U_2$  mit der unbekanntem Frequenz  $f_x$  wird über einen zweiten Übertrager  $U_2$  der Spannung  $U_1$  entgegengeschaltet. Die Differenzspannung  $U_d$  wird gleichgerichtet und der so erzeugte Gleichstrom über eine

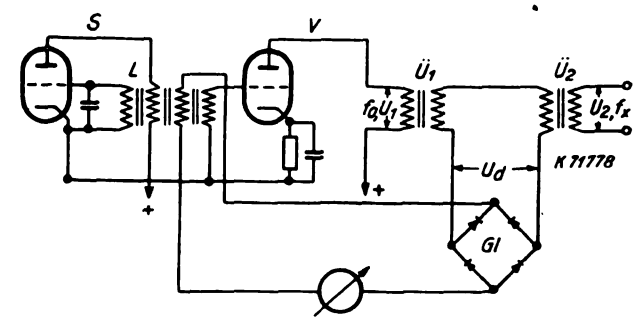


Bild 3. Prinzipschaltung des Kompensations-Frequenzmessers.

gesonderte Wicklung zur Vormagnetisierung der Drossel L verwendet. Zur Erklärung der Funktion dieses Verfahrens sei zunächst vorausgesetzt, daß  $f_x = f_0$  ist, und daß die Amplituden der beiden dem Gleichrichter GI zugeführten Spannungen einander gleich sind und den Winkel  $\alpha$  miteinander einschließen (Bild 4). In diesem Falle behält der Vektor der Differenzspannung seine Größe bei. Der zeitliche Verlauf dieser Differenzspannung  $U_d$  ist dann durch die Gleichung gegeben:

$$U_d = 2 \cdot U \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin(\omega t + k)$$

Wie aus dieser Gleichung hervorgeht, wächst die Amplitude der Differenzspannung und mit ihr die Größe des Vormagnetisierungsstromes mit dem Phasenwinkel  $\alpha$  zwischen den beiden Spannungsvektoren  $U_1$  und  $U_2$ .

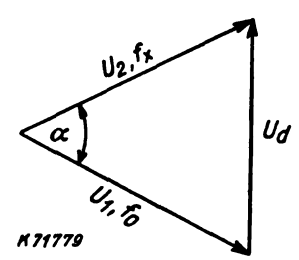


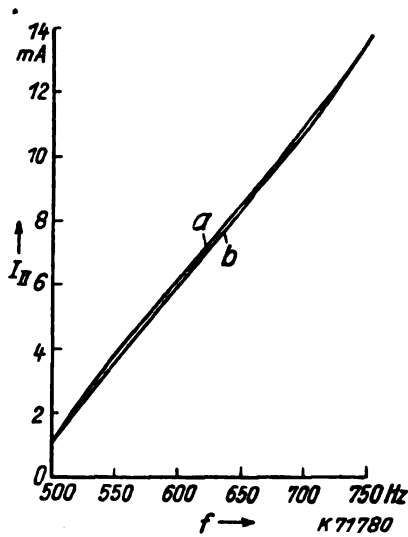
Bild 4. Vektorbild für die Differenzspannung  $\vec{U}_d = \vec{U}_2 - \vec{U}_1$ .

Nimmt nun zu irgendeinem Zeitpunkt die Frequenz  $f_x$  zu, so wird der zugehörige Spannungsvektor  $U_2$  in wachsendem Maße vorausseilen, so daß der Phasenwinkel und damit  $U_d$  zunimmt. Somit nimmt auch der Vormagnetisierungsstrom I durch die Drossel L zu. Da bekanntlich die Permeabilität und die Selbstinduktion einer Drossel mit wachsender Gleichstromvorbelastung sinkt, so steigt bei dieser Schaltung also die Frequenz  $f_0$  so lange, bis sich wiederum der Gleichgewichtszustand eingestellt hat, d. h. bis die Frequenz des Summers mit der unbekanntem Frequenz  $f_x$  übereinstimmt. Dieser Gleichgewichtszustand bleibt nun, wie leicht einzusehen, auch erhalten, und zwar so lange, bis wieder eine Änderung von  $f_x$  eintritt. Bemerkenswert ist, daß die Einreglung auf den neuen Frequenzwert außerordentlich schnell erfolgt. Bei plötzlicher Frequenzänderung beträgt die Zeit bis zum ersten Durchgehen des Magnetisierungsstromes I durch 100% 4 ms, und nach 15 ms ist der Einschwingvorgang abgeklungen. Wie aus der gegebenen Erklärung hervorgeht, ist die Übereinstimmung der beiden Spannungswerte  $U_1$  und  $U_2$  keine notwendige Voraussetzung für die Funktion des Verfahrens. Die Differenz beider Spannungswerte darf nur nicht so groß sein, daß der Mindestwert der Differenzspannung, der sich bei Phasengleichheit einstellt, schon genügt, um die Summerfrequenz über  $f_x$  hinauszuregeln.

Der mit anzeigenden oder auch registrierenden Instrumenten meßbare Magnetisierungsstrom I ist ein Maß für die Abweichung der Frequenz  $f_x$  von der Frequenz  $f_0$  des Summers. Es liegt im Wesen dieses Verfahrens, daß

\*) E. Kaden, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 187.

die unbeeinflusste Summerfrequenz (für  $I = 0$ ) die untere Grenze des Meßbereiches darstellt; selbstverständlich läßt sich diese Grenze durch Verwendung einer zusätzlichen Gleichstromvormagnetisierung oder durch sonstige Verstimmung des Schwingkreises beliebig verschieben.



a Eichkurve bei steigender Frequenz  
b Eichkurve bei fallender Frequenz

Bild 5. Eichkurve des Kompensationsfrequenzmessers.

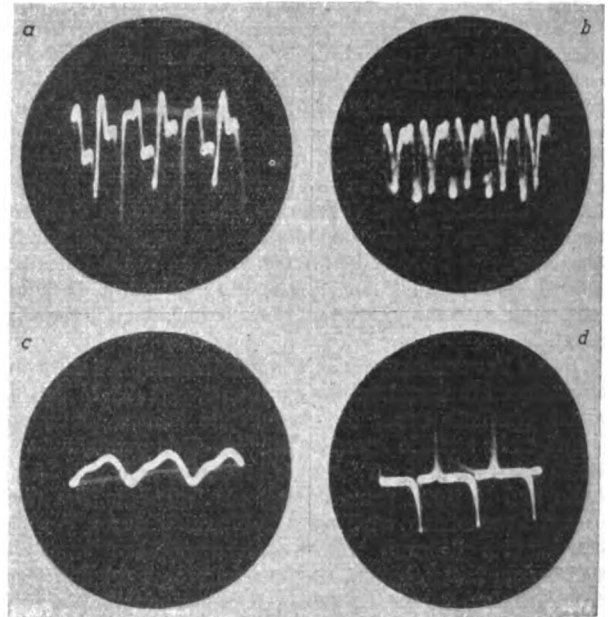
Infolge der Hystereseverluste im Eisenkern der Drossel stimmen, wie aus Bild 5 hervorgeht, die Meßwerte bei steigenden und fallenden Frequenzen nicht genau überein. Durch Wahl einer geeigneten Eisensorte ist es jedoch möglich, diesen Fehler kleiner als 1 % zu halten und überdies die Frequenzskala praktisch linear zu gestalten.

Der Tonhörschreiber

Nach dem von Grützmacher und Lottermoser angegebenen Verfahren zur trägheitsfreien Aufzeichnung von Melodiekurven<sup>3)</sup> wurde ein unter der Bezeichnung „Tonhörschreiber“ bekannt gewordenes Gerät entwickelt. Dieses Gerät dient der Aufzeichnung bzw. der Registrierung von Melodiekurven, d. h. es gibt jeweils unabhängig von der Amplitude die Höhe des Grundtones eines gesprochenen, gesungenen oder gespielten Lautes wieder. Entsprechend den Tonlagen der männlichen und der weiblichen Stimme enthält es einen Meßbereich für 70 bis 400 Hz und einen zweiten für 140 bis 800 Hz. Das Gerät enthält zwei Braunsche Röhren; das obere Rohr ist mit einer Skala versehen, und es erscheint auf demselben ein Strich, dessen Länge ein Maß für die Höhe des jeweiligen Grundtones ist; das untere Rohr registriert ein Oszillogramm des aufgenommenen Lautes. Zur photographischen Registrierung der Melodiekurve sowie der Oszillogramme wurde ein Registriergerät entwickelt, welches an den Tonhörschreiber angeschlossen werden kann, wobei dessen Registrierpapier mit einer Geschwindigkeit von 10 cm/s abläuft. Durch einen in diesem Gerät vorgesehenen Tubus ist die gleichzeitige Beobachtung der Melodiekurve möglich.

Die Wirkungsweise dieses Tonhörschreibers sei im folgenden an Hand von Bild 6 kurz erläutert: Ein Mikrofon nimmt den zu untersuchenden Laut auf; der Laut (Bild 6 a) wird nach geeigneter Vorverstärkung einem nichtlinearen Verstärker zugeführt; infolge der nichtlinearen Verzerrungen, welche der Laut in diesem Verstärker erfährt, erfolgt eine kräftige Hervorhebung der

Differenztöne. Nun sind insbesondere die Vokale reich an harmonischen Oberschwingungen, deren Abstand voneinander jeweils gleich der Grundfrequenz des Vokales ist. Am Ausgang des nichtlinearen Verstärkers erscheint demnach wegen der Differenztonbildung nunmehr die Komponente der Grundfrequenz erheblich kräftiger, als sie in dem ursprünglichen Laut vorhanden war. Wie aus Bild 6 b ersichtlich, ist diese Spannung auch noch reich an Oberwellen. Man schaltet daher im Anschluß an den nichtlinearen Verstärker ein Filter, dessen Dämpfung proportional mit der Frequenz ansteigt und hebt auf diese Weise die Grundwelle noch kräftiger aus dem Frequenzgemisch hervor (s. Bild 6 c). Der so ausgesiebte Grundton wird anschließend weiter verstärkt und einem Amplitudbegrenzer (stark übersteuerter Verstärker) zugeführt, an dessen Ausgang sodann eine Rechteckspannung



a Sprachwechselspannung am Ausgang des Mikrophonverstärkers  
b Sprachwechselspannung nichtlinear verzerrt  
c Spannung nach dem linearen Verzerrer  
d aus der Grundfrequenz abgeleitete Spitzenfolge

Bild 6. Aussiebung des Grundtones beim Vokalen.

nung mit der Frequenz des Grundtones erscheint. Führt man nun diese Rechteckspannung einem Kondensatorwiderstandselement zu, so fließt durch den Kondensator im wesentlichen nur zu den Zeitpunkten ein starker Stromstoß, wo die Spannung steil ansteigt bzw. abfällt, d. h. wo  $dE/dt$  Extremwerte hat. Diese Spannungsstöße sind in Bild 6 d abgebildet. Infolge der vorausgegangenen Amplitudbegrenzung ist die Höhe des Spannungsstoßes unabhängig von der Amplitude des auf das Mikrofon einwirkenden Schalldruckes.

Diese Spannungsstöße werden anschließend dem Gitter eines in Kippschaltung arbeitenden Thyratrons aufgedrückt. Die Kippschaltung arbeitet unbeeinflusst mit einer Kippfrequenz von 60 Hz und würde in entsprechender Folge auf dem Schirm den Elektronenstrahl mit konstanter Amplitude auslenken. Infolge der dem Gitter des Thyratrons aufgedrückten Spannungsimpulse (entsprechend Bild 6 d) wird jedoch bei jedem positiven Spannungsstoß eine vorzeitige Zündung des Thyratrons bewirkt. Nun steigt die Kippspannung im Kippkondensator mit der Zeit linear an. Erfolgt die Kippung wegen der dem Gitter des Thyratrons zugeführten Spannungstöße vor der vollen Aufladung des Kippkondensators, so erreicht der Elektronenstrahl der Braunschen Röhre auch nicht seine volle Auslenkung. Es ist leicht einzusehen,

<sup>3)</sup> Grützmacher und Lottermoser, „Über ein Verfahren zur trägheitsfreien Aufzeichnung von Melodie-Kurven“ aus der Akust. Z. 2 (1937) S. 242. E. Sohn, AEG-Mitt. (1939) S. 222.

daß unter diesen Umständen mit wachsender Impulsfolge, d. h. mit zunehmender Grundtonhöhe, die Länge der auf dem Schirm der Braunschen Röhre aufgezeichneten Striche abnehmen muß.

**Tonfrequenz-Spektrometer**

Nachdem im Vorgehenden eine Reihe von Verfahren zur Messung einer bestimmten Frequenz beschrieben wurden, sei zum Schluß an Hand von Bild 7 noch ein Ver-

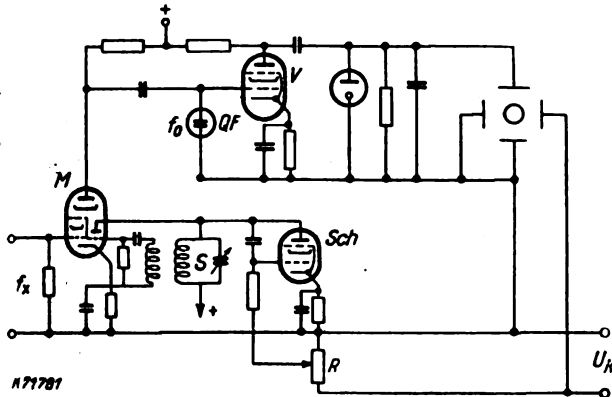


Bild 7. Schaltbild eines Tonfrequenz-Spektrometers.

fahren beschrieben, das zur Analyse eines Frequenzgemisches, d. h. zur gleichzeitigen Messung von Frequenz und Amplitude dient.

Die zu untersuchende Wechselspannung mit der Frequenz  $f_x$  wird an das Eingangsgitter einer Mischhexode  $M$  gelegt, deren Triodenteil als Oszillator geschaltet ist. Im Anodenkreis der Hexode ist ein Schwingungskreis angeordnet, der auf die Frequenz  $f_0$  abgestimmt ist und Wechselspannungen anderer Frequenzen kurzschließt. In Bild 7 ist dieser Resonanzkreis durch ein Quarzfilter  $QF$  angedeutet; er kann jedoch beispielsweise durch ein Bandfilter ersetzt werden. An das Gitter der nachgeschalteten Verstärkerröhre gelangen demnach nur Spannungsimpulse der Frequenz  $f_0$ , und zwar nur dann, wenn  $f_{osz} + f_x = f_0$ , oder wenn  $f_{osz} - f_x = f_0$  ist. Man schaltet nun parallel zum Schwingungskreis  $S$  des Oszillators eine in der Rundfunktechnik unter der Bezeichnung „Schieberrohr“ bekannte Röhrenschiene  $Sch$ . Diese verhält sich wie eine Kapazität, deren Größe von der Steilheit der verwendeten Röhre und damit von ihrer Gittervorspannung abhängt<sup>4)</sup>. Man hat somit die Möglichkeit, durch Veränderung der Gittervorspannung des Schieberrohrs die zum Schwingungskreis parallelgeschaltete Ersatzkapazität und damit die Schwingungsfrequenz des Oszillators in ziemlich weiten Grenzen zu verändern. Um eine periodische Frequenzwobbelung zu erhalten, verwendet man diese Schaltungsanordnung zweckmäßig in Verbindung mit einem Elektronenstahloszillographen, dessen Kippspannung  $U_K$  man dem Gitter des Schieberrohrs zuführt. Auf diese Weise ist es möglich, jedem Punkt der Abszissenachse auf der Braunschen Röhre einen bestimmten Wert der Oszillatorfrequenz zuzuordnen. Da nun gemäß der Gleichung  $f_{osz} - f_x = f_0$  die unbekannte Frequenz in einem festen Verhältnis zu der Oszillatorfrequenz steht, so kann die Abszissenachse des Schirmbildes gleichzeitig als Frequenzachse für die Meßfrequenz angesehen werden.

Die von dem Verstärkerrohr  $V$  verstärkte Spannung der Frequenz  $f_0$  wird nach erfolgter Gleichrichtung den Meßplatten des Oszillographen  $O$  zugeführt. Zu jedem Zeitpunkt, zu dem die oben genannte Gleichung erfüllt ist, erfolgt dann eine Ablenkung des Elektronenstrahls in senkrechter Richtung. Auf dem Schirm erscheint demnach das Spektrum des zu untersuchenden Frequenzgemisches. Will man, wie bei akustischen Messungen üblich, an Stelle einer linearen eine logarithmische Frequenzskala ver-

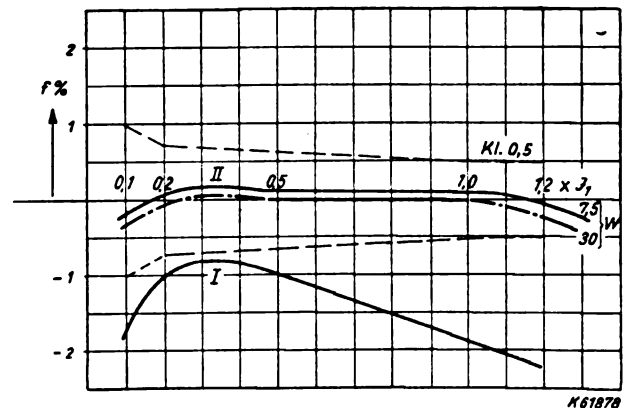
wenden, so läßt sich dies dadurch erreichen, daß man als Schieberrohr eine Röhre verwendet, deren Steilheit mit wachsender Gitterspannung logarithmisch zunimmt.

Eine einfache Überlegung zeigt, daß dieses Verfahren grundsätzlich für die Analyse von Ton- und Hochfrequenzgemischen geeignet ist, wobei die Grundfrequenz durch Verstimmung des Oszillatorschwingkreises  $S$  und die Breite des untersuchten Frequenzspektrums in bequemer Weise dadurch verändert werden kann, daß man dem Gitter des Schieberrohrs über das Potentiometer  $R$  einen mehr oder weniger großen Bruchteil der Kippspannung zuführt. Abschließend sei noch erwähnt, daß die Geschwindigkeit, mit der die Analyse durchgeführt werden kann, d. h. also die Höhe der verwendeten Kippfrequenz, durch die Durchlaßbreite des benutzten Filters  $QF$  bestimmt ist.

**Prüfung des Gleichstromwandlers und seine Fehlerkompensation**

DK 621.314.224 : 621.317.311

Eine unmittelbar anzeigende Stromwandler-Prüfeinrichtung für Gleichstromwandler<sup>1)</sup> hat die AEG geschaffen<sup>2)</sup>. Es wird in einer „Stromweiche“ der Primärstrom  $I_1$ , der für den Nennpunkt einheitlich 500 A beträgt, mit dem Sekundärstrom  $I_2 = 5$  A bzw. 1 A verglichen, indem beide Ströme in entsprechenden Widerständen den gleichen Spannungsabfall erzeugen, wenn  $I_1/I_2 = r_1/r_2 = \bar{u}$  ist. Bei Abweichungen vom theoretischen Übersetzungsverhältnis entsteht eine Differenzspannung, die dem Fehler proportional ist und unmittelbar als Fehler in Prozent gemessen wird. Das Widerstandsverhältnis  $r_2/r_1$  muß mit großer Genauigkeit abgeglichen werden. Hierzu wird ein geeignetes Verfahren angegeben, dem ein Effekt der Gleichstromvormagnetisierung zugrunde liegt. Die erforderlichen Primär-AW des Prüflings werden durch eine entsprechende Primärwindungszahl aufgebracht, die auf einer Trommel nach Art eines Kreissolenoids angeordnet das konzentrische Feld der Gleichstromschiene ersetzt. Feldunsymmetrien können errechnet und nachgebildet werden.



I Absolute Fehlerkurve, entspr. Gl. (1)  
II Nach Kurvenkorrektur und Windungsabgleich  
Bild 1. Fehlerkurven bei hoher Materialausnutzung.

Es wird dann die Fehlerkurve des neuen statischen Gleichstromwandlers abgeleitet und gezeigt, daß eine Vorausberechnung des Fehlers möglich ist. Die Summe der Komponenten deren eine,  $f_1$  von dem Kernwerkstoff und deren andere,  $f_2$ , von der Streuung der wechselstromgespeisten Sekundärwicklung des Wandlers herrührt, ergibt den charakteristischen Verlauf der Fehlerkurve

$$f \% \approx \left( \frac{c'}{I_1} + c'' I_1 \right) \tag{1}$$

Die Fehlerkurve hat hiernach eine Minimum, das verhältnismäßig flach verläuft. Bei hoher Klassengenauigkeit erhält der Wandler neben dem üblichen Windungsabgleich ein Korrektionsglied, das den Streuungsfehler praktisch beseitigt und eine hohe Ausnutzung des Kernmaterials gestattet (Bild 1.) eb.

4) E. Kettel, Telefunkenröhre 14 (1937) S. 213.

1) Werner Krämer, AEG-Mitt. (1939) S. 265.  
2) W. Krämer, ETZ 58 (1937) S. 1309.

## NACHRICHTEN AUS DER INDUSTRIE

### Niederspannungsschalter und -geräte

DK 621.316.5.027.2

Das Gebiet der Niederspannungsschaltgeräte wurde in den letzten Jahren durch eine Reihe von Konstruktionen vor allem für niedrige Stromstärken und Leistungen bereichert, welche mit geringeren Abmessungen und Preisen die bewährten Be-

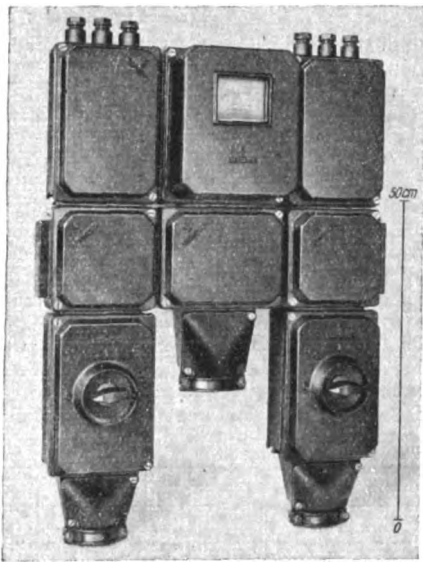


Bild 1. Kleine Kraftverteilung bis 60 A.

triebseigenschaften der größeren Geräte vereinigen. Angeregt wurde diese Entwicklung hauptsächlich durch die vermehrte Anwendung elektromotorischer Einzelantriebe an Stelle von Gruppenantrieben und die damit verbundene Unterteilung der Motorleistungen in Industrieanlagen sowie durch die zunehmende Verbreitung, welche die elektromotorischen Antriebe in Haushalt, Landwirtschaft und Gewerbe finden. Da die Schaltgeräte vielfach im Betriebsraum selbst zu einer Verteilung zusammengesetzt untergebracht werden, ergibt sich dementsprechend ein ständig wachsender Bedarf an gekapselten Kleinverteilungen für Licht- und Kraftanlagen.

Diesen Forderungen nach einem Verteilungsmaterial für kleine Stromstärken entspricht die **UL-Gehäuserreihe** des Universal-Systems der SSW. Sie besteht aus einheitlichen kleinen, besonders leichten Gußgehäusen, deren Hauptmaße, ähnlich den großen U-Gehäusen, gesetzmäßig abgestuft sind, so daß

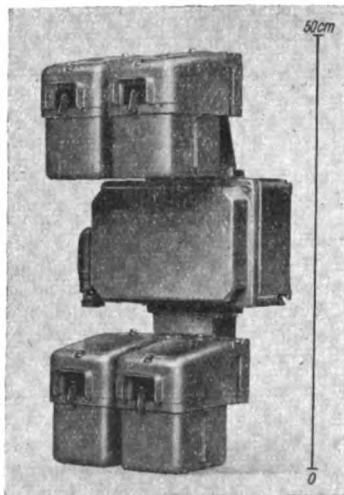


Bild 2. Verteilung mit Kleinölschützen.

die UL-Geräte unter sich wie auch mit den größeren U-Geräten zu Verteilungsanlagen zusammengebaut werden können. Damit bieten auch die neuen UL-Gehäuse bei der Erstellung von Verteilungsanlagen neben einem gefälligen, einheitlichen Aussehen der Gesamtanlage die Möglichkeit, durch lückenlosen Zusammenbau der Gehäuse mit dem geringsten Raumbedarf auszukommen. Da für sämtliche UL-Gehäuse ein Einheitsflansch vorgesehen ist, ergibt sich außerdem ein einfacher Zusammenbau ohne Zwischenflansche und Reduzierstücke. Durch eine den bereits bekannten U-Gehäusen entsprechende Bezeichnung der Gehäusegrößen und Flanschanordnungen wird auch die Planung der Anlage äußerst einfach (Bild 1).

Die Reihe der UL-Gehäuse enthält Anbaugeräte, wie Sicherungen, Lichtverteilungskasten mit Sicherungen, Drehaltern oder Kleinautomaten, Hebel- und Paccoschalter, Kraftsteckdosen und Meßgeräte, ferner kleine Motorschutzschalter und Luftschrütze mit oder ohne Motorschutz. Neuartig ist die Aufnahme von Kraftsteckdosen in die Einheitsgehäuse des Verteilungssystems; diese Steckdosenausführungen sind damit besonders geeignet zum Anbau an Verteilungsanlagen des Universal-Systems und erlauben ortsveränderliche Motoren, Schweißumformer, Elektrowerkzeuge und dgl. betriebs- und unfallsicher an den Verteilungspunkt anzuschließen. Die Auswahl der Geräte wird erweitert durch ein neues **Kleinölschütz**, welches mit entsprechendem Zwischenkasten angebaut werden kann (Bild 2).

Da auch Sammelschienenklemmen in den UL-Gehäusen vorgesehen sind, können Kleinverteilungen ausschließlich aus diesen Gehäusen erstellt werden. Klemmen-Sicherungskasten — das sind Klemmenkasten mit eingebauten Sicherungen — ersparen die Anordnung besonderer Sicherungskasten; damit wird eine Verbilligung sowie eine Verringerung der Bauhöhe erzielt. Durch die Mannigfaltigkeit der zur Verfügung stehenden UL-Geräte besteht nunmehr auch beim Entwerfen von Kleinverteilungen die Möglichkeit, für jede in der Verteilungstechnik vorkommende Aufgabe eine zweckmäßige und wirtschaftliche Lösung bei weitgehender Anpassung an Aufstellungsort und Betriebsverhältnisse zu finden. Wie für die U-Gehäuse wurde auch für die neuen UL-Gehäuse Gußeisen als bestes bewährter Werkstoff zur Herstellung verwendet. Die Gußeisengehäuse sind dank ihrer mechanischen Festigkeit und der außerordentlichen Widerstandsfähigkeit der Gußhaut gegen Zersetzung (Korrosion) für raue Betriebsbedingungen besonders geeignet. Durch die Anwendung erheblicher Anpreßdrücke und geschliffener Anbauflächen beim Zusammenbau von Gußeisengehäusen kann eine besonders hochwertige Abdichtung erzielt werden. Unter Beibehaltung dieser bewährten Betriebseigenschaften ermöglichen die besonders leichten UL-Gehäuse eine weitgehend werkstoff- und raumsparende Bauweise.

In Niederspannungs-Kabelnetzen werden neuerdings vielfach an Stelle von freistehenden oberirdischen Kabelverteilerschränken **Wand-Verteiler-Kasten** verwendet, sofern nur 2 oder 3 Erdkabel trennbar gemacht bzw. abgesichert werden sollen. Es handelt sich dabei meistens um ein eingeschleiftes Ringkabel (2 Erdkabel-Einführungen) oder um 1 Ring- und 1 Abzweigungskabel bzw. 1 Speise- und 2 Abzweigungskabel (3 Erdkabel-Einführungen). Die von den Süddeutschen Kabelwerken, Mannheim, entwickelten Wandverteilerkasten bestehen aus rosticher gestrichenem Stahlblechgehäuse von kleinstmöglichen Abmessungen mit verschleiß- und verschraubbarer Tür, welche durch ein Regendach geschützt und feuchtigkeitsicher gedichtet ist, sowie unten angebauten massedichten Kabelstutzen. Diese gewährleisten außer einem korrosions-sicheren Anschluß der Aluminium-Kabelleiter vor allem eine masseundurchlässige Verbindung der Kabelanschlüsse mit den unteren Sicherungskontakten. Die oberen Sicherungskontakt-Anschlüsse sind unmittelbar mit den Sammelschienen

welche berührungssicher abgedeckt sind, zusammengebaut. Die Absicherung der eingeführten Erdkabel erfolgt — abgesehen von der Verwendungsmöglichkeit einfacher Trennstücke — mittels Federkontakt-Griffsicherungen von 200 oder 350 A für Schraubkontakt-Patronen oder mittels Messerkontakt-Patronen, die durch einen gemeinsamen Handgriff in Federkontakte eingesetzt werden. Für den oberen Stopfbüchsen-Anschluß einer Feuchtraumleitung können Sicherungselemente zusätzlich in die Kästen eingebaut werden. Für Wandeinbau werden zweckmäßig Kabelverteiler-Schränke verwendet, die sich aus den gleichen Bauelementen zusammensetzen. Letztere sind

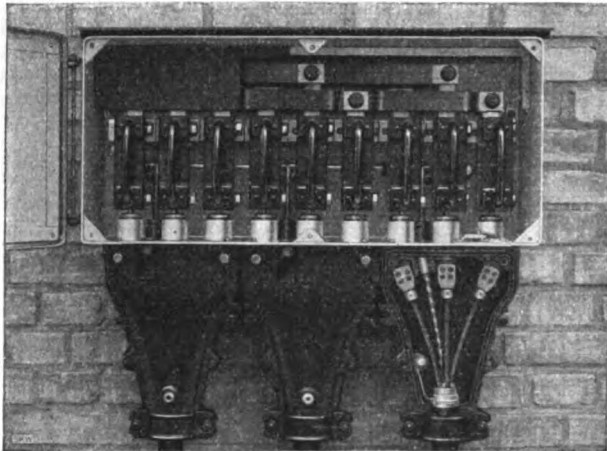


Bild 3. Wandverteilerkasten für Kabelnetze.

jedoch auf einem gemeinsamen Eisengerüst von geringer Tiefe befestigt, welches in die Wandnische eingesetzt wird. Die Einbau-Öffnung wird durch einen Winkelisen-Rahmen mit doppel-flügeliger, verschließbarer Tür dicht abgeschlossen (Bild 3).

**Schaltanlagen für Industrieöfen** enthalten außer den Temperaturreglern, die meist als Thermoelement-Fallbügelregler arbeiten, und den durch sie gesteuerten Schaltschützen meistens noch Meßgeräte für die dem Ofen und seinen einzelnen Heizkreisen zugeführten Leistungen. Da das Innere elektrischer

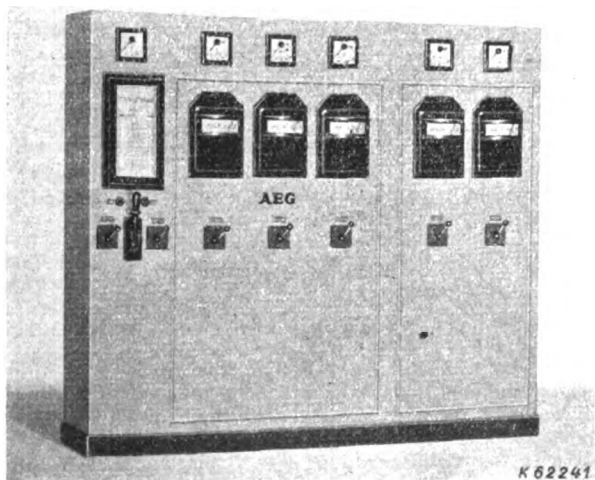


Bild 4. Einheitsschalttafel mit fünf Temperaturreglern und Dreifarben-Temperaturschreiber.

Öfen meistens einer direkten Überwachung nicht ohne weiteres zugänglich ist, muß an der Schaltanlage der jeweilige Schaltzustand der einzelnen Heizkreise erkennbar sein. Die Betätigung der einzelnen Heizstromkreise erfolgt zweckmäßig durch Hilfs-

schalter, ebenso die von Antriebsmotoren für Fördereinrichtungen und Lüftermotoren bei Luftumwälzöfen. Auch diese Betätigungsschalter werden zweckmäßig auf der Ofenschalttafel angeordnet. Entsprechend dem meist rauhen Betrieb von Ofenanlagen hat es sich als notwendig erwiesen, die Schalttafeln aus starkem Stahlblech mit staubdichten Türen herzustellen, da nur eine solche Ausführung den mechanischen, thermischen und chemischen Angriffen des Betriebes auf die Dauer widersteht. Da es meistens zweckmäßig ist, sämtliche zu dem Ofen gehörenden Geräte in der Schalttafel zusammenzufassen und diese in möglichst unmittelbarer Nähe des Ofens aufzustellen, so ist eine raumsparende Bauweise notwendig, bei der aber eine gute Zugänglichkeit aller im Innern der Schalttafel befindlichen Geräte gewahrt werden muß. Erschwerend kommt hinzu, daß die Schalttafeln mit ihrer Rückseite in den meisten Fällen entweder an den Wänden stehen oder dem Ofen zugekehrt sind. Sie können daher nicht an ihrer Rückseite mit Öffnungen versehen werden. Diese Anforderungen führten die AEG zur Entwicklung einer raumsparenden Bauweise, bei denen die Regler und Betätigungsschalter auf Türen angeordnet sind, die den größten Teil der Frontfläche einnehmen. Bild 4 zeigt eine derartige **Einheits-Schalttafel** mit 5 Thermoelement-Fallbügelreglern. Durch Zusammenstellung von 2- und 3teiligen Gruppen läßt sich jede beliebige Anzahl von Reglern unterbringen. Oberhalb des betreffenden Reglers befindet sich der zugehörige Strommesser oder als Ersatz hierfür ein Signal-Lampenpaar, das darüber Auskunft gibt, ob der betreffende Stromkreis ein- oder ausgeschaltet ist. Das einheitlich auf der linken Seite angeordnete Hauptfeld enthält einen Spannungsmesser, einen Mehrfarbenschreiber, den Hauptschalter mit Schaltstellungsanzeige und die Hilfsschalter, mit denen der Steuerstrom für die Regler sowie der Schreiber eingeschaltet werden.

Die Neukonstruktion eines **Luftschützes** für Motorleistungen bis zu 90 kW der Calor-Emag, Ratingen, zeigt Bild 5. Alle Teile, die beim Betrieb in erster Linie angegriffen werden können,

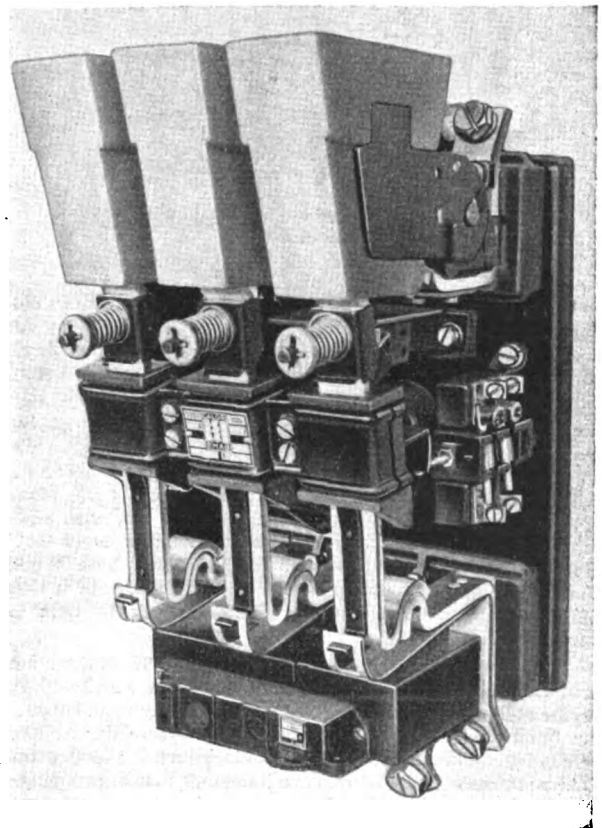


Bild 5. 200 A-Luftschütz.

sind leicht zu überwachen. Der Stromübergang erfolgt ohne biegsame Verbindungen. Dadurch ist die Gewähr für ein wandfreies Arbeiten und für absolute Betriebssicherheit gegeben.

der Elektro-Arbeitsmaschine, die damit in der Leistung des Kurzschlußläufermotors mit seinen in den letzten 10 Jahren erfaßt worden. Während man die neuere Entwicklung der Fa. F. Klöckner, Köln-Bayenthal, dahin, Werkstoffe und Geräte zu schaffen, die den Ansprüchen und der Erfüllung der Forderung: Gerätelebensdauer gleich Maschinenlebensdauer weitestgehend entgegenkommen.

Es wäre notwendig gewesen, die beiden großen Bedarfsbezirke, nämlich Schaltgeräte für gesteuerte Arbeitsmaschinen mit höherer Schalthäufigkeit und solche mit geringerer Schalthäufigkeit, die z. B. wesentlich der Energieverteilung dienen, auch konstruktiv vollständig zu unterteilen. Infolgedessen ist auch die Verteilung des Schaltstückverschleißes wegen nicht so hoch, d. h. zwei unabhängige Serien zu entwickeln. Wider Erwarten gelang es aber doch, beide Serien weitestgehend aus einheitlichen Konstruktionselementen herzustellen. Die Verhältnisse hierbei die Erkenntnis, daß Schaltgeräte für einen Schalter der Energieverteilung motorleistungsmäßig des Schaltstückverschleißes noch höher ausgenutzt werden können. Infolgedessen ist auch die zu zehalenden Kontaktstärken erheblich geringer. Es war zulässig, die Reibenden Kontakte, die Reibungskomponente am Verschleiß weitgehend beteiligt ist. Bild 6 zeigt spezifische Verschleiß-

ordentlich gering und der Verschleiß sehr niedrig. Unter Kombination dieser beiden Stoffe wurden nun die Rasteneinrichtungen, sowohl Vierkantrasten als auch Rollenrasten, und die Lagerung ausgeführt. Die Metallteile wurden hierbei weitgehend durch Spritzgußstücke ersetzt. Die geringste Abnutzung an den eigentlichen Reibflächen ergaben aber Stahleinlagen<sup>1)</sup>.

Bei Verschleißversuchen an mechanisch bewegten Teilen zeigt sich immer wieder eine verhältnismäßig große Streuung in den Ergebnissen. Der Grund ist in verschiedenen Elementen dieser Umstand Relativbewegungen aller aufgebauten Elemente zur Folge und damit wird die untere Verschleißgrenze stark herabgesetzt. Für Schaltgeräte, die eine hohe Lebensdauer haben sollen, ist daher gutes Passen aller Einzelteile, entsprechende Konstruktion und eine genaue Teilkontrolle erforderlich. Weitgehende Aussortierarbeiten erfordern naturgemäß auch einen erheblich höheren Preis.

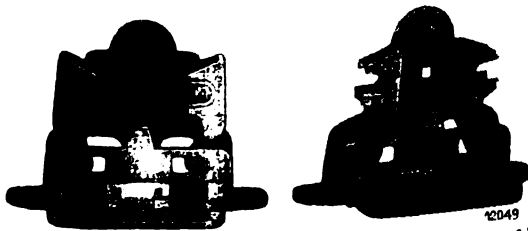


Bild 7. Rasteneinrichtungen aus Spritzguß mit Kunstharz-Rastenrädern.

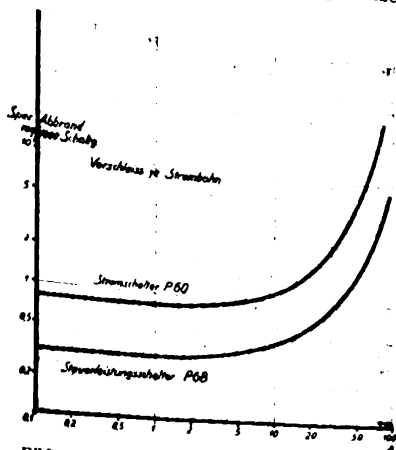


Bild 6. Verschleißwerte in Abhängigkeit vom Einschaltstrom.

werte bei verschiedenen Einschaltströmen für ein und dasselbe Schaltgerät mit 2 verschiedenen Drücken, die etwa im Verhältnis 1:4 stehen. Wie daraus hervorgeht, liegt der spezifische Reibungsverschleiß ungefähr in der Größenordnung 1:3.

Diese Änderung der Kontaktdrücke ermöglichte es, auch die übrigen Kräfte im Schaltgerät erheblich herabzusetzen. Die Rasteneinrichtung ist in ihrer Größe und in ihren Kräften in der Hauptsache durch die Kontaktdrücke bestimmt. Ein Schaltgerät mit niedrigerem Kontaktdruck wird auch mit kleineren Rastungskräften auskommen. Es war also auch hier möglich, unter Beibehaltung der übrigen Abmessungen die Federdrücke nennenswert zu vermindern und auf diese Weise den Verschleiß zu verkleinern. Diese Verhältnisse setzen sich fort bis zu den Lagerdrücken und dementsprechend dem Lagerverschleiß.

Zu diesen Neuerungen bezüglich der Kontakt-, Rasten- und Lagerdrücke kam noch eine besondere Stoffwahl für die Aufbauteile hinzu. Es war schon lange bekannt, daß bezüglich des Reibungsverschleißes die Härte der aufeinander reibenden Stoffe nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist. Das wichtigste Mittel zur Verminderung der Reibung und zur Vermeidung des Verschleißes ist weitgehende Schmierung. Der Einbau der gesamten Schaltgeräte in Öl kommt in der Praxis nicht in Frage. Die Schmierung aller Einzelstellen ist wegen ihrer großen Zahl praktisch nicht durchführbar. Auch der gelegentlich vorgesehene Einbau einer Schmierleiste führt nicht zum Ziel, da die neuzeitlichen Schalter meistens mit verhältnismäßig kurzen Schaltwegen arbeiten. Eine Lösung des Problems kam durch die Verbindung von Kunstharzstoffen mit Metallen zustande. Die Reibung zwischen diesen beiden Stoffen ist außer-

Die neuen Erkenntnisse konnten in der gesamten Klöckner-Konstruktionsreihe angewandt werden, wie z. B. die Verwendung von Kunstharz auf Metall an allen Stellen, an denen Reibung und dementsprechender Verschleiß auftritt; hinzu kommen als wesentliche Unterschiede noch folgende: hohe Drücke der Kontaktfinger, Rasteneinrichtungen, Lager u. dgl. bei Energierichtungsschaltern mit hohen Stromstärken und entsprechend geringere Werte durch Einsatz schwächerer Federn bei Geräten für hohe Schalthäufigkeit. Auswahl der Teilelemente mit großer Genauigkeit für hohe Schalthäufigkeiten und geringere Anforderungen bei hoher Dauerstromstärke. Einige Abbildungen sollen Aufbauteile dieser Konstruktionsreihe näher darstellen. Bild 7 zeigt Rasteneinrichtungen, und zwar die gleichen Spritzgußelemente für Vierkantrastung (rechts) und Rollenrastung (links). Bild 8 zeigt den Aufbau

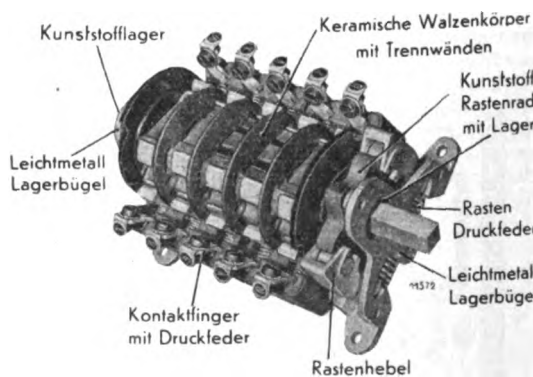


Bild 8. Gesamtaufbau eines Walzenschalters.

eines solchen Schaltgerätes. Die Kontaktdrücke werden restlos mittels Druckfedern, die leicht nachprüfbar sind, erzielt, desgleichen auch die Rastendrücke. Kennzeichnend sind bei allen Konstruktionen verhältnismäßig starke Achsen, nicht etwa solche in der Größenordnung von 5 bis 6 mm Kantenlänge. Mindestwert ist 10 mm, also Stärken, die auch Antriebsmittel zulassen, wie sie im Werkzeugmaschinenbau gefordert werden. Stanz- und Biegeteile, wie sie sonst im Schaltgerätebau üblich sind und waren, sind bei den neuen Bauarten vermieden. An Stelle der Stanz- und Biegeteile, die verhältnismäßig ungenau sind, treten in steigendem Maße Spritzgußteile. Die keramischen Konstruktionselemente dienen nicht als Montagegrundplatte für Lager und dergleichen; solche Konstruktionselemente weisen

1) Eingehende Darstellung der Verhältnisse s. H. Franken, Kunststoff-techn. u. Kunststoffanw. 9 (1939) S. 170.

erhebliche Herstellungsungenauigkeiten auf. Kleine Lagerungs- genauigkeiten könnten dazu führen, daß sich die Walzenringe mit ihren Gegenstücken berühren. Bei Rasteneinrichtungen in Sonderausführung wurden bei einmaliger Fetzung vor Inbetriebnahme schon Lebensdauern bis 6 Mill. Schaltungen erzielt. Die Lebensdauer der Schaltstücke richtet sich selbstverständlich nach der Belastung.

Die Firma Nostitz & Koch, Chemnitz, hat ihr Fabrikationsprogramm um einen kleinen **Walzenschalter** (Bild 9) bereichert, dessen konstruktiver Aufbau zu beachten ist. Die genannten Anforderungen an höchste Lebensdauer und Schaltleistung sollten neben kleinsten Ausmaßen erfüllt werden. Der jetzt vorherrschende Walzenschaltertyp wurde beibehalten, also Steinzeugsockel und Walze. In diese Teile eingebettet liegen die Kontakte und die Anschlußbügel. Auf letztere ist der bewegliche Kontaktfinger und die Druckfeder aufgereiht, die

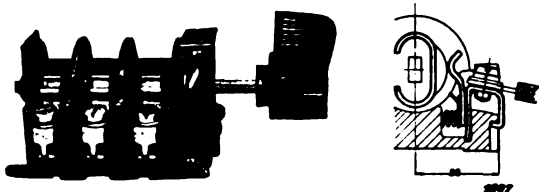


Bild 9. Aufbau eines kleinen Walzenschalters.

sich im Steinzeugsockel abstützt. Diese Anordnung erlaubt die äußerst geringe Achsenhöhe von 30 mm und eine Baubreite von nur 60 mm. Neuartig ist ferner die geschlossene, einfache Bauweise der in langen Versuchsreihen entwickelten Kugelrast, die ohne besondere Auswahl an Materialien eine Lebensdauer von fast einer halben Million Schaltungen aufweist. Durch einfaches Herausziehen der Schalterachse ohne Demontage der Rast ist eine leichte Auswechslung von Schaltwalze und Kontaktfinger möglich, sogar ohne Lösen der Anschlüsse. Zunächst wird dieser Schalter als Einsatz- oder Einbauswitcher, ferner in Isolierstoffgehäuse mit und ohne Sicherungen, mit Knebel- oder Kugelgriff geliefert, späterhin als Polzahl-, Stern-dreieck-, Um- und Wendeschalter. Seine Schaltleistung bei 380 V beträgt 4,5 kW, bei 500 V 4 kW. Er ist für die Verwendung in angestregten Betrieben gedacht und zum Anschluß von Aluminiumleitungen eingerichtet.

In der Praxis wird zuweilen die Forderung gestellt, daß **Schütze** auch bei Betrieb mit Wechselstrom von 50 Hz völlig geräuschlos bleiben. Da diese Bedingung von den auf dem Markt befindlichen Schützen meist nur unvollkommen erfüllt wird, hat BBC eine Sonderkonstruktion mit Tauchankermagnet entwickelt, die auch sehr weitgehende Ansprüche an Geräuschlosigkeit zu erfüllen vermag. Der Kern des verwendeten Tauchankermagneten ist im angezogenen Zustand des Schützes so sicher im Magnetgestell gelagert, daß keine Schwingungen aufkommen und dadurch Geräusche entstehen können. Die Schütze (Bild 10) werden ein- und mehrpolig für 25 A Dauerstrom gebaut und haben eine Stromaufnahme von wenigen Watt. Je nach Verwendungszweck kommen sie ohne Gehäuse, z. B. zum Einbau in Tafeln oder Schränke, oder mit staubdichtem Preßstoffgehäuse zur Verwendung. Bemerkenswert bei dieser Konstruktion ist ferner, daß die Schütze auch bei Abweichungen von 30° aus der normalen senkrechten Lage einwandfrei arbeiten. Die Kontakte haben eine starke Silberauflage, so daß sie auch bei seltenem Schalten eine sichere Kontaktgabe gewährleisten. Die Spulen können, wo dies erforderlich ist, tropfenfest geliefert werden; Kontakt- und Klemmenträger sind aus Steatit. Die Schütze sind deshalb unempfindlich gegen Feuchtigkeit.

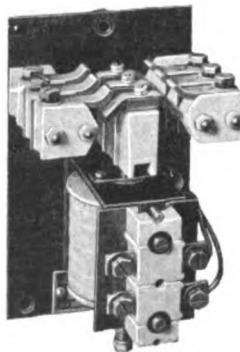


Bild 10. Nichtbrummendes Schütz für Wechselstrom von 50 Hz.

Weiter hat BBC besonders für Schienenfahrzeuge einen neuen **Druckwächter** entwickelt, der sich durch vollständige

Unempfindlichkeit gegen Stöße auszeichnet, so daß er nur beim Überschreiten der eingestellten Druckgrenzen schaltet. Die Stellkraft des Druckelementes ist im Verhältnis zur beweglichen Masse der Kontakte so groß, daß ein schleichendes Schalten unter allen Umständen vermieden wird. Diese Stellkraft im Verein mit dem vollständig dichten Ausdehnungskörper gibt dem Druckwächter eine erhöhte Sicherheit und Lebensdauer.

Häufig betätigte Steuerschalter müssen, weil Reibung und Abnutzung Hand in Hand gehen, ein möglichst reibungsfreies Schaltwerk haben. Nach diesem Gesichtspunkt ist der sogenannte **Reihenschalter** von der Stotz-Kontakt GmbH, Mannheim entworfen worden (Bild 11), bei dem auch dafür gesorgt ist, daß das verrastende Glied keine zusätzlichen Kräfte auf die Schalterwelle ausübt und die Lager nicht unnötig belastet. Der Reihenschalter bleibt deshalb auch nach einigen Millionen Stellungswechseln gebrauchsfähig. Schaltwalze und Kontaktfinger sind aus Steatit. Die Kontaktfinger werden nicht etwa durchgebogen und dadurch an die Schaltwalze besser oder schlechter angepreßt, sondern besondere Schraubenselbstfedern, die an der Stromführung nicht beteiligt sind, legen die Finger mit einem gleichmäßigen, aber nicht übermäßigen Druck an die Walze. Reihenschalter werden für alle Schalterforderungen und jede Stellungs- und Polzahl gebaut.

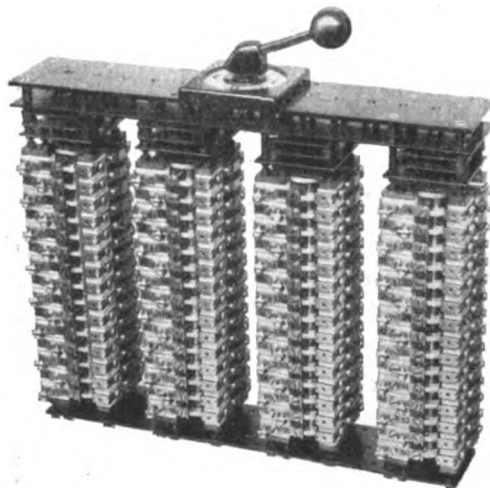


Bild 11. Steuerschalter für hohe Schalthäufigkeit.

Weiterhin baut die Stotz-Kontakt GmbH einen **Fernschalter**, der gestattet, mit zwei Steuerleitungen und ohne dauernden Stromverbrauch in beliebiger Entfernung eine Anzahl Hilfsleitungen umzuschalten. Der Fernschalter ist durch eine Wippe sicher in beiden Stellungen verrastet und kann mit bis zu 14 Polen für Gleich- oder Wechselstrom von 50 Hz geliefert werden. Die Verwendung der Fernschalter spart in vielen Fällen erhebliche Längen an Kabel oder Draht. Als Betätigungsschalter kann jeder einpolige Umschaltkontakt verwendet werden.

Die Fernschalter werden entweder ohne Gehäuse zum Einbau in Schränke oder Tafeln oder einzeln oder zu mehreren in staubdichte Preßstoffgehäuse eingebaut geliefert.

Mittlere, ja selbst sogar größere Wasserwerke zur Versorgung industrieller Betriebe oder ganzer Städte werden heute häufig vollselbsttätig gesteuert. Dazu gehören selbstverständlich auch die Sicherheitseinrichtungen, wie Schutz der Pumpen gegen Trockenlauf, gegen Überlastung der Motoren, gegen Unterspannung und ähnliches. Eine klare Übersicht einer solchen Anlage, besonders auch über die maschinentechnischen Zusammenhänge, ergibt das **Blindschaltbild** (Bild 12) der Firma Metzner & Jung in Wuppertal. Einerlei, ob die Anlage in Abhängigkeit vom Wasserstand, vom Wasserdruck oder mengenabhängig geschaltet wird, läßt das Blindbild durch beschriftete Signalbilder die Stellung jedes Kontaktgebers auf den ersten Blick erkennen. Als Symbol für die Antriebsmotoren der einzelnen Pumpen sind beleuchtete Strommesser verwendet, die sowohl für die Motorbelastung als auch für die Störungs-



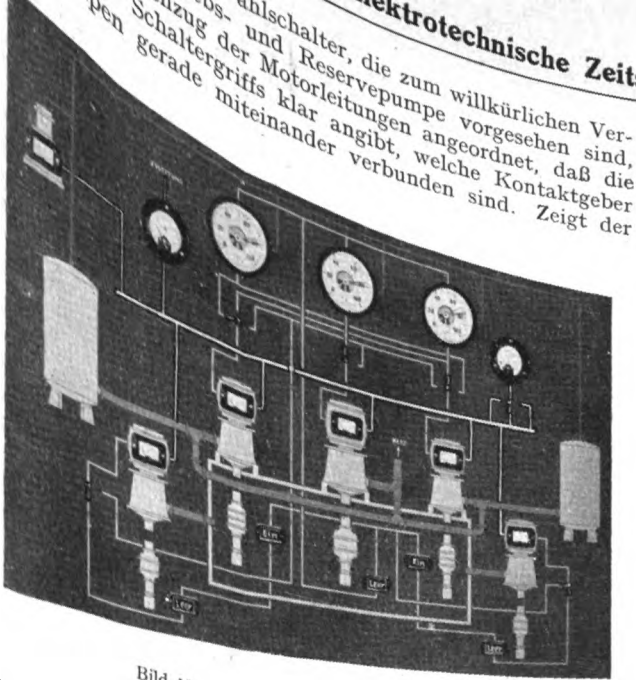
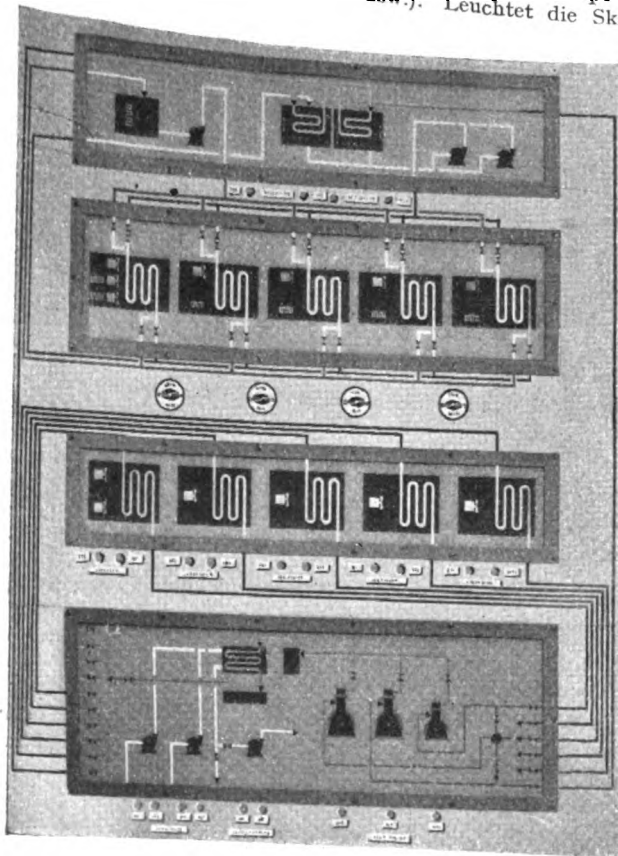


Bild 12. Blindschaltbild für Wasserwerk.

Kontaktgeber (z. B. Kontaktmanometer) durch Aufleuchten das Kommando EIN, so muß der Strommesser des im gleichen Linienzug liegenden Pumpensatzes aufleuchten. Gleichzeitig zeigt der Ausschlag des Zeigers die Belastung der Pumpe an (Leerlauf, geschlossener Schieber usw.). Leuchtet die Skala



982

Bild 13. Leuchtschaltbild einer kältetechnischen Anlage.

nicht, so erhält der Motor keine Spannung. Wird der Motor z. B. infolge Überlastung durch die Überstromauslöser abgeschaltet, so geht der Zeiger auf Null zurück. Dabei verschwindet aber die Beleuchtung der Skala nicht, sondern sie geht augenblicklich in Flackerlicht über, so daß der gestörte Pumpensatz mit dem ersten Blick zu erkennen ist und sich deutlich von den betriebsmäßig abgeschalteten Pumpen unterscheidet. Als Sicherung gegen Trockenlauf werden Schwimmerschalter oder Wasserstands-Fernanzeiger verwendet. Auch die vorgesehenen Fernanzeigergeräte für Wasserstand, Druck, Verbrauchsmenge

u. dgl. werden zweckmäßig in das Blindbild mit eingebaut. Während man üblicherweise in Blindschaltbildern (wie auch bei der vorstehend beschriebenen Wasserwerksanlage) den Betriebszustand der einzelnen maschinellen oder elektrischen Teile darstellt, lassen sich die Betriebsverhältnisse bei wärme- oder kältetechnischen Anlagen mit einer großen Anzahl handbetätigter und automatischer Ventile deutlicher darstellen, wenn man den Fluß des Wärme- oder Kälte-trägers oder auch des Kältemittels selbst zur Darstellung bringt. Dies ist beim Blindschaltbild nicht möglich; man wählt daher für solche Anlagen zweckmäßig ein Leuchtschaltbild. Meist ergibt sich bei dieser Darstellungsweise trotz der großen Anzahl von Apparaten, Ventilen usw. ein Bild mit ganz einfachen Linienzügen, das insbesondere dann sehr deutlich wird, wenn für Warmwasser, Kältssole, Kältemittelkreise usw. verschiedene Farben gewählt werden (Bild 13).

Das Sachsenwerk macht auf ein Leuchtbildsteuergerät für Mehrmotorenantriebe in Form eines Schaltschranks aufmerksam. Die Auswahl der einzelnen Arbeitswege wird durch eine Anzahl Wahlwalzen erreicht, die mittels Handräder bequem betätigt werden können. Das Leuchtbild selbst, dessen Größe so gewählt ist, daß der Überblick von jeder Stelle aus gewahrt bleibt, ist derart ausgebildet, daß sämtliche Teilstrecken und Symbole zwecks besserer Übersicht schwach sichtbar sind und nur die gefahrenen bzw. vorbereiteten Wege hell erleuchtet daraus hervortreten (Bild 14). Die optische Rückmeldung

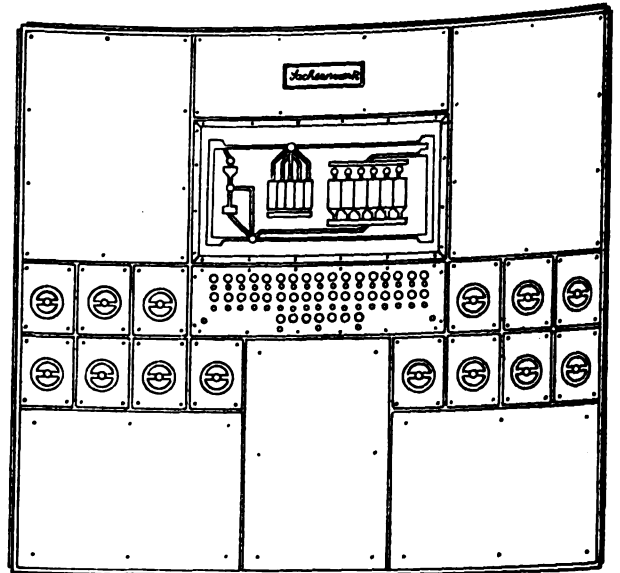


Bild 14. Schaltschrank mit Leuchtbildsteuergerät für Mehrmotorenantriebe.

der im Zuge der Arbeitswege liegenden Verstellorgane gibt eine klare Übersicht über den tatsächlichen Betriebszustand. Durch entsprechende Verriegelungen dieser Organe wird die Inbetriebnahme eines nicht ordnungsgemäß zusammengesetzten Weges verhindert. Vor Inbetriebnahme eines Arbeitsweges wird das Personal durch zwangsläufiges Betätigen einer Warnanlage aufgefordert, sich aus den Gefahrenzonen zu begeben. Die Einschaltfolge der Motoren wird durch Motorschaltlampen angezeigt, während eine entsprechende Anzahl Schlußlampen die ordnungsgemäß eingeschalteten Arbeitswege quittieren.

Bei den Calor-Emag-Betriebsleuchtbildern für Förder- und Transportanlagen werden die einzelnen Förderwege durch Pfeile gekennzeichnet, die beim Einschalten des Motors aufleuchten bzw. bei Störungen flackern. Auf diese Weise ergibt sich ein stets übersichtliches Bild des Betriebszustandes.

Die Ribau GmbH., Berlin, bringt einen neuen Kurzzeitschalter auf den Markt, der aus einem mit einem selbstanlaufenden Synchronmotor gesteuerten Schaltwerk sowie einem Ankersystem und zwei Kontaktsätzen besteht, die jeweils den Erreger- und Arbeitsstromkreis ein- bzw. abschalten. Der Erregerstromkreis ist selbsthaltend, so daß zur Betätigung des Kurzzeitschalters nur ein ganz kurzer Stromstoß genügt. Im Moment der Erregung beginnt bereits der Ablauf der auf der Skala eingestellten Zeit, und sofort schließt sich auch der Arbeitskontakt. Nach Ablauf der eingestellten Zeit öffnet sich

der Arbeits- sowie der Erregerstromkreis. Auch wenn der Kurzzeitschalter erregt bleibt, läuft die einmal eingestellte Zeit selbsttätig ab, und der Schalter ist nach Ablauf ohne Neueinstellung sofort wieder betriebsbereit. Diese neuen Schalter werden in verschiedenen Gehäusen, auch in Gußgehäusen oder als Schaltkombinationen geliefert, wobei mehrere solcher Zeitschalter, gegebenenfalls in einem gemeinsamen Gehäuse eingebaut, voneinander abhängig oder unabhängig mehrere Arbeitsvorgänge überwachen können. Es werden auch auf die Zeitschalter, genau abgestimmte Schütze für größere Leistungen geliefert, so daß selbst die kürzesten Zeiten mit konstanter und großer Genauigkeit geschaltet werden können. Die Schalter werden für jede gewünschte Wechselspannung geliefert. Die Schaltzeiten können den Wünschen der Interessenten angepaßt werden. Die Standardausführungen sind 0 bis 2 s, 0 bis 5 s, 0 bis 10 s, 0 bis 15 s und 0 bis 20 s. Die kürzeste Schaltzeit für die Standardausführung beträgt 1/30 s. Die Kurzzeitschalter finden immer größere Verwendung in Steuerungen sowie Maschinenanlagen, wo auf unbedingt zuverlässige und zeitgenaue Schaltung größter Wert gelegt wird. Die Schaltheufigkeit des neuen Ribau-Kurzzeitschalters ist eine sehr hohe. Vorgenommene Dauerbelastungen haben ergeben, daß selbst bei 8 Mill. Schaltungen der Schaltmechanismus immer noch einwandfrei arbeitet.

### Meß- und Prüfgeräte

DK 621.317

Die Firma Elektromechanik Heinrich List, Teltow, hat einen **Rüttelprüfstand** entwickelt, welcher vibrierende Erschütterungen nachahmt, wie sie im Flugzeug, Auto oder Schiff auftreten. Der Prüfstand gestattet eine Dauerbeanspruchung von feinmechanischen Geräten, FT-Geräten u. a., mit beliebigen Frequenzen zwischen 20 und 80 Hz bei einer Gesamtschwingweite bis zu 4 mm im mittleren Frequenzbereich. Das Gerät wird als Tischrüttelprüfstand (Bild 1) für Prüflinge bis zu 15 kg mit

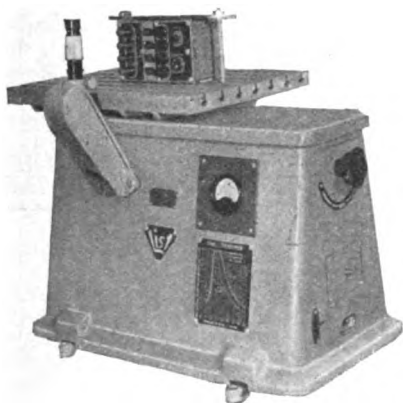


Bild 1. Rüttelprüfstand.

den Abmessungen 530 · 310 · 410 mm hergestellt. Ein Universalmotor mit einer Leistungsaufnahme von 150 W bewirkt den Anstoß über eine biegsame Welle und einen in der Gegenmasse gelagerten Exzenter. Auf diese Weise werden den beiden Massen gleich große, entgegengesetzt gerichtete Impulse erteilt, so daß eine rein sinusförmige Schwingung entsteht und der Prüfstand fast geräuschlos arbeitet. Die Schwingweite ist durch Regelung der Motorleistung einstellbar. Die Frequenz wird an einem in Hertz geeichten Instrument abgelesen, während die Schwingweite mittels eines Meßmikroskopes bestimmt wird. Zur Erzielung niedriger Frequenzen bei Belastungen unter 5 kg empfiehlt sich die Verwendung eines Zusatzgewichtes. Beachtenswert ist, daß der Prüfstand als reiner Zweimassenschwinger aufgebaut ist, dessen eine Masse durch den Tisch und seine Aufhängeteile und dessen zweite durch eine Gegenmasse dargestellt wird. Beide Massen sind über ein Feder-system verbunden, das zum Zwecke der Frequenzeinstellung abstimmbare ist. Das gesamte Schwingungssystem ist an Biegefedern in einem Gußgehäuse derart aufgehängt, daß übertragene Energien in entgegengesetzter Richtung angreifen und sich daher in ihrer Wirkung aufheben. Es sei noch erwähnt, daß die Fa. Elektromechanik Heinrich List auch Sonderausführungen für Prüflinge bis zu 1/2 t bei einem Frequenzbereich von 5 bis 20 Hz und einer Leistungsaufnahme von 1,5 kW entwickelt hat. Die erzielbare Amplitude beträgt bei der Größtausführung etwa  $\pm 2$  mm.

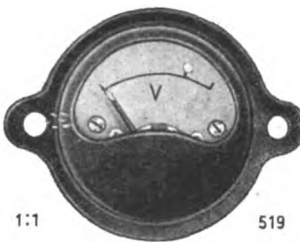


Bild 2. Kleinstmeßgerät im Maßstab 1 : 1.

Die Firma Metrawatt AG., Nürnberg, entwickelte ein **Kleinstmeßgerät** (Type P 00) mit besonders kleinen Ausmaßen (Bild 2). Auch bei beschränktesten Raumverhältnissen ist es möglich, dieses winzige Instrument noch unterzubringen. Die Skalen sind klar und übersichtlich angeordnet. Genauigkeit und Betriebssicherheit sind sehr groß. Die Ausführung ist ebenso hochwertig wie die der großen Schalttafelgeräte und erfolgt nur für versenkten Einbau. Die Instrumente besitzen schwarzes Isolierpreßstoffgehäuse in spritzwasserdichter Ausführung. Der Gehäusedurchmesser beträgt nur 26 mm, die Einbautiefe 16 mm, das Gewicht rd. 30 g. Die Ausführung erfolgt als Strommesser für Ströme von etwa 200  $\mu$ A bis 3 A sowie als Spannungsmesser für Meßbereiche von etwa 3 bis 40 V. Für höhere Ströme und Spannungen werden getrennte Neben- bzw. Vorwiderstände, für die Messung von Wechselstrom und Hochfrequenz getrennt mitgelieferte Stromformer (Ventilgleichrichter oder Thermoumformer) benutzt. Für höhere Wechsel- oder Hochfrequenzströme werden außerdem getrennte Kleinstromwandler mitgeliefert.

Das seit Jahren bekannte **Kreuzzeiger-Meßgerät** der Metrawatt AG., Nürnberg, welches die Größen kW, kW, kVA und  $\cos \phi$  gleichzeitig messen kann, wird normalerweise mit nur einer Skala verwendet. Die Herstellerin hat nun ein neues Meßgerät mit vier Quadranten (Bild 3) entwickelt, das

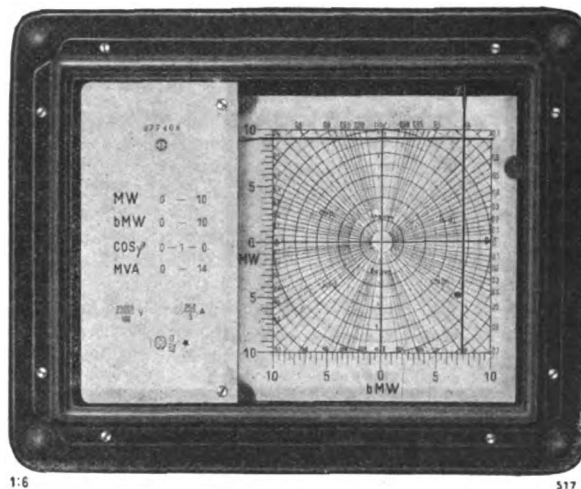


Bild 3. Gleitbahnfreies Kreuzzeiger-Meßgerät für wechselnde Energierichtung.

für Anlagen mit wechselnder Energierichtung, also vorzugsweise in Kupplungsleitungen von Kraftwerken, bestimmt ist. So läßt sich entsprechend der Zeigerstellung ohne weiteres feststellen, ob es sich um Bezug oder Abgabe der elektrischen Arbeit handelt, ferner ob die Belastung kapazitiv oder induktiv ist. Die Geräte ermöglichen in eindeutiger Weise, jederzeit einen Einblick in die Betriebs- bzw. Belastungsverhältnisse zu gewinnen und so diejenigen Maßnahmen zu treffen, die für eine vorteilhafte Betriebsführung erforderlich sind. Von ganz besonderem Wert sind sie, wenn sich der Stromtarif unter Berücksichtigung der Blindleistung aufbaut. Vielfach werden die Kreuzzeiger-Meßgeräte mit Wirk-Blindlast-Bandschreibern zusammengebaut, aus deren Diagrammstreifen auch später noch Leistungsfaktor und Scheinleistung bestimmt werden können, so daß also jederzeit der vom Zähler summierte Stromverbrauch spezifiziert werden kann.

**Leistungsfaktormesser** ließen bisher hinsichtlich der erreichbaren Genauigkeit zu wünschen übrig; der zulässige Frequenzbereich war auch bei Drehstrom verhältnismäßig beschränkt, außerdem war der Eigenverbrauch sehr hoch. Es ist nun der Firma Hartmann & Braun AG., Frankfurt, gelungen, ein Gerät herzustellen, das der Klasse 0,5 der VDE-Regeln genügt und dessen Eigenverbrauch im Strompfad nur 6 VA beträgt.

Für Drehstrom ist das Gerät ohne weiteres von 15 bis 100 Hz verwendbar. Auf Wunsch kann das Gerät auch für eine Frequenz bis 1000 Hz ausgeführt werden, oder bei kleiner Überschreitung der Fehlergrenze bis 2000 Hz. Die Stromaufnahme beträgt je Phase etwa 30 mA. Bei Einphasen-Wechselstrom ist man an eine bestimmte Frequenz, normalerweise 50 Hz, gebunden, die Stromaufnahme ist hierbei 50 mA. Das Gerät ist in das formschöne Preßstoff-Isoliergehäuse der **H & B-Präzisions-Meßgeräte** eingebaut; es hat Messerzeiger und Spiegelbogen und zwei Skalenteilungen, und zwar eine Teilung für 0 bis 90° Phasenverschiebung, die zweite 1 bis 0 für die zugehörigen Cosinuswerte. Mit Hilfe eines eingebauten Umschalters kann die Skala auf kapazitiven oder induktiven Leistungsfaktor umgeschaltet werden. Um auf Abgabe oder Bezug umzuschalten, muß der Strompfad entweder umgeklemmt oder außerhalb kommutiert werden. Ein zweiter eingebauter Drehumschalter erlaubt, das Gerät auf Drehstrom oder Einphasen-Wechselstrom umzuschalten.

Das **H & B-Multiwattmeter** ist ein tragbarer eisen-geschlossener Präzisions-Leistungsmesser mit spitzengeligertem Meßwerk. Es hat zwei Spannungsmessbereiche für 75 und 150 V. Für höhere Spannungen kann man weitere Meßbereiche mit getrennten Vorwiderständen bilden. Außerdem sind fünf Strommeßbereiche vorhanden, wovon der kleinste zum größten im Verhältnis 1 : 20 steht. Der größte ausführbare Strommeßbereich ist 50 A. Der Skalenendwert der 150teiligen Skala kann bei Nennstrom und Nennspannung und Leistungsfaktor 1 erreicht werden, außerdem bei verschiedenen Strom- und Spannungsmessbereichen auch bei den Leistungsfaktoren 0,5, 0,2 und 0,1. Das Gerät ist deshalb insbesondere auch für Messungen bei kleinen Leistungsfaktoren geeignet. Die Genauigkeit entspricht der Klasse 0,5. Die Einstellzeit beträgt etwa 3 s. Die Handhabung ist dieselbe wie bei einem Leistungsmesser mit zwei Stromempfindlichkeiten und mehreren Spannungsklemmen; sie ist also denkbar bequem. Die Anordnung ist übersichtlich und sinnfällig.

Die **Anleger-Meßgeräte** der Fa. Hartmann & Braun hatten bisher ein oder zwei Strommeßbereiche; das neue Gerät besitzt vier Strommeßbereiche, die im Verhältnis 1 : 4 bzw. 1 : 5 gegeneinander abgestuft sind. Den größten Meßbereich hat die Anlegerbauart; er beträgt beim kleinen Anleger 200, beim mittleren 500 und beim großen 1000 A. Außer der Nullklemme ist für jeden der vier Meßbereiche eine besondere Anschlußklemme vorhanden, die mit dem Dietze-Anleger zu verbinden ist. Das Gerät ist mit Hilfe eines eingebauten Umschalters auf Spannungsmessungen umschaltbar. Für jeden Spannungsmessbereich ist je eine weitere Klemme vorhanden; insgesamt hat das Gerät also acht Klemmen. Die Vorwiderstände für die drei Spannungsmessbereiche 150, 300 und 600 V sind eingebaut. Das Gerät hat ein Drehspulmeßwerk mit Trockengleichrichter; es genügt bei Spannungsmessungen der Klasse 1,5 des VDE bis etwa 500 Hz, bei Strommessungen etwa der Klasse 2,5 bei 50 Hz, je unter der Voraussetzung, daß der Wechselstrom sinusförmig ist. Das Gerät hat Messerzeiger und Spiegelbogen; es sind vier Skalenteilungen vorhanden, und zwar drei für Strommessungen und eine gemeinsame für die drei Spannungsmessbereiche.

Die neuen **H & B-Meßkoffer** dienen für Strom-, Spannungs- und Leistungsmessung in Dreh- und Wechselstromanlagen. Sie werden in zwei Ausführungen geliefert, für Drehstrom gleicher Belastung, ferner für Drehstrom ungleicher Belastung. Ersterer enthält: einen Einfach-Leistungsmesser, einen Strom- und einen Spannungsmesser; letzterer: einen Doppel-Leistungsmesser, einen Spannungsmesser und drei Strommesser (Bild 4). Die Vorwiderstände für die Spannungsstufen 110, 220, 380 und 500 V sind eingebaut; sie werden für Spannungs- und Leistungsmesser mit Hilfe eines gemeinsamen Schalters umgeschaltet. Ferner sind ein bzw. zwei Stromwandler für die Übersetzungsverhältnisse 5, 10, 25, 50 und 100/5 A fest eingebaut, die gleichfalls mit Hilfe eines gemeinsamen Griffes umgeschaltet werden. Zur Bedienung der Leistungsmesskoffer sind außer den beiden Umschaltgriffen nur noch je drei Klemmen für die ankommende und abgehende Leitung vorhanden. Für Ströme über 100 A können außenliegende Stromwandler angeschlossen werden, wofür noch ein bzw. zwei weitere Klemmenpaare vorhanden sind. Auf besonderen Wunsch können die Meßkoffer noch mit einem weiteren Schalter zur Umschaltung von Wirk- auf Blindleistung, fernerhin mit einem Schalter zur Umschaltung des

Spannungsmessers auf alle drei Phasen ausgeführt werden. Als Skalenkonstanten sind nur glatte Werte vorgesehen; sie können für jede Schalterstellung einer Tabelle auf der betreffenden Skala direkt entnommen werden. Die Wandler



Bild 4. Meßkoffer für Strom-, Spannungs- und Leistungsmessung von Drehstrom ungleicher Belastung.

haben eine Genauigkeit nach Klasse 0,2; die Meßgeräte entsprechen der Klasse 0,5 des VDE. Sie sind durchweg mit Messerzeiger und Spiegelbogen ausgestattet.

Die neu entwickelten **Leitfähigkeits-Meß-, Registrier- und Regel-Geräte** von W. H. Joens & Co., Düsseldorf, verwenden das Ringeisen-Quotientenmeßwerk<sup>1)</sup> und ermöglichen es, die Messung spannungs- und frequenzunabhängig mit Wechselstrom durchzuführen. Fehler, die bei der Messung elektrolitischer Widerstände mit Gleichstrom durch die Polarisation auftreten, sind vermieden. Der Einfluß der Temperatur auf die Leitfähigkeit kann innerhalb eines großen Temperaturbereiches, z. B. 30 bis 80° C, mit einer Genauigkeit von 1% kompensiert werden. Die Geber enthalten zwei fest angeordnete Elektroden und sind je nach dem Verwendungszweck als Eintauchgeber, Durchflußgeber oder Durchlaufgeber für niedrige oder höhere Konzentrationen ausgebildet.

Bei den von der gleichen Firma neu entwickelten **lichtelektrischen Regel- und Schreibgeräten** wirken auf den Meßwerkzeiger keine mechanischen Kräfte ein und die empfindlichen Systemlager erleiden keine unzulässige Belastung. Die Einstellzeit (rd. 1 s) der Meßsysteme ist verkürzt, weil sie über den dem aperiodischen Grenzfall entsprechenden Widerstand geschlossen sind. Die Lichtzeiger-Spannbandsysteme vermeiden empfindliche Lager sowie mögliche Balancestörungen restlos. Infolge der Verwendung von Quecksilbervertikalschalterschützen sind alle Starkstromanschlüsse fest verlegt. Der Regelmechanismus spricht sofort an, nachdem der Fühler den Istwert angezeigt hat, und vermindert die Pendelungen um den Sollwert. — Der lichtelektrische **Ausschlagregler** ist sehr hochohmig (für thermoelektrische Messung Größenordnung 1000 Ω). Die relative Regelempfindlichkeit ist bei allen Sollwerten die gleiche und beträgt  $\pm 0,3\%$  vom Sollwert. Eine vollselbsttätige Nullpunktsicherung (Gefahrenschalter) ist eingebaut. Bei Beschädigung des den Istwert ermittelnden Fühlers oder Bruch einer Verbindungsleitung geschieht das Abschalten der Energiezufuhr selbständig. Eine Voreinstellung für die Wirksamkeit dieser Sicherung ist nicht notwendig. — Bei dem lichtelektrischen **Kompensationsregler** ist der Widerstand bei Übereinstimmung zwischen dem zu regelnden Istwert und dem Sollwert praktisch unendlich groß. Eine vollselbsttätige Nullpunktsicherung<sup>2)</sup> (Gefahrenschalter) ist eingebaut. Die Empfindlichkeit des Reglers beträgt  $\pm 0,2\%$  vom Sollwert. Die Abgleichung der Speisespannung erfolgt mit der gleichen Genauigkeit, wie die Regelung gegen ein eingebautes Normelement. Die Genauigkeit der Regelung ist von den Eigenschaften des Spannbandsinstrumentes weitgehend unabhängig. Änderungen seiner Daten bedingen lediglich eine geringe Änderung seiner Empfindlichkeit. — Der lichtelektrische, nach einem Kompensations-

<sup>1)</sup> DRP 531 011.

<sup>2)</sup> DRP 688 051.

verfahren arbeitende **Schreiber** ermöglicht die fortlaufende Aufzeichnung von sehr geringen Spannungen, die nur über einen sehr hochohmigen Widerstand geschlossen werden können. Er kann z. B. für die elektrometrische  $p_H$ -Messung oder auch zur Herstellung einer konstanten Speisespannung für andere Geräte, z. B. als Potentiometerregler, verwendet werden, die selbsttätig gegen ein Normalelement abgeglichen wird.

Weiterhin entwickelte die gleiche Firma einen neuen **Thermostat** für die kalten Lötstellen von Thermoelementen, der bei der geringen Schalzhäufigkeit von ungefähr acht Schaltungen je Stunde die Temperatur der kalten Lötstellen von Thermoelementen mit einer Genauigkeit von  $\pm 1^\circ \text{C}$  konstant hält.

Von den Erzeugnissen der Firma P. Gossen, Erlangen, sei das **Erdspannungs-Asymmetrier** erwähnt, das drei Induktionsmeßwerke besitzt, die auf einer gemeinsamen Flächenskala arbeiten (Bild 5). Ein einziges Meßorgan in Gestalt einer roten

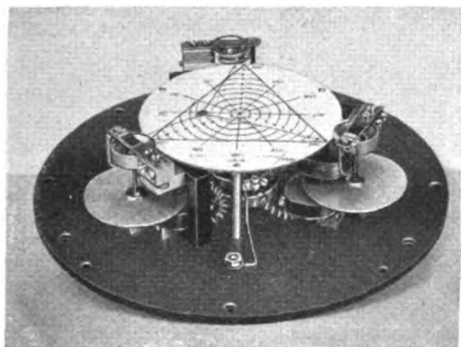
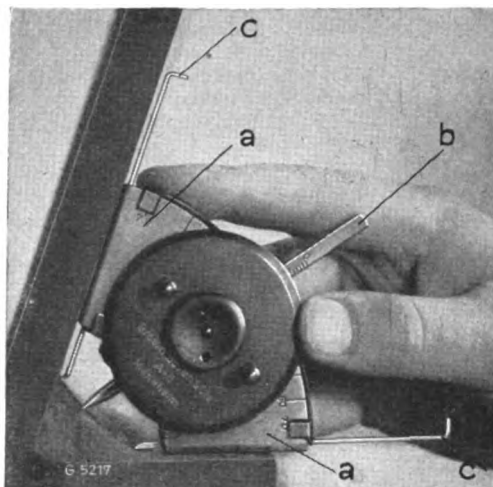


Bild 5. Meßwerke des Erdspannungs-Asymmetrier mit Skalenscheibe.

Scheibe zeigt auf dieser Skala die Symmetrie oder Asymmetrie der Meßgrößen an und gibt die wirklichen Verhältnisse bildlich wieder. Ändert sich der Isolationswiderstand eines Leiters oder mehrerer Leiter, so ändert sich die Spannung gegen Erde. Diese Spannung wird, wenn in einem Leiter die Isolation schlecht wird, bei diesem Leiter kleiner und bei den andern Leitern größer. Die dadurch hervorgerufene Drehmomentänderung der Meßwerke zieht die rote Scheibe aus der Normalmittellage, und zwar zu dem Meßwerk, das die kleinere Spannung führt. Durch die große Empfindlichkeit der Meßwerke wird erreicht, daß schon kleine Veränderungen im Isolationswiderstand angezeigt werden. Die Asymmetrie-Anzeige ermöglicht dem Betriebsleiter oder dem Schalttafelwärter rechtzeitig, die Entwicklung eines größeren Fehlers zu verhindern.

Mit der neuen **Schweißlehre** von **BBC** lassen sich entsprechend den von der eisenverarbeitenden Industrie gestellten Forderungen Scheitelwinkel, Höhe sowie Kantenlänge der Schweißnaht gleichzeitig feststellen. Die Anlageflächen können unter jedem beliebigen Winkel in den Grenzen von  $70$  bis  $110^\circ$  mit einer archimedischen Schraube eingestellt und damit die Höhen von Kehlnähten an geschweißten Teilen gemessen werden, deren Lage zueinander dem eingestellten Winkel entspricht. Der eingestellte Winkel kann von der Skala des Mittelstückes (Bild 6, a) abgelesen werden. Der Meßdorn b, der stets in der Lage der Winkelhalbierenden des eingestellten Winkels bleibt, hat eine Skala, von der die Höhe der Schweißnaht unmittelbar abgelesen werden kann. Das Mittelstück ist beiderseitig rechtwinklig abgebogen. In diesen Seitenstücken sind zwei Messungen c, durch Schleppfedern gehalten, beweglich gelagert. Mit diesen Messungen können die Kantenlängen der Schweißnähte und damit deren Verlagerungen festgestellt werden. Die Kantenlängen der Naht werden unmittelbar an den Skalen der Messungen abgelesen. Außerdem läßt sich auch die Lehre zum Messen von Auftragschweißungen verwenden. Hierbei wird das Mittelstück auf einen Winkel von  $110^\circ$  eingestellt und die Messungen ganz zurückgezogen. Nunmehr liegt die Lehre auf den Auflageflächen der rechtwinklig abgebogenen Seitenstücke auf, und durch Verschieben des Meßdornes wird die Höhe

der Schweißnaht an der zweiten Maßeinteilung des Meßdornes abgelesen. Dieselbe Einstellung kommt auch bei Tiefenmessungen in Anwendung.



a Mittelstück      c Messungen zum Messen der  
b Meßdorn          Schweißnaht-Kantenlängen

Bild 6. Schweißlehre beim Messen von verlagerten Kehlnähten.

## Lichttechnik

DK 628.9 : 621.32

Ohne Zweifel ist heute die Luftschutzbeleuchtung das aktuellste Problem der Lichttechnik. Da es nicht überall möglich ist, die Fenster so abzdunkeln, daß die normale künstliche Beleuchtung der Innenräume beibehalten werden kann, wurden für Räume, in denen nicht gearbeitet wird, also besonders für Nebenräume, wie Treppen, Flure, Durchgänge, Abstellräume usw., geeignete **Luftschutz-Glühlampen** geschaffen, die eine schwaches, nur zum Zurechtfinden ausreichendes Licht

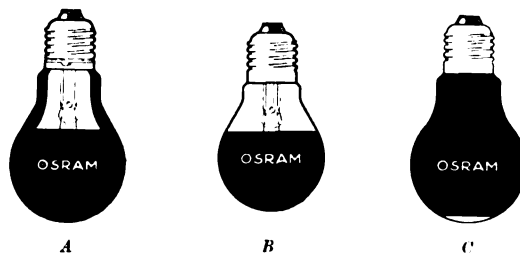


Bild 1. Luftschutz Glühlampen.

spenden. Bild 1 zeigt drei von Osram entwickelte Lampen, von denen die Form A mit 8 bis 10 W, schwarzem Kolben, seitlicher Lichtaustrittsöffnung im oberen Kolbenhals und einem Lichtstrom von 1 bis 3 Hlm für Aufhängehöhen von 2 bis 3 m bei einer Bodenfläche von 10 bis 25 m<sup>2</sup> für eine Lampe bestimmt ist. Die Form B eignet sich für Aufhängehöhen von 3 m und mehr bei einer größeren Bodenfläche je Lampe, weil bei 15 W und 20 Hlm nur die untere Hälfte des Kolbens schwarz ist. Ist auf einer begrenzten Fläche ein erhöhter Lichtbedarf notwendig, dann ist Form C mit 8 bis 10 W und 3 Hlm am Platze. Diese Glühlampe hat einen schwarzen Kolben mit unten befindlicher runder Lichtaustrittsöffnung.

Die Quarzlampen Gesellschaft mbH., Hanau, hat ihre Erzeugnisse, insbesondere die **künstlichen Höhensonnen** und **Solluxlampen**, auf devisionsparende Werkstoffe umgestellt. Das **Ultrakop-Lichtpausgerät** ist durch eine Entwicklungskassette ergänzt worden, die die Trockenentwicklung in kürzester Zeit ermöglicht. Eine besonders handliche **Klein-**

**Analysenlampe** für die Wirtschaft und die verschiedensten Behörden wurde weiterentwickelt.

Wenn auch auf dem Gebiete der **Metalldampflampen** im letzten Jahre im allgemeinen keine nennenswerten Neuerungen zu verzeichnen sind, so hat doch die Firma Julius Pintsch, Berlin, mehrere herstellungstechnische Verbesserungen vornehmen können. In der öffentlichen Beleuchtung wurden vor Ausbruch des Krieges Quecksilberdampflampen zusammen mit Glühlampen als Mischlicht für repräsentative Straßen in immer stärkerem Maße eingesetzt. Leuchtstofflampen fanden schnell steigendes Interesse für die Beleuchtung von Ausfall- und Durchgangsstraßen und waren vor dem Kriege bereits im Begriff, das Mischlicht teilweise zurückzudrängen, weil die geringe Leuchtdichte und die weiche Lichtfarbe den Forderungen des Verkehrs nach einem Mindestmaß an Blendung bei genügender Farbgebung entsprach. Für die Industriebeleuchtung setzte sich das Mischlicht wegen seiner schönen tageslicht-ähnlichen Lichtfarbe und besonders wegen der hervorragenden Seheigenschaften immer mehr durch, seit Ausbruch des Krieges vorzugsweise für die Beleuchtung von Geschoßbauten, deren Fenster leicht mechanisch zu verdunkeln sind. Für größere Hallen wird Natriumlicht und Natrium-Mischlicht (Serienschaltung von Natriumlampe und Glühlampe ohne Drosselspule) in Verbindung mit Komplementärfarben an den Fenstern zunehmend eingebaut.

Die Firma Pötter & Schütze, Essen-Rellinghausen, stellt eine Serie neuer **Metalldampfleuchten** her, die nach dem Grundmodellsystem aufgebaut sind, d. h. die Leuchtgehäuse können je nach den Anforderungen an die Art der Lichtverteilung mit den entsprechenden Schirmen oder Gläsern ausgerüstet werden. Bild 2 zeigt eine Mischleuchte dieser Firma, die mit ihren kleinen Abmessungen und Gewichten und mit ihrer guten Lichtausbeute sich für viele Zwecke eignet.



Bild 2. Mischlichtleuchte.

In Anlehnung an das AEG-Kleinlicht sowie unter weitgehender Verwendung der hierfür benötigten Einzelteile und Werkzeuge ist ein neues **Stopflicht** geschaffen worden. Die vorhandene Netzspannung wird durch einen im Stecker eingebauten Umspanner auf die völlig gefahrlose Spannung von

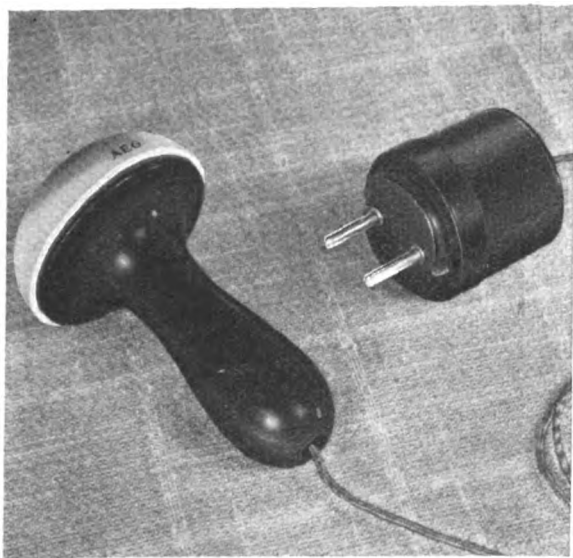


Bild 3. Stopflicht mit Umspannstecker.

4 V herabgesetzt und durch eine 2 1/2 m lange Klingelleitungsschnur einer in den eigentlichen Stopfpilz eingebauten matten Kleinbeleuchtungslampe zugeführt. Das Licht dieser Lampe wird durch einen Reflektor und eine lichtdurchlässige Kappe zerstreut und gedämpft. Das AEG-Stopflicht (Bild 3) erleichtert somit das Stopfen schadhafter Gewebestellen und zeigt außerdem dünne, bald reparaturbedürftige Stellen

warnend und vorbeugend an. Bei einem Verbrauch von nur einigen Watt entstehen nur sehr geringe Stromkosten.

Dieses Licht kann außerdem über seine Eignung als Stopfhilfe hinaus zusätzlich als **Kleinhandlampe** und billige Lichtquelle für Not- und Nachtbeleuchtung oder ähnliche Zwecke verwendet werden. Allerdings ist nur ein Anschluß an Wechselstromnetze möglich.

Eine hervorragende Rolle in der deutschen Beleuchtungstechnik spielt das auf genauen mathematisch-optischen Berechnungen aufgebaute ZEISS-**Spiegelleicht**. Maßgebend für die Konstruktion dieser lichttechnischen Leuchten waren u. a. Erkenntnisse der gerichteten Reflexion und des geringen Absorptionsgrades von Silber; diese Eigenschaft macht das Silber für die Beleuchtungstechnik besonders geeignet. Dieses wird bei den Reflektoren der ZEISS-**Spiegelleuchten** nach einem alten Spezialverfahren rückseitig auf die polierte Fläche eines Glaskörpers aufgetragen. Die dem Reflektorinnern zugekehrte Seite besteht also aus Glas, damit ist das Silber der Luftfeuchtigkeit entzogen, während das auf der Rückseite befindliche Silber durch verschiedene metallische Schutzschichten gegen Luftinflüsse und mechanische Beschädigungen geschützt wird.

Den verschiedenen Anwendungsgebieten entsprechend ergeben sich die beiden großen Gruppen der axialsymmetrisch und asymmetrisch strahlenden Leuchten.

Bei der ersten Gruppe stehen Leuchten mit enger und mit breiter Ausstrahlungscharakteristik zur Verfügung. Für enge Lichtverteilung sind Parabol-, Kugelzonen-, Zonen- und Stufenspiegel konstruiert worden. Sie kommen dann zur Anwendung, wenn das Verhältnis zwischen Lichtpunkthöhe und Arbeitsfläche sehr groß ist, also eine verhältnismäßig kleine Fläche aus großer Höhe beleuchtet werden soll. Ist dagegen eine große Gebrauchsebene aus geringerer Höhe gleichmäßig aufzuhellen, werden Breitstrahler, und zwar Glockenspiegel-leuchten verwendet. Nicht immer sind die zu beleuchtenden Flächen kreisförmig, sondern haben zum Beispiel eine langgestreckte rechteckige oder elliptische Form. Durch besondere Formen des Spiegels ist es möglich, auch hier die Lichtverteilung in zwei- oder einachsiger symmetrischer oder asymmetrischer Formen dem zu beleuchtenden Feld anzupassen. Diese Leuchten sind in der zweiten Gruppe „asymmetrisch strahlende Leuchten“ zusammengefaßt. Sollen längliche Arbeitsflächen, wie z. B. Fließbänder, Packtische, Korridore oder Straßen, gleichmäßig ausgeleuchtet werden, so stehen hierfür die ZEISS-Ovalspegelleuchten zur Verfügung. Da das Verhältnis von Länge zur Breite des zu beleuchtenden Feldes sehr verschieden sein kann, ist auch für diese Fälle eine Anzahl von Grundtypen entwickelt worden. Diese Leuchten können über der Mitte des Feldes oder über der Seite angebracht werden. ZEISS-Spiegelrinne, ZEISS-Indirektwandleuchte und ZEISS-Schrägstrahler sind typische Vertreter dieser einachsigen symmetrischen Lichtverteilung. Ihre Anwendungsgebiete sind: Festräume, Theater, Kinos, Repräsentationsräume u. dgl.

Die **Eikalux-Arbeitsleuchte**, ein neues Erzeugnis der Firma Frankl & Kirchner, Mannheim-Neckarau, ist dann am Platze, wenn der Arbeitsplatz durch die Abmessungen der Leuchte nicht beeinträchtigt werden soll. Ein von allen Seiten zu betätigender Kranzschalter, Stoßdämpfer und Vielgelenkhalter sind bemerkenswerte Kennzeichen dieser Leuchte, die in einer Sonderform auch für Industrie- und Handwerker-Nähmaschinen hergestellt wird.

Auch die **Fabrilux-Leuchten**, Arbeitsplatzleuchten der Firma Dr.-Ing. Schneider & Co., Frankfurt a. M., sind soweit wie irgend möglich typisiert worden. Sämtliche Leuchten besitzen einen einheitlichen Isolierkopf, an dem ein 6 A-Dosenschalter eingebaut ist und in dem sich eine Stopfbuchse mit Gummidichtung für die Einführung der Leitung befindet. Für diesen Fassungskopf verwendet die Herstellerin zwei verschiedene Reflektoren, einen Reflektor mit 110 mm Dmr. für die Aufnahme von 15 bis 40 W-Glühlampen und einen Reflektor von 150 mm Dmr. für die Aufnahme von 15 bis 60 W-Glühlampen. Die Leuchten werden an Flachisen- und Rohrstativen befestigt, die wiederum in verschiedenen Längen je nach Bedarf hergestellt werden. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, mit Hilfe eines einfachen Sprengtringes Abschlußgläser

sowie Luftschutzblenden an diese Reflektoren zu befestigen. Von den weiteren Erzeugnissen der Fa. Dr.-Ing. Schneider & Co. seien noch die **Onmetall-Leuchten** (Deckenleuchten) erwähnt, deren Haltevorrichtungen ebenso wie die der Pendelleuchten aus kontigentsfreiem Werkstoff hergestellt werden.

Die größte Bedeutung in der Beleuchtung unter Tage kommt nach wie vor der elektrischen **Grubenlampe** (Bild 4) mit Akkumulator zu, die wegen ihrer leichten Tragbarkeit und steten Betriebsbereitschaft unersetzlich zu sein scheint. Die Firma Friemann & Wolf Gm. bH., Zwickau Sa., hat eine Reihe von Änderungen an wichtigen Einzelteilen vorgenommen, um die Leistung, Wirtschaftlichkeit und Festigkeit der Lampen immer mehr zu erhöhen. Selbstverständlich liegen die einschneidendsten und erfolgreichsten Änderungen im Nickel-Cadmium-Akkumulator selbst. So wurde beispielsweise die Leitfähigkeit der aktiven Elektrodenmasse durch Zugaben erhöht, weiter die wirksame Oberfläche der Elektroden vergrößert und fast als wesentlichster Punkt die Entlüftung der Zellen verbessert. Weiter ist zu erwähnen, daß eine Schweißverbindung der einzelnen Elektroden mit dem Steg vorgenommen wurde, wobei die Schweißstelle mechanisch entlastet ist, d. h. also weitmöglichst geschont wird. Dadurch wird neben der Gewähr einer verlustfreien und dauerhaften elektrischen Verbindung die Möglichkeit leichter Austauschbarkeit einzelner Platten erhalten, die durch Abfeilen oder Abschmelzen des Verbindungslothes schnell ausführbar ist.

Die Verbindung zwischen Stromquelle und Glühlampe in der Grubenlampe wurde durch Beseitigung der energieverzehrenden Zwischenkontakte in einfacher Form wesentlich verbessert. So sind auf dem Akkumulatordendeckel nunmehr an Stelle von Federpolen Messerkontakte vorgesehen, die zwischen segmentartigen Federn an der Unterseite der Kontaktscheibe (Bild 5) schleifen. Hierbei wird die leichte Schaltbarkeit des Lampenstromkreises durch Verdrehen des Obertheiles gegen den Sammlertopf erhalten, aber außerdem noch ein ständiges Blankhalten der Kontaktstellen erzielt, was jegliche den Stromdurchgang störende Oxydbildung oder sonstige Verschmutzung verhindert. Die Kontakte der Glühlampe sind mit den Federn an der Unterseite der Kontaktscheibe direkt verbunden, um ebenfalls Übergangswiderstände auszuschalten.

Bei der **Gruben-Kopflampe** der Firma Friemann & Wolf dürfte besonders die Einführung der Bruchsicherung im Lampengehäuse, die die Sicherheit dieses Geleuchtes wesentlich

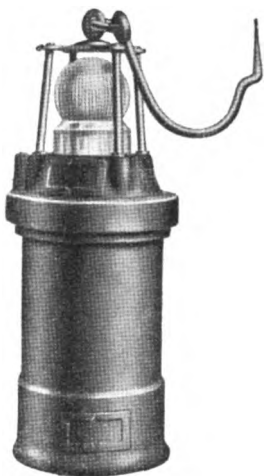


Bild 4. Grubenlampe.



Bild 5. Kontaktscheibe mit Glühlampe und segmentartigen Federn.

erhöht, und die Anbringung eines feuchtigkeitsdichten, sehr bequem bedienbaren Verschlusses für das Akkumulatorengehäuse erwähnenswert sein. Natürlich wurden die Neuerungen am Akkumulator selbst und Verbesserungen der Kontaktstellen ebenfalls auch hier in Anwendung gebracht, so daß auch bei diesen Lampen eine bessere Lichtausbeute zu verzeichnen ist. Diese Lampenart (Bild 6) wird neben dem Untertagebetrieb auch von Rettungs- und Handwerksmannschaften verwendet.

Auch die **Prebluftleuchten** der gleichen Firma (Bild 7) haben einfachsten Aufbau und sind durch den bei Betrieb stets im Innern vorhandenen Überdruck vollkommen vor dem Eindringen explosibler Gase geschützt. Zudem besitzen sie noch eine besondere Sicherung durch die eigenartige Führung der Luft, die erst durch den Glühlampenraum zur Turbine geleitet wird, so daß bei Zertrümmerung der Glasglocke eine vollkommene Sicherung dadurch eintritt, daß die Luftzufuhr zur Turbine einfach unterbrochen wird und der mit ihr gekuppelte Stromerzeuger ausläuft. Die weiter in den nun offenen Glühlampenraum strömende Prebluft bespült dabei die eventuell noch nachglühenden Fäden, so daß ein Entzünden explosibler Gase an diesen Glühfäden ausgeschlossen ist. Um einem Ansammeln von eventuell noch mit der Prebluft in den Glühlampenraum mitgerissener Feuchtigkeit, die nur den Lichtaustritt aus der Lampe hindern könnte, entgegenzutreten, wurde im Scheitel der Schutzglasglocke ein Ventil vorgesehen, durch welches ohne Betriebsstörung und ohne Verminderung der Sicherheit dieses Wasser zu jeder Zeit abgelassen werden kann.

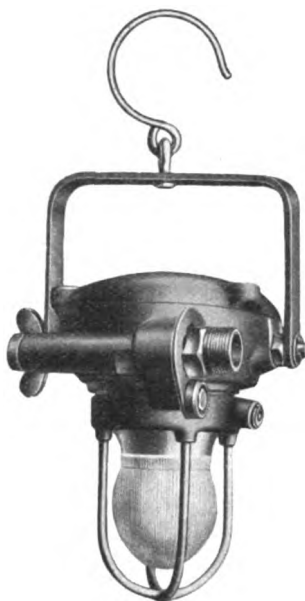


Bild 7. Prebluftleuchte.

Die Sistrach-Licht Gm. bH., Stuttgart, hat eine neue **vorwiegend indirekte Leuchte** entwickelt, deren Lichtverteilung lediglich durch besondere Glasarten erzielt wird. Der Oberschirm besteht aus Mattglas, während die untere Abdeckung aus massivem Opalglas hergestellt ist. Dadurch wird erreicht, daß der größte Teil des Lichtstroms an die Decke und Wände gestrahlt wird und somit eine Art Großflächenbeleuchtung entsteht. Die Schatten werden gemildert und Spiegelungserscheinungen so viel wie aufgehoben, ohne daß man auf die für eine gute Beleuchtung notwendigen Schatten verzichten muß. Diese Leuchte läßt sich natürlich auch für **Quecksilberdampflampen** verwenden. Es wird dann nur die zum Betrieb der Dampflampe notwendige Drosselspule im Baldachin der Leuchte eingebaut, wo sie jeder unnötigen Erwärmung entzogen ist.

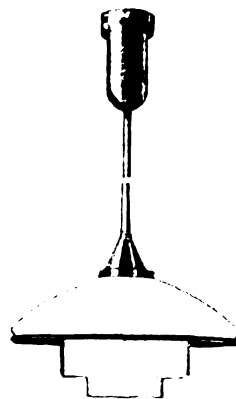


Bild 8. Mischlichtleuchte mit vorwiegend indirekter Lichtverteilung.

Ebenso stellt die Sistrach-Licht Gm. bH. **Leuchten für Mischlicht** her (Bild 8). In konstruktiver Hinsicht ist bemerkenswert, daß, um eine intensive Mischung des Lichts zu erzielen, um die Quecksilberdampflampe, die sich in der Mitte befindet, drei Glühlampen angeordnet wurden. Die Ausleuchtung der Leuchte wird dadurch gleichmäßiger und die Glasteile erscheinen ohne Farbkleckse. Überdies läßt sich durch die Verwendung von drei Glühlampen, je nach Wahl der letzteren, eine mehr oder weniger tageslichtähnliche Lichtfarbe erzielen, die den Vorteil bietet, daß das sog. Auftreten von Zwielficht, wie es in dunklen Räumen, in denen bei Tag auch Licht gebrannt werden muß, auftritt, beseitigt werden kann.

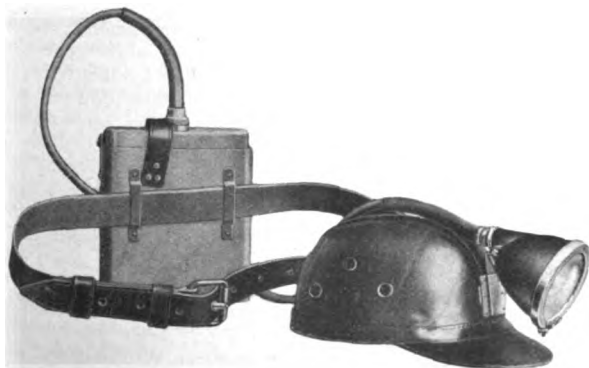


Bild 6. Gruben-Kopflampe.

## Werkstoffe

DK 620.2

**Künstliche Kohle** ist seit 6 Jahrzehnten als Ausgangswerkstoff für Kohlebürsten bekannt. Je nach den Rohmaterialien und den Fabrikationsgängen unterscheidet man Qualitätsgruppen, worunter Gruppen bestimmter Eigenschaften und Gruppen bestimmter praktischer Anwendungsmöglichkeiten zu verstehen sind. Einesteils ist nun der hohe Stand der Kohlebürstenindustrie auf einem gewissen Grad der Vollkommenheit angelangt, zum anderen zeigt sich aber, daß die chemischen und physikalischen Eigenschaften der künstlichen Kohle sich erstaunlich weit beeinflussen lassen, so daß noch ungeahnte Verwendungsmöglichkeiten offenstehen. Die Firma Schunk & Ebe in Gießen ist z. B. in der Lage, Kohle mit 99,9% Reinheit herzustellen und durch besondere Behandlung noch solche Verunreinigungen auszutreiben, die der Funktion im Gleichrichter oder in Röhren von Nachteil werden könnten. Von Vorteil ist hier außerdem die Tatsache, daß sich Kohle im Vakuumgefäß vollkommen entgasen läßt. Durch Zusätze ist der spezifische Widerstand von künstlichen Kohlen zwischen acht und einigen tausend Ohm herstellbar. Der niedrige Ausdehnungskoeffizient, oft nur  $\frac{1}{3}$  vom Eisen, macht die Kohle unempfindlich gegen rasche Temperaturschwankungen und gegen hohe Temperaturen.

Aus dem großen Gebiet der **Kunststoffe**, sei auf die Erzeugnisse der H. Römmler AG in Spremberg (Nd.-Lausitz) hingewiesen. Die von dieser Firma hergestellten **Schilder** (Harnstoffbasis) haben gegenüber den bisher verwendeten Metallschildern den großen Vorzug der chemischen Widerstandsfähigkeit. Bei den Drei- und Mehrschichtplatten in durchscheinender oder lichtundurchlässiger Ausführung wird die mattglänzende Oberfläche der aus verschiedenen Farben geschichteten Platte durchgraviert bis die zweite oder dritte Farbschicht sichtbar wird. Damit lassen sich ein- und mehrfarbige Wirkungen erzielen. Bei den **Unterdruckplatten** bedruckt man den obersten Bogen der übereinander geschichteten Papierbahnen mit Schrift, zeichnerischer oder bildlicher Darstellung, so daß nach dem Pressen der Platte dieser Druck dann unter einer schützenden Kunstharzschicht liegt. Für Trennwände von Schaltanlagen und auch für Schalttafeln eignen sich die aus geschichtetem Kunstharzpreßstoff bestehenden **Verbundplatten HsR**.

Aus den hauptsächlichsten Erzeugnissen für die Elektroindustrie des Metallwerks Plansee, Reutte-Tirol, der Deutschen Edelstahlwerke AG in Krefeld seien die Werkstoffe genannt, die auf metallkeramischem Wege durch **Sintern** hergestellt werden. Zunächst handelt es sich um das hochschmelzende Wolfram und Molybdän und deren Legierungen, die in der Vakuumtechnik, im Schalterbau, im elektrischen Ofenbau und in der Schweißtechnik verwendet werden. Zu der recht interessanten Gruppe der **Verbundmetalle**, deren wesentlichste Komponenten in der Regel keine Legierbarkeit aufweisen, gehören auch die Kontaktbaustoffe, Elmet-Rotung (W-Cu), Elmet-Silvung (W-Ag) und Elmet-Silmo (Mo-Ag). Die hohe Bedeutung dieser Werkstoffe liegt darin, daß die charakteristischen Eigenschaften der Gemengebestandteile nebeneinander auftreten. Zu Durchführungen für Elektroden in Ganzmetallröhren werden gesinderte Fe-Ni-Co-Legierungen unter der Bezeichnung Omnet-Sivar-Metall als **Elnschmelzwerkstoffe** verwendet.

Die Langbein-Pfanhauser-Werke, Leipzig, haben zur elektrolytischen Oxydation von Magnesium das **Elomag-Verfahren** auf den Markt gebracht. Man erzielt durch die Elomagierung korrosionsschützende, verschleißfeste Oberflächen auf Magnesium, die auch in verschiedenen Farbtönen hergestellt werden können. Auch als haftsichere Lackträger werden Elomagschichten verwendet. Das **Glanzzinkverfahren** liefert weißglänzende Niederschläge und ist dadurch in der Lage, unter Umständen die Metalle Cadmium, Nickel und Chrom zu ersetzen. Durch das **Metallplastik-Verfahren** lassen sich auch nichtmetallische Stoffe, wie Glas, Porzellan, Holz und Kunststoffe, auf galvanischem Wege mit metallischen Überzügen versehen. Das in den V. S. Amerika entwickelte **Elektrocolor-Verfahren**, diese interessante Veredelung für alle Metalle, mit Ausnahme von Aluminium und Magnesium, wird in Kürze auf den Markt gelangen. Damit lassen sich auf elektrolytischem Wege Interferenzfarben (rot, grün, blau, braun, gelb usw.) erzielen, wobei in einem einzigen Elektrolyten mit ganz niedriger Spannung gearbeitet wird.

## Verschiedenes

DK 621.3.032/04

Die **Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft** verwendet für ortsfeste Batterien und für Batterien auf schweren Schienenfahrzeugen mit verhältnismäßig geringem Fahrbereich Zellen mit positiven Groboberflächenplatten, deren Lebensdauer etwa 1000 bis 1200 Entladungen und mehr beträgt. Die Batterien wiegen rd. 100 kg/kWh. Nach ganz anderen Gesichtspunkten sind die Batterien mit positiven Gitterplatten entwickelt. Diese halten etwa 250 bis 350 Entladungen aus. Die Batterien wiegen rd. 35 kg/kWh. Verwendet werden sie für elektrische Straßenbahnfahrzeuge, Elektrokarren und leichte Schienenfahrzeuge bzw. solche Fahrzeuge, bei denen es auf große Kapazität bei leichtem Gewicht ankommt, wie elektrische Triebwagen. Zwischen diesen beiden Gattungen liegen die Batterien mit positiven Panzerplatten, die eine Lebensdauer von rd. 1000 und mehr Entladungen haben und 50 kg/kWh wiegen. Sie werden hauptsächlich in Fahrzeugen eingebaut, bei denen in bezug auf Gewicht und Fahrbereich nicht das äußerste verlangt wird, für die aber die Groboberflächenplatten zu schwer werden würden. Als Beispiel seien hier genannt Lokomotiven mittlerer Leistung (Grubenlokomotiven), teilweise auch Elektrokarren.

Neben diesen Batterien auf der Basis Bleidioxid-Bleischwefelsäure sind in den letzten Jahren **alkalische Batterien** in steigendem Maße angewendet worden. Sie sind aufgebaut auf der Basis Nickel-Eisen-Kalilauge bzw. Nickel-Kadmium-Kalilauge. Als Plattenträger kommt vernickeltes Stahlblech in Betracht, ebenso als Werkstoff für die Gefäße. Infolgedessen sind sie außerordentlich widerstandsfähig gegen mechanische Beanspruchungen und auch in elektrischer Beziehung vielfach den Bleiakumulatoren überlegen. Insbesondere ist ihre Lebensdauer wesentlich größer, sie sind unempfindlicher gegen Mängel in der Wartung, Stehenlassen in entladnem Zustand usw. Die alkalische Batterie wurde vielfach als der leichte Akkumulatur angesprochen. Dies trifft beim Vergleich mit den leichtesten Bleibatterien nicht zu. Zu berücksichtigen ist, daß ihre Spannung nicht unerheblich unter der des Bleiakkulators liegt, daß also für eine gegebene Netzspannung mehr Zellen hintereinander geschaltet werden müssen als bei Bleibatterien. Dadurch wird ein etwaiger Vorteil, der sich bei der Berechnung je Amperestunde ergibt, ausgeglichen, wenn man auf die Wattstundenleistung geht. Ihr Wirkungsgrad erreicht auch nicht den der Bleiakkulatoren, außerdem sind sie auch verhältnismäßig teurer. Für ortsfeste Anlagen werden alkalische Batterien weniger angewendet, trotzdem gerade in der letzten Zeit sehr viel Notlichtanlagen mit solchen Batterien ausgerüstet worden sind. Dahingegen sind sie die gegebene Stromquelle für alle tragbaren Ausrüstungen. Neben Nachrichten- und ähnlichen Geräten für die Bedürfnisse des Heeres und der Marine finden sie Verwendung in tragbaren Scheinwerfern, Handlampen und vor allem Grubenlampen. Auch in der Zugbeleuchtung sind sie gut eingeführt. Ihr Bereich ist vor allem der der Niederspannungstechnik, wengleich auch hier wiederum einige Gebiete heute noch fast ausschließlich den Bleiakkulatoren vorbehalten sind, wie Licht- und Anlasserbatterien für Automobile, Heizbatterien für Rundfunkanlagen und ähnliches.

Vor kurzem hat die AEG zwei neue **Tischfächer** herausgebracht, die schon durch ihre Formgebung eine vollkommene Neuerung darstellen. Verschiedene Forderungen waren bei der Entwicklung dieser Geräte besonders zu beachten und zu erfüllen: Geräuschloser Lauf, gute Luftleistung bei verringerten Abmessungen und nicht zuletzt gediegenes gefälliges Aussehen. Die Erfüllung dieser drei Forderungen war im wesentlichen mit der konstruktiven Entwicklung der Fächerflügel gegeben. Diese sitzen auf einer den Antriebsmotor teilweise umfassenden Kappe und haben eine neuartige Form erhalten. Hierdurch und durch die Anordnung der Flügel wird gleichzeitig geräuschloser Lauf und trotz einer Verringerung des Durchmessers von 300 auf 250 mm die gleiche Luftleistung wie bei den bisherigen Fächern mit 300 mm Dmr. erzielt. Ein flacher Fuß mit guter Standfestigkeit trägt in seinem Gelenk einen schwenkbaren Arm mit dem Motor. Mittels einer Griffschraube kann der Fächer je nach Wunsch in einer bestimmten Neigung festgestellt werden. Zum Ein- und Ausschalten des Fächers befindet sich auf der Rückseite des Tragarms ein Schalter; der Anschluß selbst erfolgt durch ein fest montiertes Kabel mit Stecker in der bekannten sicheren Flexo-Ausführung. Nach Lösen einer im Fuß angeordneten Anschlagsschraube läßt sich der Tragarm so weit zurückneigen, daß der Fächer auch an der Wand befestigt werden kann. Diese neuen Tischfächer werden wahlweise mit Induktionsmotor für Einphasen-Wechselstrom oder mit Allstrommotor für Gleich- und Wechselstrom mit eingebautem Entstörungskondensator hergestellt.

Durch die Verwendung zweier verschiedener Werkstoffe für die Fächerflügel ergeben sich zwei in ihrem Aufbau an sich gleiche, in ihrem Äußeren jedoch recht unterschiedliche Fächermodelle. Während bei der Type VEB die Fächerflügel in Aluminium poliert hergestellt werden und als Berührungsschutz ein der besonderen Flügelform angepaßter Schutzkorb angebracht ist, wurde als Werkstoff für die Herstellung der Fächerflügel bei der Ventilator-type VEA Weichgummi verwendet. Durch ihre kreisförmige Befestigung an der Flügelkappe erhalten diese Weichgummiflügel die erforderliche Steifigkeit und bringen somit die gleiche Luftleistung wie die Fächer mit den Aluminiumflügeln. Der besondere Vorzug dieser Gummiflügel sind die vollkommene Ungefährlichkeit bei einer ungewollten Berührung und das durch den Fortfall des Schutzkorbes erzielte besonders gefällige Aussehen.

Die Elektrotechnische Fabrik Pötter & Schütze G.m.b.H., Essen-Rellinghausen, stellt neue Modelle von **Kabeltrommeln** mit im Trommelmantel staub- und spritzwasserdicht eingebautem Schleifringkörper her. Der eigentliche Trommelkörper hängt in einem Rohrrahmen (Bild 1). Die Bauart bietet den Vorteil des wesentlich geringeren Werkstoffverbrauchs. Das geringe Gewicht bei zweckentsprechender Konstruktion macht sich besonders vorteilhaft bei den tragbaren Modellen bemerkbar. Diese Trommeln werden heute für Kabelquerschnitte bis rd. 35 mm Außendurchmesser gebaut.

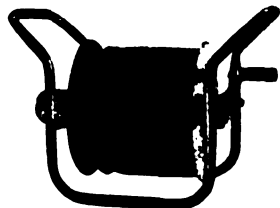


Bild 1. Tragbare Kabeltrommel.

Guido Horn, Berlin-Weißensee, hat besondere **Flechtmaschinen** für das Flechten mit dünnen und dünnsten Drähten entwickelt für alle die Zwecke, für welche die schweren Panzerflechtmaschinen zu groß sind, also besonders für das Abschirmen elektrischer Leiter. Für das Flechten von Schnüren und Leinen verschiedener Stärke stehen Spezialmodelle zur Verfügung.

Außer den Schnellflechtmaschinen werden, allerdings nur in geringerem Umfang, auch Rundwebmaschinen gebaut, besonders für das Umweben der Benzinabfüllschläuche.

Der Gedanke, die Vorteile von künstlicher Kohle für Schleifkontakte bei elektrischen Maschinen auch auf Stromabnehmer-Schleifschuhe bei elektrischen Krananlagen zur Entnahme des Betriebsstromes aus den Fahrleitungen auszunutzen, führte zur Konstruktion des **Schleifschuh-Stromabnehmers** mit auswechselbarem Schleifkohleeinsatz. Die bisherigen Ganzmetall-Schleifschuhe vorwiegend aus Kupferlegierungen waren zwar in elektrischer Hinsicht einwandfrei, sie führten jedoch zu einem sehr großen Verschleiß des Stromabnehmers und vor allen Dingen der Fahrleitungen. Dieser wurde hervorgerufen durch Reibung von Metall gegen Metall. Das dadurch entstehende Aufrauhnen der Fahrleitungen und der Schleifschuhe hatte entsprechend schlechtere Kontaktverhältnisse und Lichtbogenbildungen an den Kontaktstellen zur Folge, was zur weiteren Aufrauhnung der Fahrleitungen, Schmelzperlen- und Riefenbildungen und damit zur weiteren Verschlechterung des Kontaktes führte. Darüber hinaus waren erhöhter Metallverbrauch die Folge bei Verwendung von Metallschleifschuhen.

Grundsätzlich anders liegen die Verhältnisse bei Schleifschuhen aus **Kunstkohle**. Kunstkohle als Schleifkontaktmaterial greift die Fahrleitung fast nicht an, sondern bewirkt ein Glätten und Polieren der Kontaktflächen, außerdem wirkt Kunstkohle selbstschmierend, so daß eine besondere Schmierung von Fahrleitung und Schleifschuh in Wegfall kommt. Durch die glättende Wirkung von Kunstkohle ergibt sich ein satter Großflächenkontakt, wodurch die so sehr gefürchteten Lichtbogenbildungen nicht mehr auftreten können. Der Verschleiß von Fahrleitungen und Schleifschuhen ist bei Kohle — im Gegensatz zu Metallschleifschuhen — gering.

Bei Schleifschuhen mit Kohleeinsatz sind allerdings die Kontaktverhältnisse zwischen Kohleeinsatz und Metallfassung (vor allen Dingen bei Leichtmetallfassung) von großer Wichtigkeit. Es genügt hier nicht in jedem Falle, das Kohleschleifstück einfach durch einige Schrauben zu befestigen, denn die Neigung zur Oxydbildung in der Metallfassung kann unter Umständen zu einem schlechten Kontakt zwischen Schleifstück und Fassung führen. Die in Bild 2 dargestellte Ausführung der Rheinischen Kohlebürstenfabrik Franz Wenzel K.G., Ahrweiler (Rhld.), verhindert infolge der Eigenart der Kon-

struktion diesen Nachteil vollständig. Durch trapezförmigen Kohleeinsatz und ebenfalls trapezförmige Klemmleiste wird ein äußerst großer Kontaktdruck und eine dreiseitige Kontaktauflage des Kohleschleifstückes erreicht. Dies ist vor allen Dingen bei Leichtmetallfassungen von großer Wichtigkeit, da bekanntlich Leichtmetall unter Druckbeanspruchung nachgibt bzw. „fließt“. In das Spannelement eingebaute starke Preß-

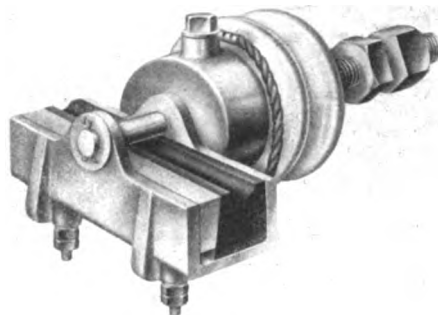


Bild 2. Schleifschuh-Stromabnehmer mit auswechselbarem Schleifkohleeinsatz.

federn in Verbindung mit der trapezförmigen Klemmleiste sorgen für gleichbleibenden Kontaktdruck zwischen Fassung und Kohle.

Die Firma Elektro-Mechanik Heinrich List, Teltow, hat einen **Reihen-Abwurfautomaten** (Bild 3) für Flugzeuge entwickelt. Dieser besitzt ein durch ein elektromagnetisches Schwingankersystem gesteuertes elektrisches Kontaktwerk, das in einstellbaren Zeitabständen Stromstöße auf die Auslösemagnete einer ebenfalls einstellbaren Reihe von elektrischen Bombenschlössern gibt. Mit dem Gerät können Reihenabwürfe bis zu einer Höchstzahl von 24 Auslösungen vorgenommen

werden. Die angeschlossenen Bombenschlösser können während des Fluges mittels des unten befindlichen Wählerarmes zu beliebigen Abwurfreihen zusammengestellt werden. Die Zeitabstände zwischen zwei Auslösungen einer Abwurfreihe sind mittels des links oben befindlichen Einstellknopfes und der darüber befindlichen Zeitskala zwischen 0,1 bis 2 s einstellbar. Der Ablauf des Automaten kann entweder mechanisch von Hand durch Niederdrücken des Aus-

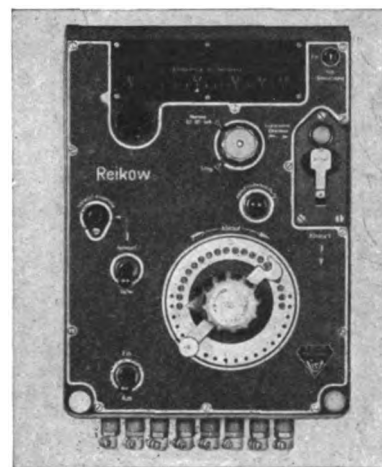


Bild 3. Reihenabwurfautomat.

lösehebels (rechts) oder elektrisch durch eine außerhalb des Automaten befindliche Kontaktvorrichtung (Druckknopfkontakt oder Zielgerät) erfolgen, durch die ein Stromimpuls auf den Auslösemagneten des Automaten gegeben wird. Ein besonderes (nicht abgebildetes) Kontrollgerät mit Schauzeichen zeigt dem Beobachter jeweils den vorhandenen Vorrat an und ermöglicht gleichzeitig eine Kontrolle darüber, ob die Schlösser einwandfrei ausgelöst haben. Die Abmessungen des Reihenabwurfautomaten sind 338 · 225 · 80 mm bei einem Gewicht von 4,9 kg, die des Schauzeichenkastens 257 · 100 · 68 mm bei einem Gewicht von 1,5 kg. Die Nennspannung beträgt 24 V und die Leistungsaufnahme der Anlage im Bereitschaftszustand rd. 15 W, worin außer für die Beleuchtungslampen hauptsächlich der Bedarf für die Schauzeichen enthalten ist, welche im Ruhezustand, also bei beladenen Schlössern unter Spannung stehen. Nach erfolgter Auslösung bis zum Ende des Ablaufes beträgt der Leistungsverbrauch zusätzlich 12 W für den Auslösemagneten sowie sehr kurzzeitig stoßweise rd. 200 W für den Antrieb des Kontaktwerkes.



## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

## Ausschuß für Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat beschlossen, die in nachstehenden VDE-Bestimmungen geforderte Verwendung von Jute durch „Faserstoff“ zu ersetzen:

- VDE 0260/1936 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen“, § 7 a), Tafel V,  
VDE 0260 U/1937 „Umstell-Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern bis 6 kV“, § 7 a), Tafel V,  
VDE 0265/1937 „Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen“, § 7 a), Tafel VI,  
VDE 0265 U/1937 „Umstell-Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen“, § 7 a), Tafel VI,  
VDE 0270 U/VI. 39 „Umstell-Vorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV“, § 12 c).

Diese Änderungen wurden vom Vorsitzenden des VDE im Februar 1940 genehmigt und treten mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

## Fachversammlung

des Fachgebiets „Stromrichter“, Leiter: Dipl.-Ing. Dr. phil. J. v. Issendorf VDE gemeinsam mit dem Fachgebiet „Elektromaschinenbau“, Leiter: Professor Dr.-Ing. M. Kloss VDE.

## Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. E. Kübler VDE, Berlin, am Dienstag, dem 19. März 1940 um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Stromrichterbelastung von Drehstrommaschinen und Drehstromnetzen.“

Eintritt und Kleiderablage frei.

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.

8. März 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Regelung von Stromrichteranlagen“. Vortragender: Dipl.-Ing. H. Schwarz VDE.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

12. März 1940, 18<sup>30</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: „Fernsehtechnik“. „Kathodenstrahlrohren zum Bildempfang“. Vortragender: Dr. Diels.

## VDE Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein.

Der Geschäftsführer  
Burghoff

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Niedersachsen. Hannover.** Arbeitsgemeinschaft der Jungingenieure. 12. 3. (Di), 20<sup>15</sup>, Braunschweig. Stromversorg. AG, Marienstr. 20: „Ursache, Auswirkungen und Beherrschung von Überspannungen in Hochspannungsanlagen“ (m. Lichtb. u. Schmalbildvorf.) Dipl.-Ing. H. Lau.

**VDE Bezirk Nordmark. Kiel.** 8. 3. (Fr), 20<sup>15</sup>, Phys. Inst.: „Elektrische Meßtechnik in Kraft- und Umspannwerken“. Dr.-Ing. Sorge.

**VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund.** 13. 3. (Mi), 20<sup>00</sup>, Staatliche Ingenieurschule, Sonnenstr. 98: „Der Starkstrom-Kondensator und seine Betriebseigenschaften“ (m. Versuchen). Dr.-Ing. habil. P. Werners VDE.

**Fachgruppe Energiewissenschaft. Gauwaltung Wien.** 14. 3. (Do), 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Die drahtlose Fernschaltung“ (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. W. Slawyk VDE.

**Wiener Messe A.G., Wien.** 9. bis 11. März: Wiener Frühjahrsmesse 1940. Die Eröffnungsfeier in der Südhalle des Messengeländes findet am 10. 3. um 10<sup>00</sup> statt.

## BUCHBESPRECHUNG

DK 061.4

Das städtische Messe- und Ausstellungswesen. Von R. Haake, Bürgermeister der Stadt Leipzig. 2. Aufl. Mit VIII u. 88 S. im Format 155 × 230 mm. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart u. Berlin 1940. Preis geh. 4,80 RM.

Das Buch ist eine allgemeine Abhandlung über das Messe- und Ausstellungswesen von der Seite der deutschen Gemeinde, deren ureigenste Aufgabe Messe und Ausstellung sind. Es betrachtet dies Problem im nationalsozialistischen Sinne. Zweck und Ziel einer Messe und Ausstellung werden klar herausgestellt. Heute wird im Ausstellungswesen ein wichtiges Instrument der Propaganda, der Aufklärung und Belehrung gesehen. Der Werberat der deutschen Wirtschaft trägt Sorge für Planmäßigkeit auf dem Gebiet des Ausstellungswesens. Auf die Entwicklung der Leipziger Messe von der Warenmesse zur Mustermesse und Technischen Messe wird besonders eingegangen. Diese ist heute von der nationalsozialistischen Regierung als einzige, allgemeine, internationale Messe im Deutschen Reich ausdrücklich anerkannt. Die Rechtsgestaltung der Messen und Ausstellungen, ihre Organisation, werden eingehend behandelt.

A. Przygode VDE

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes

Dipl.-Ing. F. Berck, Berlin-Wilmersdorf, Laubenhelmer Str. 38.

Ing. H. Geibler VDE, Berlin NO 55, Winsstr. 10.

Dipl.-Ing. J. Gonsior, Berlin N 113, Dänenstr. 4.

Obering. G. Häder, Berlin-Stemensstadt, Rohrlamm 38.

Dipl.-Ing. K. A. Lohausen, Berlin-Oberschöneweide, An der Wuhlheide 38.

Dr.-Ing. H. Lübeck, Berlin-Wilmersdorf, Berliner Str. 160.

Ing. Wilhelm Müller, Mannheim-Käfertal, Kurze Mannheimer Str. 57.

Obering. Dipl.-Ing. H. Neugebauer, Berlin-Spandau, Kaiserstr. 30-32.

Dipl.-Ing. Fr. Parschalk VDE, Mannheim, Meerwiesenstr. 25.

## Abschluß des Heftes: 1. März 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE

G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE

Stellvertretung:

G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 14. März 1940

Heft 11

## Entwicklung der Selbststeuertechnik für Dieselnottstromanlagen

Von Hugo Stößinger VDE, Berlin

DK 621.311.23.078 621.316.717

### Das elektrische Anlassen

**Übersicht.** In zehnjähriger Entwicklung hat die Selbststeuertechnik für Dieselnottstromanlagen alle Stufen von der primitiven Nachahmung des Handbetriebes unter Anwendung vorhandener Elemente bis zur Neubildung eigener Geräte für das physikalisch zweckmäßigste Anlaßverfahren durchgemacht. Dieser Weg wird für das elektrische und das Druckluftanlaßverfahren gezeigt. Weitere Verbesserungen im Sinne einer Anpassung an die Forderungen des Notstrombetriebes könnten von einer entsprechenden konstruktiven Arbeit des Maschinenbauers am Dieselmotor selbst erwartet werden.

Vor zehn Jahren wurde in einem Berliner Großbetrieb erstmalig der Versuch unternommen, die Sicherstellung der Versorgung wichtigster Verbraucher (Notbeleuchtung, Feuerlöschpumpen u. dgl.) durch einen bei Ausbleiben der Regelversorgung selbsttätig anlaufenden Dieselnottstromsatz zu erreichen (Bild 1). Der Ansatz war dabei

Verständlicherweise setzte die Selbststeuertechnik zunächst bei einer Anlaßart an, bei der schon seit längerer Zeit eine enge Verbindung zwischen Maschinenbau und Elektrotechnik bestand, nämlich beim elektrischen Anlassen mit Hilfe eines Anlassermotors von einer Hilfsbatterie aus. Hier hatten sich schon vom Kraftfahrzeugbau her im Laufe der Jahre geeignete Anlassermotoren zum Hochfahren der Diesel, geeignete Batterien für die großen Anlaßströme und geeignete Lichtmaschinen zum Aufladen dieser Batterien beim Lauf des Diesels entwickelt. Es mußten nur diese schon vorhandenen Elemente noch richtig in den Selbststeuervorgang eingeordnet werden, d. h. es mußte dafür gesorgt werden, daß der Anlassermotor beim Ausbleiben der Regelversorgungsspannung von einem Netzwächterrelais den Anlaßbefehl erhält und daß dieser Befehl rechtzeitig nach Hochlaufen und Zünden des Dieselmotors wieder fortgenommen wird.

Es entbehrt nicht eines Reizes, zu verfolgen, wie auch hier die Selbststeuertechnik zunächst den primitiven Weg der Aneinanderreihung einzelner Vorgänge über elektrische Zwischenglieder vorhandener Konstruktionen in Nachahmung der Vorgänge bei Handbedienung gegangen ist, um beim späteren feineren Eindringen in die vorliegenden physikalischen Vorgänge und die zu erfüllenden Forderungen sowohl die Antriebsmaschinen selbst als auch die Steuergeräte immer vollkommener diesen Forderungen anzupassen, ja sogar vielfach Wege zu finden, die Vereinfachungen durch Fortlassen entbehrlicher Zwischenglieder ermöglichen.

Ein Beispiel möge den Weg veranschaulichen. Bekanntlich muß beim elektrischen Anlassen damit gerechnet werden, daß der Anlassermotor zuweilen nach gegebenem Anlaßbefehl nicht einspurt, sondern mit der Stirn des Ritzelrades gegen die Stirn des Spurkranzes schlägt und dabei festbremst. Diese mögliche Störung mußte im Selbststeuervorgang berücksichtigt werden. Man half sich zunächst damit, daß man etwa 10 s nach gegebenem Anlaßbefehl prüfte, ob die Zünddrehzahl erreicht war. Bei negativem Ergebnis der Prüfung wurde der Anlaßbefehl unterbrochen und nach kurzer Pause wiederholt. Dies bedeutete dann eine erhebliche Verlängerung der Stromunterbrechungspause bei den Verbrauchern. Eine genauere Untersuchung dieses Vorganges zeigte die Möglichkeit, durch Messen des Anlasserstromes festzustellen, ob ein Einspuren erfolgt ist oder nicht. Bei den fast ausschließlich verwendeten Bosch-Anlassern erfolgt nämlich das Einschalten des Hauptstromes mechanisch durch den einrückenden Anker des Anlassermotors.

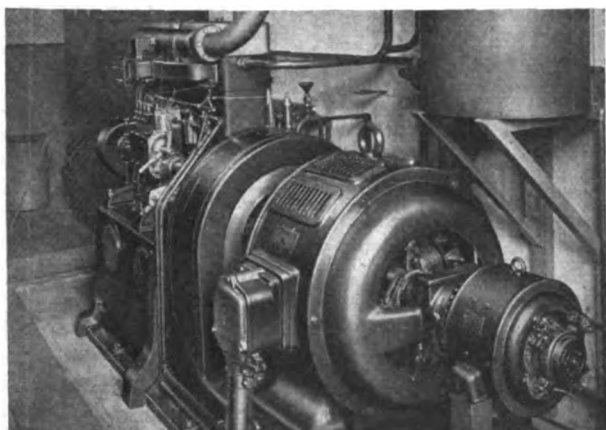


Bild 1. Erster selbstgesteuerter Dieselnottstromsatz (Drehstromgenerator 60 kVA, 380/220 V, 50 Hz, 750 U/min).

so glücklich getroffen, daß die Anlage unverändert bis zum heutigen Tage ihren Dienst tut und in zahlreichen Einsätzen die Richtigkeit des beschrittenen Weges hat beweisen können. Im Laufe der Zeit hat sich aus diesem ersten Versuch ein selbständiger Zweig der Selbststeuertechnik entwickelt, der in vielen Anwendungen sowohl bezüglich der verwendeten Geräte als auch der gewählten Steuerungsart eine gewisse Reife erlangt hat. Es liegt nahe, nach Abschluß des ersten Jahrzehntes dieser Technik das Erstrebe und das auf diesem Wege Erreichte zusammenzufassen.

Ein Stromrelais im Stromkreis des Anlassermotors kann somit unmittelbar nach der Befehls-gabe feststellen, ob ein Einspuren erfolgt ist. Notfalls kann der Befehl sofort zurückgenommen und wiederholt werden. Dadurch wird wertvolle Zeit im Anlaßvorgang eingespart. Nachdem so schaltungstechnisch das Beste bei den gegebenen Elementen herausgearbeitet war, setzte die Frage der weiteren Entwicklung bei diesen Elementen selbst an: Läßt sich die ganze Einrichtung dadurch vereinfachen, daß Mittel und Wege gefunden werden, das Einspuren überhaupt zu umgehen? Bei kleineren Diesel-

zurückgegriffen werden. Im Handbetrieb erfolgt das Anlassen größerer Dieselmotoren in stationären oder Schiffsanlagen gewöhnlich durch Öffnen eines Ventiles am Druckluftvorratsbehälter (Stahlflasche) mit Hilfe eines Handrades. Hier mußte also ein neues Element in Form eines elektromagnetischen Druckluftventiles für 30 atü geschaffen werden. Vorbilder hierfür waren von den elektromagnetischen Ventilen für Schalterdruckluftsteuerung mit 4 bis 5 atü vorhanden. Das neue Gerät konnte somit durch Weiterentwicklung bestehender Konstruktionen gewonnen werden.

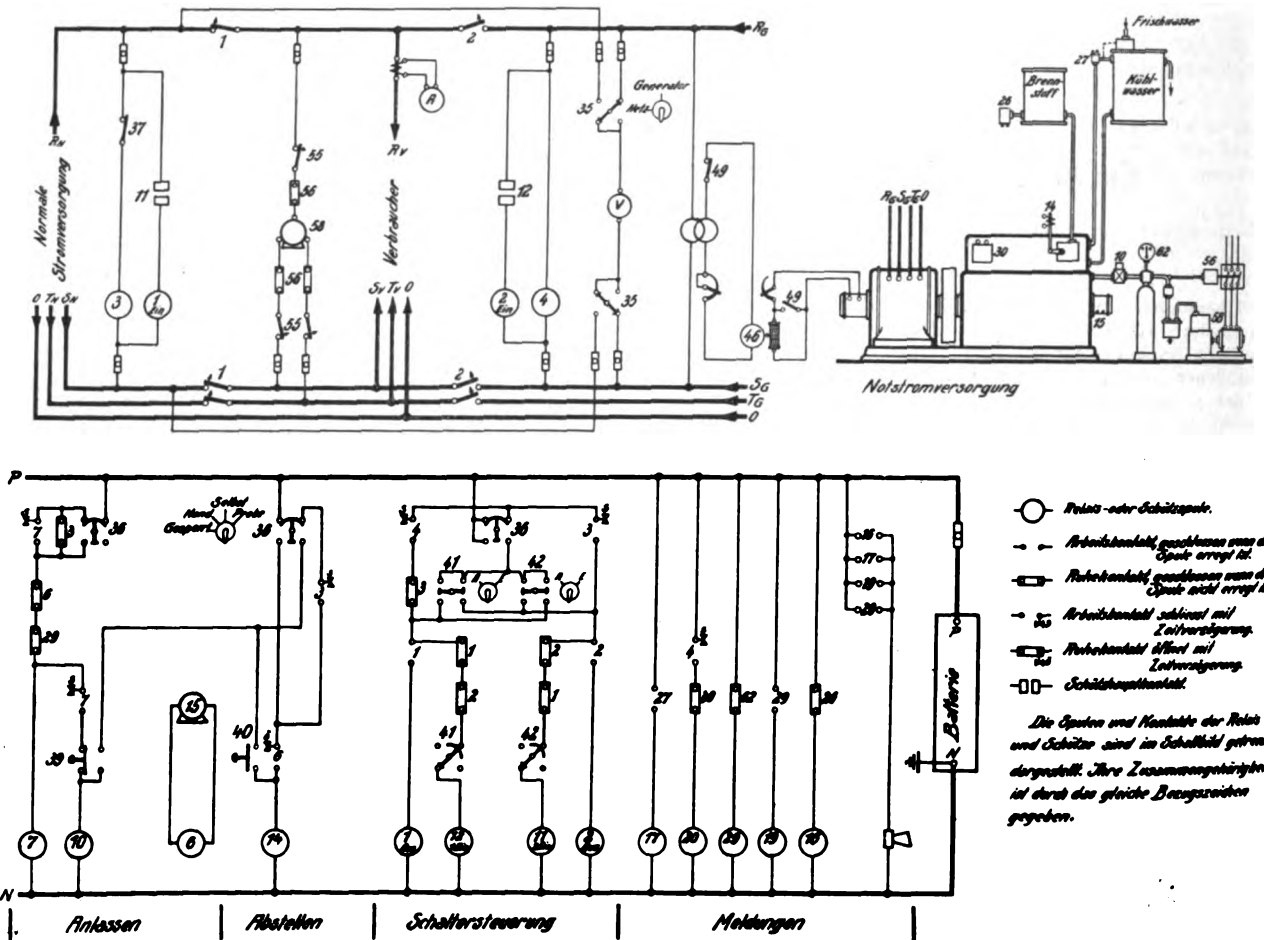


Bild 2. Stromlaufbild einer Notstromselbststeuerung nach dem Druckluftanlaßverfahren.

motoren ist es in der Tat möglich, Anlassermotoren zu verwenden, die fest mit der Dieselmotorwelle gekuppelt sind und im Betrieb als Lichtmaschinen mitlaufen. Apparativ hat dieser Schritt zur Folge, daß die Steuerung durch Fortfall einer Überwachungseinrichtung für den Einspurvorgang und einer Einrichtung zur Befehls-wiederholung bei schlechtem Einspuren ganz wesentlich entlastet werden kann.

**Das Druckluftanlaßverfahren**

Beim elektrischen Anlaßverfahren ist dem Leistungsbereich der Dieselnotsatzes durch die Größe der Anlassermotoren und der Anlaßbatterie eine obere Grenze gesetzt, die etwa bei 100 PS liegt. Da es sich schon bald zeigte, daß auch für Dieselnotsatzes größerer Leistung ein Bedarf vorlag, mußte auch für das Druckluftanlaßverfahren (mit 30 atü), das bei den großen Maschinensätzen üblich ist, eine Selbststeuerung entwickelt werden. Im Gegensatz zu dem elektrischen Anlaßverfahren von der Batterie aus konnte beim Druckluftanlaßverfahren nicht auf fertige elektrisch-mechanische Zwischenglieder

Die erste Anlage mit einem nach dem Druckluftanlaßverfahren selbstgesteuerten Dieselnotsatz wurde im Jahre 1933 erstellt und führte zu einem vollen Erfolg. Es gelang mit diesem Verfahren, die Gesamtanlaßzeit gegenüber dem elektrischen Anlaßverfahren auf etwa die Hälfte (6 bis 8 s) zu verringern, was zum Teil auf die verhältnismäßig geringen Schwungmassen bei den größeren vielzylindrigen Dieselmotoren, zum Teil auf die kräftigere Energiequelle für den Hochfahrvorgang zurückzuführen ist.

Bei den druckluftangelassenen Maschinensätzen muß zur erfolgreichen Durchführung des Noteinsatzes mit der jederzeitigen Bereitschaft der beiden Energiequellen, der Druckluftenergie für das Anlassen und der elektrischen Energie der Hilfsbatterie für die Durchführung der Steuervorgänge, gerechnet werden können. Die Druckluftbereitschaft wird durch einen eigenen vom Luftdruck im Vorratsbehälter selbsttätig gesteuerten Luftverdichtersatz gesichert. Die Bereitschaft der Batterie wird durch selbstregelnde Dauerladung über einen Gleichrichter vom Netz aus aufrechterhalten. Immerhin erfordert auch hierbei die Batterie eine gewisse Wartung (Nachfüllen des

verdunsteten und vergastem Wassers, Säuredichteprüfung). Es war daher ein glücklicher Gedanke, die Gleichstrom-zwischensteuerung im Anlaßvorgang durch eine mechanische Kupplung zwischen Netzspannungswächter und Druckluftanlaßventil zu ersetzen und dadurch die Batterie unnötig zu machen. Die außerhalb des Anlaßvorganges selbst erforderlichen Steuerungen und Schaltungen können mit der Netz- bzw.

Notstromenergie ausgeführt werden, Bild 2. Bei Ausbleiben der Netzspannung fällt Netz-wächterrelais 3 ab und veranlaßt über Anlaufbefehlsrelais 7 das Öffnen des elektromagnetischen Druckluftventils 10. Bei erreichter Zünd-drehzahl erhält Drehzahlwächterrelais 6 von der Drehzahldynamo 15 Spannung und unterbricht den Anlaufbefehl. Sobald der Notstromgenerator sich erregt hat, zieht das Generatorwächterrelais 4 an, wodurch Netzschalter 1 ausgelöst und Generatorschalter 2 geschlossen wird. Nach Wiederkehr der Netzspannung ver-

anlaßt Netzwächterrelais 3 Rückschaltung der Verbraucher auf das Netz und Stillsetzen des Notstromsatzes. Der Druckluftvorrat zum Anlassen wird selbsttätig über den Luftverdichtersatz 58 durch einen Druckluftwächter 56 aufrechterhalten. Die Batterie wird also hierbei erspart. Ein mit dieser Steuereinrichtung versehener Diesel-Notstromsatz ist in Bild 3 zu sehen.

Die Sicherheit der Brennstoffzündung im Anlauf auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen erforderte im Selbststeuervorgang in vielen Fällen besondere Maßnahmen. Während bei den größeren Maschinen diese Sicherheit schon konstruktiv gegeben ist, müssen bei den kleineren Einheiten meist Anlaßhilfen eingesetzt werden. Das Abtrennen von Luntten im Verbrennungsraum, wie es bei handgesteuerten Maschinensätzen üblich ist, scheidet für den Selbststeuervorgang aus naheliegenden Gründen aus. Mit Erfolg wurden bisher bei Selbststeuerungen folgende Anlaßhilfen angewendet:

1. Dauernde Vorwärmung des Diesels mit Warmwasser schon im Bereitschaftszustand,
2. Vorwärmung des Verbrennungsraumes im Anlaufvorgang oder schon im Bereitschaftszustand durch Glühkerzen (im Anlaufzustand aus der Batterie, im Bereitschaftszustand aus dem Netz),
3. zusätzliches Einspritzen von leicht entzündbarem Brennstoff beim Anlaufvorgang,
4. Anfahren und damit Vorwärmen als Benzinmotor mit anschließendem Umsteuern auf Dieselmotoren.

Wenn auch die Steuerverfahren für diese Anlaßhilfen zu großer Vollkommenheit durchgebildet sind, so bleibt als Ziel für eine weitere Verbesserung und als Aufgabe für den Maschinenbau die konstruktive Durchbildung auch der kleineren Dieselmotoren in der Richtung einer Unabhängigkeit von jeglichen Anlaßhilfen.

Bezüglich der Lastübernahme nach erfolgtem Anlauf sind wiederum die kleineren Einheiten den größeren überlegen. Bei Dieselmotoren bis zu etwa 1000 PS kann man im allgemeinen bedenkenlos im Anschluß an den erfolgten Anlauf die volle Last aufschalten. Bei den größeren Motoren ist jedoch eine langsamere Lastübernahme erwünscht, um ungleichmäßige Erwärmungen der großen Massen und damit gefährliche Materialspannungen zu vermeiden. Vielfach hilft man sich hier durch dauernden Heizen des Dieselmotors mit Warmwasser schon im Bereitschaftszustand. Dann kann die Lastübernahme im Einsatzfall schnell erfolgen. Auch hier dürfte die Entwicklung auf Seiten des Maschinenbaues noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden.

Über die Fragen der Einordnung der Dieselnotstromsätze in die Verbraucher-netze und über die Anforderungen an den Stromerzeuger in diesen Betrieben wurde bereits an anderer Stelle berichtet<sup>1)</sup>. Dieselnotstromsätze sind inzwischen in vielen Hunderten von Anlagen eingebaut und mit gutem Erfolg in Tätigkeit getreten (Bild 4). Die alte Streitfrage der wirtschaftlicheren zentralisierten oder der unabhängige-

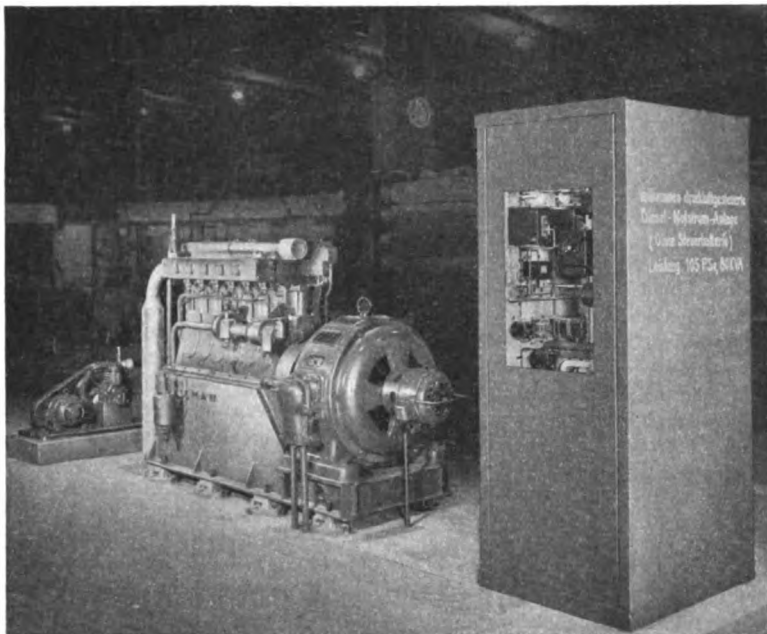


Bild 3. Batterieloser druckluftangellener Dieselnotstromsatz (Drehstromgenerator 80 kVA, 380/220 V, 50 Hz, 1500 U/min).

ren und damit sichereren dezentralisierten Stromerzeugung erscheint durch die Notstrom-Selbststeuertechnik in einem neuen Licht. Durch Aufstellen von Dieselnotstromsätzen ist es möglich, die wichtigsten Verbraucher des Betriebes so zu sichern, daß im übrigen alle Vorteile der zentralisierten Stromerzeugung für die Anlage nutzbar gemacht werden können. Darin ist wohl letztlich der Grund für die außerordentlich schnelle Verbreitung dieser neuen Selbststeuertechnik zu suchen.

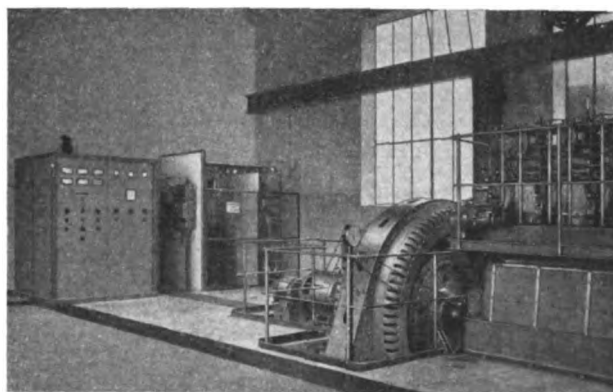


Bild 4. Größerer Dieselnotstromsatz in einem Industriebetrieb (Drehstromgenerator 700 kVA, 3150 V, 50 Hz, 428 U/min).

ren und damit sichereren dezentralisierten Stromerzeugung erscheint durch die Notstrom-Selbststeuertechnik in einem neuen Licht. Durch Aufstellen von Dieselnotstromsätzen ist es möglich, die wichtigsten Verbraucher des Betriebes so zu sichern, daß im übrigen alle Vorteile der zentralisierten Stromerzeugung für die Anlage nutzbar gemacht werden können. Darin ist wohl letztlich der Grund für die außerordentlich schnelle Verbreitung dieser neuen Selbststeuertechnik zu suchen.

<sup>1)</sup> Stöbinger, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 160.

## Gesichtspunkte für Auswahl und Betrieb von Gleichrichtern

Von Herbert Mutschke, Berlin

**Übersicht.** Es werden die Anwendungsgebiete der wichtigsten Gleichrichterarten beschrieben und der Einfluß der Betriebsart unter besonderer Berücksichtigung der Stoßlast erörtert.

In Anlagen zur Gleichstromversorgung sind in den letzten Jahren die maschinellen Umformersätze in beachtlichem Umfang zugunsten der Gleichrichter verdrängt worden. Es ist dies neben der Tatsache, daß Gleichrichter in der Handhabung einfacher und in der Wartung anspruchsloser sind, vor allem wohl darauf zurückzuführen, daß die Entwicklung der Trockengleichrichter im besonderen erst in neuerer Zeit einen Stand erreicht hat, der ihre Anwendung neben den anderen Gleichrichtern als vollwertig rechtfertigt.

### Anwendungsgebiete der wichtigsten Gleichrichterarten

Die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Gleichrichterarten sind abhängig von der Größe der erforderlichen Ströme und von der Höhe der benötigten Spannung. Es ergibt sich bei der in Bild 1 dargestellten Übersicht, daß sich die drei einzusetzenden Gleichrichterarten in ihren Anwendungsgebieten überschneiden.

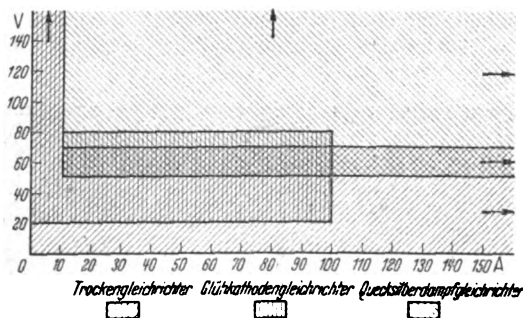


Bild 1. Einsatzgebiete von Trocken-, Glühkathoden- und Quecksilberdampf-Gleichrichtern.

Bei starker Belastung verschiebt sich die Grenze wegen des höheren Wirkungsgrades des Trockengleichrichters nach der höheren Spannung hin, während bei schwächerem Betrieb die Grenze mit Rücksicht auf den kleineren Anschaffungspreis des Quecksilberdampfgleichrichters zu den niedrigen Spannungen hinrückt. Die Grenzen des Glühkathodengleichrichters sind stark von den Bedingungen des Einzelfalls abhängig; weil er mehr der jeweiligen Leistung angepaßt werden kann und sein Aufbau u. U. einfacher ist, gehen seine Leistungsgrenzen weiter herunter als die des Quecksilberdampfgleichrichters.

Die Grenzen des Glühkathodengleichrichters sind bei hoher Leistung durch die Herstellungsschwierigkeiten und durch die geringere Lebensdauer gegeben. Bei Spannungen über 20 V und geringen Strömen liegt sein Hauptanwendungsgebiet, wie er überhaupt nur für schwachen Betrieb eingesetzt werden sollte, da seine Lebensdauer bei Dauerbetrieb gegenüber dem Trocken-

gleichrichter bedeutend geringer ist. Durch seinen niederen Anschaffungspreis ist der Glühkathodengleichrichter bei hoher Spannung und kleinen Strömen meist wirtschaftlicher als der Trockengleichrichter, aber hier entscheidet neben der Lebensdauer vor allem die bessere Betriebsgüte des Trockengleichrichters, der im Gegensatz zur Glühkathodenröhre nie unvermutet ausfallen wird.

Maschinelle Umformer werden heute häufig noch bei niedrigen Spannungen und hohen Strömen eingesetzt, obwohl für die Verwendung von Trockengleichrichtern eine ganze Anzahl Gründe aufzuführen sind. Der Wirkungsgrad ist bei jeder Belastung günstiger, ganz besonders aber bei geringer Belastung, die Aufbaukosten sind niedriger, da kein Fundament erforderlich ist. Ein besonderer Raum braucht bei Trockengleichrichtern ebenfalls nicht bereitgestellt zu werden, vor allen Dingen ist aber die Betriebssicherheit der Trockengleichrichter wesentlich größer, weil bei ihnen keine bewegten Teile vorhanden sind. Die sonst übliche Bereitstellung einer Ersatzstromquelle gleicher Leistung kann durch entsprechende mehrfache Unterteilung des Trockengleichrichters eingespart werden, die bei einem normalerweise nicht zu erwartenden Ausfall den Betrieb mit geringer Leistung aufrechtzuerhalten gestattet. Diese Aufteilung der Gleichrichteranlagen in wenige genormte Einheiten macht sie aber viel beweglicher als Maschinenanlagen; sie läßt Erweiterungen und die Auswechslung von Einheiten ohne Schwierigkeiten zu.

### Einfluß der Betriebsart auf die Wahl der Gleichrichterart

Bei den in Bild 1 aufgestellten Einsatzgrenzen ist die Art des Betriebs unberücksichtigt geblieben; die Grenzen werden aber im wesentlichen ihre Gültigkeit behalten, besonders dann, wenn es sich um die Verwendung der Gleichrichter für eine ruhige, gleichbleibende Belastungsart handelt, wie sie beispielsweise beim Laden von Akkumulatoren oder bei der Elektrolyse auftritt. In der Praxis treten aber viele Fälle auf, die den Gleichrichter auf Stoßlast beanspruchen, bei denen die Belastung stetig zwischen Vollast und Leerlauf schwankt. Denkt man beispielsweise an die Speisung von Magnetsystemen oder Gleichstrommotoren zur einfachen Drehzahländerung, also die Stromversorgung vorwiegend oder ausschließlich induktiver Verbraucher, so hat man eine starke Stoßbelastung des Gleichrichters, zu der außerdem noch Abschaltspannungen und ihre Einwirkung auf den Gleichrichter kommen.

#### a. Verhalten von Maschinenumformern

Unter diesen Bedingungen muß der Wahl der Gleichrichterart und seiner Ausführung besondere Beachtung geschenkt werden, da sich die einzelnen Geräte ganz verschieden verhalten. Hierbei bieten umlaufende Umformer keine Schwierigkeiten, da die bei ihnen übliche starke Isolation der Wicklungen die Abschaltspannungen, die bewegte Masse aber die Belastungsstöße weitgehend aufnimmt, während dem bei Stoßlast auftretenden Spannungsrückgang durch Anwendung der Compoundierung begegnet werden kann.

### b. Verhalten von Trockengleichrichtern

Für die Gleichstromversorgung kleiner Verbraucher fällt die Wahl meistens auf einen Trockengleichrichter. Die Lebensdauer dieser Gleichrichter ist praktisch unbegrenzt, wenn man darauf achtet, daß die Belastung und damit die zulässige Erwärmung der Gleichrichterzellen die vorgeschriebenen Grenzen nicht überschreitet. Da jedoch Stoßlast in der Regel Leerzeiten mit sich bringt, in denen der Gleichrichter wenig oder gar nicht beansprucht wird, kann die tatsächliche Belastung bis zu 100 % über der Nennlast liegen, ohne daß sich Schwierigkeiten hinsichtlich der Erwärmung ergeben.

Kritisch für den Trockengleichrichter ist die Frage der Abschaltspannung, die das Gleichrichterelement in Sperrichtung beansprucht und deshalb die Gefahr eines Durchschlags mit sich bringt. Versuche in dieser Richtung

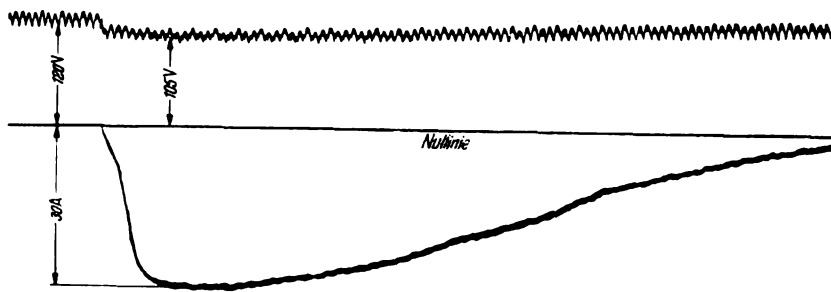


Bild 2a. Strom- und Spannungsverlauf vor der Belastungsprüfung.

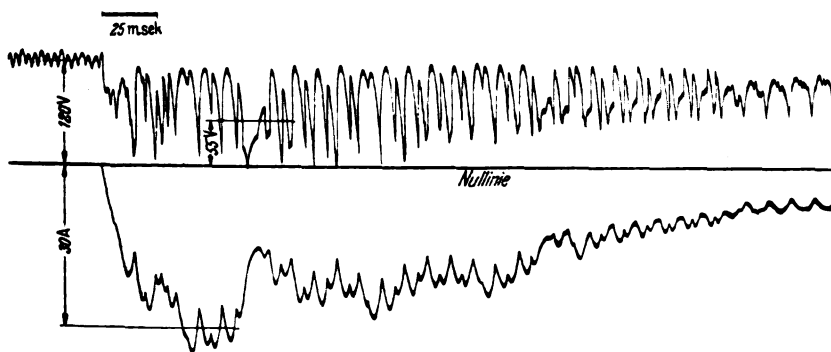


Bild 2b. Strom- und Spannungsverlauf nach 20 000 Belastungsstößen.

haben gezeigt, daß die beiden handelsüblichen Trockengleichrichterarten sich verschieden gegen den Einfluß der Abschaltspannung verhalten. Während der Kupferoxydgleichrichter nach einem Durchschlag unbrauchbar wird, bleibt beim Selengleichrichter im allgemeinen die Betriebsfähigkeit erhalten, wenn die Spannung, die normalerweise in Sperrichtung an der einzelnen Zelle liegt, unter der zulässigen Grenze bleibt. Bei einem solchen Durchschlag brennt die Halbleiterschicht samt der darauf sitzenden Gegenelektrode explosivartig heraus, und am Rande der so entstehenden kleinen Vertiefung bildet die angrenzende Schicht einen Wulst, der die aufgedrückte Abnahmeelektrode an dieser Stelle ein wenig abhebt. Außerdem wird aber die Selenschicht thermisch in eine nichtleitende glasige Modifikation umgewandelt und schützt sich somit selbsttätig vor einer weiteren Zerstörung.

### c. Verhalten von Glühkathodengleichrichtern

Als Gleichstromerzeuger größerer Leistung findet man häufig den Glühkathodengleichrichter, weil sein Anschaffungspreis mit Rücksicht auf die bessere Anpas-

sungsmöglichkeit an den jeweiligen Einzelfall in der Regel niedriger als bei den anderen Gleichrichtern liegt. Sein Hauptanwendungsgebiet stellt das Laden von Akkumulatoren dar. Wird er an anderen Stellen für die Speisung von Verbrauchern eingesetzt, so ist neben dem niedrigen Anschaffungspreis vor allem die Tatsache ausschlaggebend, daß man mit ihm auf wirtschaftliche Weise einen gleichgerichteten Strom sechsphasiger Welligkeit erzeugen kann. Es muß allerdings betont werden, daß durch die Verwendung der Glühkathodenröhre als Gleichrichterelement die Lebensdauer des Gleichrichters im Gegensatz zu den anderen Bauarten geringer ist, besonders dann natürlich, wenn ein Stoßbetrieb bei induktiver Last zu erwarten ist.

Bei den vorliegenden niedrigen Spannungen bis etwa 100 V muß ein Röhrengleichrichter in der stromdurchlässigen Richtung einen geringen Spannungsabfall haben, wenn er mit anderen Umformern in Wettbewerb treten soll. Man verwendet deshalb für diesen Zweck keine Elektronenröhren mit Hochvakuum, die einen Spannungsabfall von mehreren Hundert Volt haben, sondern Glühkathodenröhren mit einer Edelgasfüllung. Eine solche Füllung, beispielsweise mit Argon, setzt den Spannungsabfall auf 8 bis 12 V herab; sie vermindert allerdings auch die Fähigkeit, hohe Spannungen in der Sperrichtung auszuhalten, was im Hinblick auf die möglichen Abschaltspannungen wenig günstig ist.

Mit Rücksicht auf die Stoßbelastung verdienen die Kathoden der Gleichrichterröhren besondere Beachtung. Während bei Hochvakuumröhren der Anodenstrom eine stetige Funktion der Anodenspannung ist, steigt bei der Glühkathodenröhre mit Gasfüllung der Anodenstrom nach Erreichen der Zündspannung plötzlich auf den durch die äußeren Widerstände bestimmten Wert an. Bei Belastungsstößen wird in einem solchen Augenblick die Stromanforderung besonders hoch sein. Weil sich der Anodenstrom dabei der Gesamtemission der Kathode nähert, herrscht in der Röhre ein Elektro-

nemangel; die Kathode wird also durch die positiven Ionen beansprucht und der Glühfaden langsam zerstäubt. Diese Erscheinung, die äußerlich durch punktförmig auftretende Lichtbogen an der Kathode zu beobachten ist, bestimmt die Lebensdauer eines gasgefüllten Gleichrichters.

Bild 2a und b zeigen das Strom- und Spannungsoszillogramm eines 4 kW-Glühkathoden-Gleichrichters mit direkt geheizten Röhren bei 120 V Gleichspannung vor und nach einer Versuchsreihe mit rd. 20 000 Motoranläufen mit Stromspitzen von 30 A. An der schlechten Form und dem starken Absinken der Gleichspannung in Bild 2 b ist deutlich die Wirkung der zerstörten Kathoden zu erkennen.

Dieser Zerstörung der Kathoden kann man wirksam durch die Verwendung indirekt geheizter Röhren begegnen, bei denen die emittierende Oberfläche von dem Heizkreis durch einen Isolator elektrisch vollkommen getrennt ist, so daß Rückwirkungen des Anodenstromes auf die Kathode keinen Einfluß haben. Zur Dämpfung starker Belastungsstöße ist das Einschalten einer Kathodendrossel zweckmäßig, die jedoch zur Vermeidung eines zusätzlichen Spannungsabfalles möglichst klein gehalten werden soll. Den Schutz gegen Abschaltspannungen erreicht man in genügendem Maße durch Anwendung von Kondensatoren.

d. Verhalten von Quecksilberdampfgleichrichtern

Von einer erfreulichen Robustheit im Betrieb sind die Quecksilberdampfgleichrichter, die Belastungsstöße ohne Schwierigkeiten verarbeiten, von einer guten Spannungsfestigkeit sind und gegen Überspannungen, wie sie durch die Abschaltung induktiver Verbraucher auftreten können, völlig unempfindlich bleiben. Bei ihnen ist zu beachten, daß sie mit Rücksicht auf das Verlöschen des Lichtbogens bei Leerlauf mit einer festen Grundlast betrieben werden oder eine andere ähnliche Einrichtung, wie Hilfsanoden, besitzen müssen. Wird der Quecksilberdampfgleichrichter, wie dies bei Stoßlast zu erwarten ist, längere Zeit mit geringen Strömen betrieben, so können Zündschwierigkeiten, bei Kolben mit Edelgasfüllung durch Änderung in der Zusammensetzung der Kolbenfüllung Ausfälle eintreten, die sich aber bei solchen besonders gelagerten Fällen von vornherein durch Wahl eines kleineren Kolbens mit höher abgeschmolzenen Zuführungen vermeiden lassen.

Zusammenfassung

Der Betrieb von Gleichrichtern setzt also die Beachtung einer Reihe besonderer Vorkehrungen voraus, wenn nicht der durch die Verwendung von Gleichrichtern erhaltene Vorteil durch einen instabilen Betrieb wieder aufgehoben werden soll. Dies ist aber mit Sicherheit zu erreichen, wenn man den bei Stoßlast eintretenden besonderen Bedingungen durch die vorerwähnten Maßnahmen begegnet.

Umstell-Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial

VDE 0605 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 1. April 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Diese Umstell-Vorschriften haben den gleichen Wortlaut wie VDE 0605/VI. 39 „Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen“ mit Ausnahme der nachstehenden abweichenden Fassung der §§ 1 und 7:

§ 1

Geltungsbeginn

a) Diese Umstell-Vorschriften gelten für Installationsrohre, die nach dem ..... hergestellt werden<sup>1)</sup>.

§ 7

Rostschutz

a) Stahlrohre mit und ohne Auskleidung sowie Stahlmünten von Falzrohren müssen auf der Außenseite einen rost-schützenden Überzug haben, z. B. durch Blei, Aluminium, Lack oder dgl.

b) Um Fehler oder mechanische Verletzungen des rost-schützenden Überzuges festzustellen, müssen Rohrstücke gründlich entfettet und deren Schnittflächen paraffiniert werden. Die Rohrstücke werden mehrfach in weißes Fließpapier gewickelt, das in ein frisch hergestelltes Gemisch von 3 Teilen 1%iger Lösung von rotem Blutlaugensalz in Wasser und einem Teil 1%iger Lösung Ammoniumpersulfat in Wasser getaucht wurde. Zulässige Blaufärbung bei einer Prüfdauer von 5 min bis Rostgrad R 2 nach DIN DVM 3210 (Anstrichfarben).

<sup>1)</sup> Genehmigt durch .....

Normen für Installationsrohr

VDE-Ausschuß für Installationsmaterial

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

DK 621.315.67

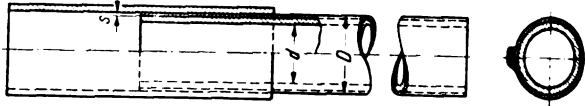
März 1940

**Installationsrohr**  
**Pb-Falzrohr**  
mit Mantel aus verbleitem Stahlblech  
Elektrotechnik

**DIN**  
Entwurf 1  
VDE 9026 U

Maße in mm

**Rohr**



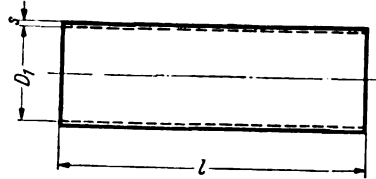
Bezeichnung eines Pb-Falzrohres<sup>1)</sup> von Innendurchmesser  $d = 10$  mm und Außendurchmesser  $D = 21,2$  mm:

**Pb-Falzrohr 16/21,2 VDE 9026 U**

1	2 3		4 5		6 7		8
	Innendmr.	Innen-durchmesser	Außen-durchmesser		Mantel Blechdicke ohne Schutzauflage	Muffe	
Äußendmr.	$d$	zul. Abw.	$D$	zul. Abw.	$s$	zul. Abw.	
7/11	7	+ 0,5	11		0,11		11
9/13	9		13		0,11	± 0,01	13
11/15,8	11		15,8		0,12		15,8
13,5/18,7	13,5		18,7	± 0,2	0,12		18,7
16/21,2	16		21,2		0,14		21,2
23/28,5	23	+ 1	28,5		0,16		28,5
29/34,5	29		34,5		0,18	± 0,02	34,5
36/42,5	36		42,5	± 0,4	0,20		42,5
48/54,5	48		54,5		0,22		54,5

Übliche Lieferlänge etwa 3 m

**Muffe**



Bezeichnung einer Muffe Größe 21,2 für Pb-Falzrohr 16/21,2:

**Muffe 21,2 VDE 9026 U**

9	10 11		12 13		14
	Größe = Rohr-äußendmr.	Innendurchmesser $D_1$	Blechdicke ohne Schutzauflage $s$	zul. Abw.	
11	11,3		0,13		40
13	13,3		0,13	± 0,01	40
15,8	16,1		0,15		50
18,7	19	± 0,2	0,15		50
21,2	21,5		0,18		60
28,5	29		0,20		60
34,5	35		0,22	± 0,02	70
42,5	43	± 0,4	0,24		70
54,5	55		0,26		80

<sup>1)</sup> Handelsüblich werden Pb-Falzrohre mit einer aufgebrachtten Muffe geliefert.

Werkstoff: Mantel und Muffe: Stahl, verbleit, Schutzauflage auf der Außenseite Blei  
Auskleidung: Papier getränkt  
Ausführung und Prüfung nach VDE 0605 U „Umstell-Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen“  
Verlegung siehe DIN VDE .....  
Zuordnung der Leitungen zu den Rohrweiten siehe DIN VDE 9048 und 9049

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

## AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

### Spezialisierung, Typung und Normung im Elektromotorenbau

Von Richard Schiz VDE, Essen

DK 621.313.13(083.74) : 658.516.001.8

**Übersicht.** Die Notwendigkeit einer weitgehenden Spezialisierung, Typung und Normung ist für viele Erzeugnisse längst erkannt, und die größtenteils erfolgreichen Bemühungen auf diesem Gebiet haben sich überaus segensreich ausgewirkt. In dem Aufsatz wird dargelegt, wie die diesbezüglichen Verhältnisse im Elektromotorenbau heute liegen und wie dringend einschneidende Maßnahmen erforderlich sind, um die aus der Vielzahl von Typen für die Praxis sich ergebenden Mißstände einzuschränken bzw. zu beheben.

#### Entwicklung und Wege der Rationalisierung und Normung

Die Rationalisierung in der Erzeugung wurde bereits vor Jahren lebhaft erörtert und konnte damals unter dem Druck der Verhältnisse bzw. als Folge des Konkurrenzkampfes vereinzelte Ergebnisse und Fortschritte zeitigen. Unter der heutigen Staatsführung gewann die Durchführung derartiger Maßnahmen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und Schlagkraft der Wirtschaft an Bedeutung. Rationalisierung ist also vorwiegend ein wirtschaftliches Problem.

Drei Begriffe sind es nun, die in erster Linie die Aufgabenstellung der Rationalisierung umreißen: Spezialisierung, Typung und Normung<sup>1)</sup>. Während die Spezialisierung, d.h. die Beschränkung der Vielfältigkeit der Erzeugnisse, überwiegend für den Hersteller von Vorteil ist, kommt eine Typenbegrenzung sowohl dem Hersteller als auch dem Verbraucher zugute. Die Normung hingegen liegt fast ausschließlich im Interesse des Verbrauchers und legt dem Hersteller vielfach sogar Beschränkungen in seiner konstruktiven Freiheit auf, obwohl andererseits auch der Hersteller durch Verwenden genormter Teile Arbeit spart.

Leider ist nun eine Spezialisierung im Elektromotorenbau bei unserer Elektroindustrie nicht anzutreffen; Wechsel-, Drehstrom- und Gleichstrommotoren jeglicher Leistung in den verschiedenen Schutzarten und Bauformen werden gleichermaßen gebaut. Wohl ist bei kleineren Elektrofirmen eine Beschränkung, zum Teil auch auf einen bestimmten Leistungsbereich, festzustellen, wobei häufig 20 bis 30 kW die obere Grenzleistung darstellen.

Ferner werden Drehstrom-Kommutatormotoren, polumschaltbare Motoren, Antriebe für bestimmte Verwendungszwecke, wie Außenläufermotoren, Rollgangantriebe, Handschleifmaschinen und dgl. infolge des wesentlich geringeren Bedarfes und teilweise auch aus patentrechtlichen Gründen nur von verhältnismäßig wenigen Firmen gebaut. Hier erfolgte aus rein wirtschaftlichen Überlegungen bereits eine freiwillige Beschränkung auf seiten der Hersteller. Im Gegensatz zur Herstellung von Werkzeugmaschinen stellt der Bau von Elektromotoren an sich schon eine gewisse Spezialisierung dar, so daß eine über den derzeitigen Zustand hinausgehende weitere Spezialisierung wohl kaum erforderlich sein dürfte und mit Rücksicht auf eine gesunde Konkurrenz auch vom Verbraucherstandpunkt aus nicht wünschenswert erscheint.

Infolge der Verschiedenartigkeit einer bestimmten Erzeugnisart, hauptsächlich hinsichtlich Leistung, Drehzahl, Schutzart, Einschaltdauer und Abmessungen, ergibt sich beim Bau von Elektromotoren eine große Anzahl von Typen, deren Begrenzung sowohl im Interesse der Hersteller als auch der Verbraucher liegt. Typung bedeutet Gemein-

schaftsarbeit, die zwischen Hersteller und Verbraucher sowie zwischen den einzelnen Herstellern zu leisten ist. Für den Hersteller liegen die Vorteile der Typung in vereinfachter Fertigung, während der Verbraucher durch sie den Vorteil größerer Einheitlichkeit seiner Antriebe mit allen daraus sich ergebenden günstigen Folgerungen für die Zubehöerteile und Reservehaltung erhält.

Der Deutsche Normenausschuß (DNA) vertritt die Interessen der Hersteller und Verbraucher gleichermaßen und bemüht sich seit Jahren, durch Aufstellung von Richtwerten und Normen eine Typenbegrenzung in der allgemeinen Technik zu erreichen. Die Normen der Elektrotechnik stellt der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) mit Hilfe seiner Ausschüsse und anderer Fachorganisationen auf. Die Durchführung derartiger Maßnahmen erfordert aber viel Zeit und Gemeinschaftssinn bei den Herstellern, so daß sich die Ergebnisse erst in längerer Zeit nutzbringend auswirken können. Hinzu kommt, daß die Typung ohne Zweifel ihre Grenzen hat und eine übereilte Einführung derartig einschneidender Maßnahmen nicht empfehlenswert ist; andererseits erfordert aber die heutige Zeit gebieterisch, alle gegebenen Möglichkeiten wahrzunehmen, um zu einem Höchstmaß an wirtschaftlicher Ausnutzung zu kommen. Es erscheint notwendig, daß hier, ähnlich wie vor Monaten im Kraftwagenbau, behördliche Vorschriften erlassen werden.

#### Motorentypenzahlen bei einem Großverbraucher

Wie der derzeitige unvollkommene Zustand sich für den Verbraucher auswirkt, soll an einem Beispiel aus der Praxis gezeigt werden. Ein großes Werk der Schwerindustrie hat etwa 19 200 Drehstrom- und Gleichstrom-Elektromotoren mit einer gesamten installierten Leistung von 214 000 kW in Betrieb, für die zur allernotwendigsten Aufrechterhaltung des Betriebes eine Reserve von 2900 Motoren mit Zubehör beschafft werden mußte. Diese 2900 Motoren mit einer gesamten Nennleistung von 46 000 kW stellen einen Wert von rd. 2,5 Mill RM dar; zu ihrer Herstellung wurden etwa 450 000 kg Eisen und 65 000 kg Kupfer benötigt.

Tafel 1. Drehstrom-Antriebsmotoren offener Ausführung

	Anzahl der Lieferfirmen	Anzahl der Motoren	Anzahl der Typen	Anzahl der Motoren je Type
In Betrieb befindliche Motoren:				
a	2	4742	712	6,5
b	96	1968	1082	1,8
zusammen . . . . . c	98	6710	1794	3,7
davon beschafft 1933 bis 1939:				
zu a	2	3621	430	8,4
zu b	78	1186	642	1,9
zusammen . . . . .	80	4807	1072	4,5
vorhandene Reserve:				
zu a	2	421	285	1,5
zu b	64	229	197	1,2
zusammen . . . . .	66	650	482	1,3

Tafel 1 gibt zahlenmäßig Aufschluß über die Typenzahl von Drehstrommotoren, die in einem gemischten Hüttenbetrieb, bestehend aus Stahlwerken, Walz-

<sup>1)</sup> R. Boehringer, Vierjahresplan 3 (1939) S. 1067.



werken, Gießereien und Bearbeitungsbetrieben verschiedenster Art vorhanden sind. In die Lieferung der in Betrieb befindlichen 6710 Drehstrommotoren offener Bauart teilten sich 98 Elektrofirmen; im Laufe der Jahre ergaben sich dadurch 794 verschiedene Motorbauarten, womit im Durchschnitt auf eine Type nur 3,7 Motoren entfallen.

In richtiger Erkenntnis der ungünstigen Auswirkungen, die hierbei eine planlose Verteilung der Aufträge auf eine größere Anzahl von Lieferfirmen zur Folge hatte, wurde von diesem Werk seit geraumer Zeit der Einkauf von Elektromotoren soweit wie möglich auf zwei Großfirmen beschränkt. Wäre dies nicht der Fall gewesen, so würde die Typenzahl mit Sicherheit den doppelten Betrag erreicht haben. Trotzdem ergaben sich, wie aus Tafel 1 unter a ersichtlich ist, bei den 4742 Motoren, die diese beiden Firmen im Laufe der Jahre geliefert hatten, nicht weniger als 712 verschiedene Typen.

Als teilweise Erklärung sei darauf hingewiesen, daß während der letzten vier Jahrzehnte ohne Zweifel manche Typenänderung im Zuge der Entwicklung vorgenommen werden mußte und dies die eine Ursache der großen Typenzahl darstellt. Es wurden daher dieselben Feststellungen bei den in den Jahren 1933 bis 1939 bezogenen Motoren mit dem Ergebnis vorgenommen, daß die während dieser Zeit von den beiden Großfirmen gelieferten 3621 Motoren sich aus 430 Typen zusammensetzen. Hier kommen also auf eine Type im Durchschnitt bereits 8,4 Motoren.

Weiterhin wurden in derselben Zeit noch von 78 Lieferfirmen 1186 Motoren mit 642 Typen bezogen. Der hauptsächlichste Grund für die Lieferung durch 78 weitere Firmen ist, daß die Maschinenfabrikanten häufig ihre Maschinenkonstruktion auf einen bestimmten Motorlieferanten abstimmen, so daß es nicht immer ohne weiteres möglich ist, aus maßlichen Gründen ein anderes Motorenfabrikat anzubauen. Das trifft insbesondere bei Werkzeugmaschinen zu. Noch nicht einmal zwei Motoren entfallen also in diesem Falle durchschnittlich auf eine Type, und als weitere Folge ergeben sich für die in diesen sechs Jahren insgesamt bezogenen 4807 Motoren 1072 Typen.

Für die von den beiden Großfirmen gelieferten 712 Typen ist für 285 Typen Reserve vorhanden, während für die von den übrigen 96 Lieferfirmen bezogenen 1082 Typen lediglich in 197 Fällen dieselben Typen als Reserve zur Verfügung stehen.

Nun muß aber im Störfalle der beschädigte Motor in aller kürzester Zeit ausgewechselt werden, da der Stillstand einer Arbeitsmaschine oft einen ganzen Arbeitsvorgang stört oder zum Erliegen bringt. Ein längerer Ausfall bedeutet daher eine oft beträchtliche finanzielle Einbuße neben dem Produktionsausfall an sich. Nach Lage der Dinge ist eine Auswechslung in kürzester Zeit jedoch nur bei Vorhandensein derselben Type möglich, da die maßlichen Abweichungen meist zeitraubende Arbeiten erfordern.

Wenn man berücksichtigt, daß von den 6710 Drehstrommotoren infolge eingetretener Schäden im Monat durchschnittlich 50 Motoren ausgewechselt werden müssen, so geht daraus die wirtschaftliche Bedeutung der Typenbeschränkung eindeutig hervor. Bei Gleichstrommotoren ist die Häufigkeit der notwendigen Auswechslung noch größer.

Für Drehstrommotoren geschlossener Ausführung und Drehstrom-Kranmotoren ergeben sich ganz ähnliche Verhältnisse, wie eine Auswertung zeigte.

Tafel 2 enthält die Aufteilung der aus Tafel 1 unter a angegebenen Stückzahlen und Typen nach Drehzahl und Leistung. So sind nach dieser Tafel z. B. für eine Motorleistung von 1 kW und darunter und eine Drehzahl von rd. 3000 U/min 451 Drehstrommotoren vorhanden, die sich aus 113 verschiedenen Typen zusammensetzen. Die größte Stückzahl ist für den Leistungsbereich von 2 bis 4 kW und

Tafel 2. Aufteilung der Motoren aus Tafel 1, a nach Leistung und Drehzahl sowie Typen und Stückzahl

Leistungs- bereich	3000 U/min		1500 U/min		1000 U/min		750 U/min	
	Typen	Stück- zahl	Typen	Stück- zahl	Typen	Stück- zahl	Typen	Stück- zahl
0 bis 1 kW	113	451	102	410	55	273	23	62
1 „ 2 kW	23	61	45	595	29	279	12	75
2 „ 4 kW	24	72	47	863	25	186	13	62
4 „ 7 kW	10	30	30	347	14	81	5	18
7 „ 10 kW	6	18	19	273	7	55	5	5
10 „ 15 kW	5	20	12	141	9	44	10	84
15 „ 25 kW			7	33	3	3	8	37
25 „ 50 kW	2	2	8	19	6	15	12	80
50 „ 100 kW			4	5			4	17
über 100 kW			9	9	1	2	11	15
in Betrieb befindliche Motoren . .	183	654	283	2695	149	938	103	455
davon beschafft 1933 bis 39 .	122	508	179	2296	78	590	51	227
vorhandene Reserve . .	43	51	105	185	71	97	66	88

eine Drehzahl von rd. 1500 U/min vorhanden, nämlich 863 Stück bei 47 verschiedenen Typen, so daß sich hier ein Durchschnitt von 18 Motoren je Type ergibt.

Aus Tafel 2 ist ferner ersichtlich, wie sich der Übergang vom Gruppen- zum Einzelantrieb, der in den letzten Jahren stattfand, in einer Häufung der Motoren bei den kleineren Leistungen äußert. Infolge der vielfachen Vorteile ist hierbei der Motor mit 1500 U/min stark bevorzugt. Ferner zeigt Tafel 2, daß gerade für die kleinsten Leistungen eine besonders große Typenzahl vorhanden ist. Hier ist wohl eine wesentliche Vereinfachung möglich, zumal der geringfügige Mehrbedarf an Werkstoff beim Verwenden der nächstgrößeren Type nicht ausschlaggebend ins Gewicht fällt. Bei Motorleistungen über 15 kW nimmt die Stückzahl gewaltig ab; doch bleibt auch hier die Zahl der Typen im Verhältnis zur Stückzahl der Motoren reichlich hoch.

Bei einer durchgeführten Auswertung der Verhältnisse unter Berücksichtigung sämtlicher Lieferfirmen zeigten sich wiederum ähnliche Ergebnisse, die jedoch infolge der Vielzahl der Lieferfirmen noch entsprechend ungünstiger lagen.

#### Abhilfe durch Normung

Es ist wohl keine Frage, daß diese überaus große Anzahl von Typen, die zu etwa gleicher Zeit hergestellt wurden, für den Hersteller eine ebenso beträchtliche Belastung bedeutet wie für den Verbraucher. Andererseits gibt es aber eine Reihe von Verbrauchern, die gerade eine für den vorliegenden Fall genau passende Leistung verlangen und so den Hersteller aus Wettbewerbsgründen veranlassen, möglichst allen Wünschen der Kunden gerecht zu werden.

#### 1. Normalisierte Typenleistungen

Bei Vorliegen bestimmter normalisierter Typenleistungen, die dann von den Herstellern keinesfalls durchbrochen werden dürften, falls auch eine Type etwas mehr zu leisten imstande ist, würde sich zwangsläufig eine Anpassung der Verbraucher erreichen lassen.

Bei dem in jüngster Zeit erfolgten Neuaufbau großer Werke versuchte man, die bestehenden Schwierigkeiten dadurch zu verringern, daß man Motoren kleinerer Leistung der einen Firma, Motoren größerer Leistung einem anderen Hersteller zuteilte, oder man legte aus dem gesamten Leistungsbereich bestimmte Typen für einzelne Motorlieferfirmen fest und machte den Arbeitsmaschinenlieferanten entsprechende Vorschriften. Derartige Sondervorschriften bedeuten aber wieder eine Erschwerung für den Lieferanten der Maschinen, weil z. B. bei Werkzeugmaschinen dann an ein und dieselbe Maschine Motoren verschiedenster Abmessungen angebaut werden sollen.

was bei den Herstellern der Arbeitsmaschinen wieder eine Reihe voneinander abweichender Ausführungen zur Folge hat.

2. Vorhandene Hauptabmessungen bei Drehstrommotoren

Die Tafeln 3 bis 5 enthalten entsprechend Bild 1 die Hauptabmessungen von Drehstrommotoren verschiedener Firmen, und zwar für eine Leistung von 1,1, 7,5 und 22 kW bei 1500 U/min. Wie daraus zu ersehen ist, weisen die Maße ganz beträchtliche Unterschiede auf, die die Auswechslung eines schadhafte gewordenen Motors gegen einen solchen anderer Type außerordentlich erschweren.

Tafel 3. Hauptabmessungen von Drehstrommotoren verschiedener Firmen

Leistung 1,1 kW Schutzart offene Ausführung		Form B 3 synchrone Drehzahl 1500 U/min									
Maß	a	b	c	f	g	h	k	q	s	d	l
Fir- men-Nr.											
1	165	150	15	195	196	112	332	192	12	18	42
2	200	195	15	240	220	115	344	177	14	20	60
3	180	180	20	225	206	112	365	215	15	22	60
4	180	168	16	200	200	105	342	189	14	20	55
5	150	190	20	240	208	118	369	229	14	20	55
6	175	170	15	210	205	105	350	205	12	22	60
7	140	190	19	235	220	112	365	196	19	20	55
8	140	190	20	235	218	112	327	190	15	22	50
9	170	180	18	220	230	118	375	215	15	20	55
10	140	210	22	265	250	132	360	196	15	20	55
11	175	175	22	215	213	112	369	163	11,5	18	40
12	145	170	20	205	205	112	312	186	14	20	55
Maße schwanken zwischen und . . .	125 200	150 210	15 22	195 265	196 250	105 132	312 375	205 163	11,5 19	18 22	42 60

Tafel 4. Hauptabmessungen von Drehstrommotoren verschiedener Firmen

Leistung 7,5 kW Schutzart offene Ausführung		Form B 3 synchrone Drehzahl 1500 U/min									
Maß	a	b	c	f	g	h	k	q	s	d	l
Fir- men-Nr.											
1	285	230	30	290	300	160	551	316,5	14	35	70
3	300	275	30	340	320	180	561	335	18	35	90
5	205	280	28	350	320	170	502	313	18	35	90
6	245	290	28	365	345	180	607	335	18	35	90
7	200	265	25	340	331	170	552	300	24	35	90
8	320	300	35	370	380	200	583	340	18	38	90
9	290	300	25	380	390	200	590	340	18	35	90
10	200	265	25	340	335	170	508	300	18	35	90
11	295	260	32	325	320	170	443	268	18	35	80
12	200	290	24	340	350	180	451	273	17	35	90
13	235	235	25	340	350	180	566	334	16	35	90
14	360	265	22	310	300	175	537	310	15	35	90
Maße schwanken zwischen und . . .	200 360	230 300	22 35	290 380	300 390	160 200	443 607	266 335	14 24	35 38	70 90

Tafel 5. Hauptabmessungen von Drehstrommotoren verschiedener Firmen

Leistung 22 kW Schutzart offene Ausführung		Form B 3 synchrone Drehzahl 1500 U/min									
Maß	a	b	c	f	g	h	k	q	s	d	l
Fir- men-Nr.											
1	345	420	50	540	465	250	722	426,5	21	65	110
5	280	320	35	400	380	200	636	375	26	45	110
6	360	370	35	465	440	235	795	462	25	45	110
7	295	390	45	490	464	235	735	400	32	45	116
8	360	360	45	450	480	250	710	415	25	45	110
10	190	320	35	380	420	210	645	390	18	42	105
11	380	340	35	415	406	210	571	345	22	45	110
12	295	330	28	390	394	200	612	364	22	45	110
13	355	390	35	480	490	250	813	485	18	45	110
14	515	360	35	440	402	250	805	470	18	55	130
Maße schwanken zwischen und . . . (515)	190 380	320 420	28 50	380 540	380 490	200 250	571 813	345 485	18 32	42 65	105 130

Leider wird von seiten der Maschinenfabriken auf die Anbaumöglichkeit von Motoren anderer Abmessungen vielfach noch nicht genügend Rücksicht genommen, obwohl durch Zwischenplatten zum Ausgleich verschiedener Bauhöhen sowie reichlichere Aussparungen im Guß und dgl. ohne weiteres die Möglichkeit hierzu besteht.

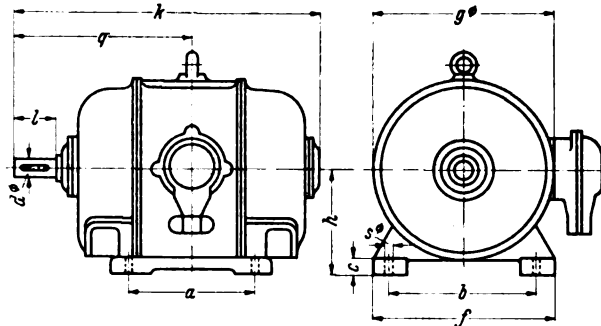


Bild 1. Motor-Hauptabmessungen (Form B 3) zu Tafel 3, 4 und 5.

3. Vorschlag zur Normung der Hauptabmessungen der Motoren

Fast alle Schwierigkeiten, die sich bei der Auswechslung von Motoren ergeben, würden jedoch mit einem Schlage beseitigt sein, wenn die Hauptabmessungen der Motoren genormt wären, obwohl auch dann von seiten der Arbeitsmaschinenfabrikanten die Möglichkeit berücksichtigt werden müßte, mindestens Motoren der nächstgrößeren Type anbauen zu können. Hier ist der erfolgversprechende Anfang durch die bestehenden DIN- und DIN VDE-Normen, z. B. DIN 747 über Achshöhen, weiter auszubauen.

Eine Normung der Hauptabmessungen von Motoren würde die auch nach Durchführung einer etwaigen Typenbegrenzung noch vorhandene Vielzahl von Typen mit ihren für den Verbraucher so überaus nachteiligen Folgen mehr oder weniger bedeutungslos werden lassen.

4. Stand und Ausbaumöglichkeit der Normung im Elektromotorenbau

In jüngster Zeit erschienen mit DIN VDE 2942 Normen für Wellenenden, Riemenscheiben und Befestigungsflansche elektrischer Maschinen, die durch die in Aussicht genommene Verbindlichkeitserklärung zu bindenden Vorschriften werden. Während für Achshöhen DIN 747 einzuhalten ist, waren die Fußabmessungen schon früher zur Normung vorgeschlagen; hiervon wurde aber Abstand genommen, da die Abmessungen der leistungsgleichen Motoren im Laufe der Zeit immer kleiner wurden<sup>2)</sup>. Für Maße, wie z. B. die Gesamtlänge k, müßte ein gewisser, festzulegender Spielraum zulässig sein. Innerhalb der gegebenen Hauptabmessungen könnte der Konstrukteur dann immer noch seine Fähigkeiten zur vollen Entfaltung bringen, da hier eine Reihe von Möglichkeiten besteht, um den wirtschaftlich und technisch besten Motor zu bauen.

Dem Verbraucher und damit der gesamten Wirtschaft wird durch weitere Normung jedoch ein gewaltiger Dienst erwiesen. Obgleich die Typenbegrenzung neben dem Hersteller auch dem Verbraucher die Vorteile größerer Einheitlichkeit bringt, so können die Austauschschwierigkeiten, die allein den Verbraucher betreffen, nur durch weitgehende Normalisierung der Hauptabmessungen wirksam behoben werden. Hier sobald wie möglich Normen aufzustellen, die bei Neuentwicklungen einzuhalten sind, müßte von allen Beteiligten als dringende Pflicht angesehen werden.

2) S. a. ETZ 58 (1937) S. 292. Abb. 3 u. 4.

## Zusammenfassung

Der derzeitige Elektromotorenbau mit seiner Vielzahl von Typen und der willkürlichen Festlegung der Hauptabmessungen hat für die Verbraucher große wirtschaftliche und betriebliche Nachteile zur Folge. Um einigermaßen tragbare Verhältnisse zu bekommen, ist es daher in der Praxis zunächst notwendig, sich möglichst auf eine oder zwei Lieferfirmen für Elektromotoren zu beschränken. Dies läßt sich jedoch nicht in allen Fällen durchführen und stellt keine eigentliche Lösung des Pro-

blems dar, wie an einem Beispiel aus der Praxis gezeigt wird. Außerdem wird man hiermit nicht der beträchtlichen Anzahl von Elektromotoren bauenden Firmen gerecht. Neben verschiedenen Vereinfachungen besteht die Hauptforderung an die Hersteller von Elektromotoren in Einhaltung normalisierter Typenleistungen und in einer Normung der Hauptabmessungen, wobei innerhalb der genormten Hauptmaße der Weiterentwicklung der Technik und den Fähigkeiten der Konstrukteure praktisch kein Hindernis in den Weg gelegt wird.

## DK 621.311.1.003.1 (439)

**Ungarns Elektrizitätswirtschaft.** [Nach H. Keller, Elektrizitätsverw. 14 (1939) S. 73; 3 S.]

Auffallend an der ungarischen Elektrizitätswirtschaft ist zunächst eine gewisse Unausgeglichenheit. Die Stromversorgung erreicht nicht die Werte, die der hochentwickelten Elektroausfuhr, die 1937 nur wenig unter der italienischen lag, entsprechen; im gleichen Jahr betrug die gesamte Stromerzeugung Ungarns rd.  $1260 \cdot 10^6$  kWh, was einem spezifischen Stromverbrauch von nur 144 kWh/Jahr · Kopf entspricht. Von den 3344 Gemeinden sind 32% mit Strom versorgt, wobei vorwiegend die großen Gemeinden elektrifiziert sind. 120 Gemeinden besitzen eigene Kraftwerke, während die übrigen aus Überlandwerken versorgt werden. Von den Städten haben 18 eigene Werke, 3 sind teilweise versorgt, die restlichen beziehen Fremdstrom. Die ungarische Stromversorgung erfolgt fast ausschließlich durch Wärmekraftanlagen; Wasserkraft spielt nur eine ganz untergeordnete Rolle, ist aber im Lande vorhanden. Die Verbesserung der Zusammenarbeit von Elektrizitätsversorgungsunternehmen und leistungsfähigen Eigenanlagen ist noch in der Entwicklung. 1937 gab es 271 Stromerzeugungsanlagen für den öffentlichen Verbrauch. Die wichtigsten Versorgungsgebiete sind untereinander mit 110 kV-Leitungen verbunden. Die Stromabgabe der Budapester Elektrizitätswerke belief sich 1937 auf  $290,44 \cdot 10^6$  kWh. Das seit 1930 in Betrieb befindliche Grubenkraftwerk Bahida besitzt drei Einheiten von je 21 000 kWh; 70% seiner Jahreserzeugung von  $180 \cdot 10^6$  kWh werden an Budapest abgegeben. Von den städtischen Werken sind außer denen in Budapest noch die Kraftwerke in Debrecen und Szeged erwähnenswert. Der Stromverbrauch nahm insgesamt im Jahre 1937 gegenüber 1932 um 48%, gegenüber dem Vorjahr um 5,5% zu. Die Entwicklung ist ebenso wie die Stromverwendung im Lande uneinheitlich. Haushalt und Handwerk sind jedoch in lebhaftem Ausbau bezüglich der Stromverwertung. Die im Lande vorhandenen ausnutzbaren Wasserkraften werden auf 130 000 kW geschätzt, deren Ausbau aber infolge geringen und wechselnden Wasserstandunterschiedes noch nicht wirtschaftlich ist. Die ausgebaute Leistung der Wasserkraft beträgt rd. 12 000 kW mit einer Jahreserzeugung von rd.  $24 \cdot 10^6$  kWh.

Die Elektroindustrie zählt 60 Betriebe mit rd. 13 400 Gefolgschaftsmitgliedern. Von der Gesamterzeugung waren rd. 40% für die Ausfuhr bestimmt, unter denen Glühlampen und Elektronenröhren einen beträchtlichen Posten ausmachen. Die Einfuhr an Maschinen und Geräten ist infolge der ansteigenden Entwicklung aussichtsreich; seit dem Tiefpunkt im Jahre 1932 erfährt sie eine ständige Steigerung, wobei Großdeutschland Hauptlieferant ist. Auch die ungarische Elektroausfuhr ist im Steigen begriffen, was eine Jahresübersicht mit Werten und Anteilen der Ausfuhr für 1935 bis 1937 erkennen läßt. Tsch.

## DK 621.311.1.003.1.(493)

**Entwicklung der belgischen Elektrizitätswirtschaft.** [Nach L. Michel, Bull. Belge Sci. milit. 1 (1939) S. 81; 21½ S., 7 B.]

Im Laufe der letzten Jahre nahm die belgische Elektrizitätswirtschaft einen beträchtlichen Aufschwung; Ende 1935 betrug die ausgebaute Kraftwerksleistung über  $2\frac{1}{2} \cdot 10^9$  kW. Der Verfasser bringt in seiner Arbeit eine zusammenfassende Übersicht über die Erzeugung ab 1914, Fortleitung, Verteilung und Benutzung der elektrischen Energie in Belgien, wonach die Wirtschaftsorganisation der dortigen Elektroindustrie kurz behandelt wird<sup>1)</sup>. In der Zeit von 1914 bis 1923 macht sich der

Einfluß des Weltkrieges und seine Nachwirkungen für die Entwicklung dämpfend bemerkbar. Als zweite Entwicklungsperiode ergibt sich die Zeit beschleunigten Ausbaues von 1923 bis 1932, von welchem Zeitpunkt ab eine ruhigere und gleichmäßigere Entwicklung zu verzeichnen ist. Ende 1935 beträgt die Erzeugung in Stadtzentralen 7,0%, die der privaten Verteiler 49,8% und die Eigenerzeugung etwa 43,2% der Gesamterzeugung, was im Laufe der Zeit einer Verschiebung der Anteile zu den ersten beiden Gruppen entspricht. Belgien hat fast den höchsten Anteil der Industriestrom-Eigenerzeugung von allen Ländern der Erde. Die Zahlenwerte für die in den einzelnen Provinzen vorhandenen Werke, Leistungen und die Erzeugung sind mit ihrer Entwicklung angegeben. Im ganzen Land nehmen die Wärmekraftwerke bei weitem die erste Stelle ein. Durch Dampf wurden Ende 1935 rd. 85,9%, mit Verbrennungskraftmaschinen 12,7%, durch Wasserkraft 0,7% und mittels Wasserspeicherung ebenfalls 0,7% des gesamten Stromes erzeugt; der Wasserkraftanteil ist also unverhältnismäßig gering. Im Jahre 1935 waren für die Verteilung mittels Hochspannung fast 11 000 km Freileitungen und 10 000 km Kabelleitungen vorhanden. Durch weitgehende Netzvermaschung wurde ein betriebssicherer Verbundbetrieb angestrebt. an.

## Jubiläen

**Gustav Barthel.** — Die Spezialfabrik für Löt-, Heiz- und Kochapparate, Gustav Barthel, in Dresden, konnte am 15. Februar 1940 auf ihr 50jähriges Bestehen zurückblicken. Anfänglich erstreckte sich die Fabrikation auf Laboratoriumsbrenner für flüssige Brennstoffe, dann kamen Lötapparate, Petroleum- und Spiritusgaskocher, Motoranheizlampen und zuletzt elektrische Lötkolben hinzu. Der jetzige Inhaber der Firma, Herr Fritz Kreß, beschäftigt eine Gefolgschaft von über 800 Personen.

**Froitzheim & Rudert.** — Vor 50 Jahren, zur gleichen Zeit, als in Berlin die erste 1000 PS-Maschine zur Krafterzeugung in Betrieb kam, um durch Kabel und Drähte den erzeugten Strom den Abnehmern zuzuführen, wurde die Maschinenfabrik Froitzheim & Rudert gegründet. Somit hat diese Firma die gesamte Entwicklung der Maschinen für die Kabel- und Elektroindustrie mitgemacht und bis zu den neuzeitlichen Wickel-, Flecht- und Spinnmaschinen beeinflusst.

**Städtisches Licht- und Wasserwerk Trarbach.** — Am 15. Januar 1890, vor 50 Jahren, wurde das Elektrizitätswerk für die beiden Gemeinden Trarbach und Traben in Betrieb genommen. Zwei 35 PS-Dampfmaschinen trieben damals 4 Gleichstromdynamomas von zusammen 44 kW an, die 1100 Glühlampen und 10 Bogenlampen versorgten. Nach dem Weltkriege ging das Werk in städtischen Besitz über, die Umstellung auf Drehstrom wurde zu Ende geführt und der Anschluß an das damalige Elektrizitätswerk der Moselkreise vollzogen. Traben und Trarbach sollen die ersten Gemeinden gewesen sein, die ihre Straßen ausschließlich elektrisch beleuchteten.

**Handelsregistereintragungen.** Energieversorgung Lohr-Karlstadt und Umgebung G. m. b. H., Karlstadt (450 000 RM): Bau und Betrieb von Energieversorgungsanlagen für die öffentliche Energieversorgung des Gebietes der Gemeinden und Umgebung. — Philips Beleuchtung G. m. b. H., Berlin, Kurfürstenstraße 126 (306 000 RM): Herstellung und Vertrieb von elektrischen Beleuchtungsmitteln aller Art. — Quarzkeramik G. m. b. H., München, Tassiloplatz 7 (30 000 RM): Entwicklung und Herstellung von Piezoquarzen und elektrischen Bauelementen, insbesondere unter Verwendung von Erzeugnissen der keramischen Industrie, sowie der Handel mit ihnen.

<sup>1)</sup> ETZ 59 (1938) S. 404.

## RUNDSCHAU

### Verkehrstechnik

DK 621.3.015.3 : 621.33

**Überspannungen in elektrischen Bahnanlagen und ihre Bekämpfung.** [Nach G. Wilke, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 148; 6 S., 11 B.]

Die Besonderheiten des elektrischen Zugbetriebes lassen gegenüber den Verhältnissen bei der allgemeinen Landesversorgung hier von allen Überspannungsarten die Schaltüberspannungen stark in den Vordergrund treten, wie sie bei dem Abschalten leerlaufender Umspanner entstehen. Bild 1

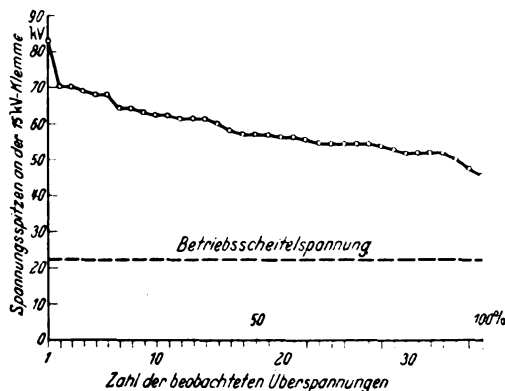


Bild 1. An einem Lokomotivumspanner im fünfwöchigen Fahrbetrieb beobachtete Überspannungen nach Höhe und Häufigkeit.

zeigt die an einem Lokomotivumspanner im fünfwöchigen Fahrbetrieb beobachteten Überspannungen, geordnet nach Zahl und Höhe. Auch an Unterwerksumspannern sind Überspannungen von 5fachen, ja bis zum 10fachen der Betriebsscheitelspannung beobachtet worden. Gegenüber den Gewitterüberspannungen treten sie also wesentlich häufiger auf, erreichen aber auch deren durchschnittliche Höhe, dauern im Einzelfall länger, ohne allerdings im allgemeinen auf die Leitung überzutreten. Wegen der Bedeutung der Schaltüberspannungen für den Bahnbetrieb wird eine Überspannungsbekämpfung also zunächst und gesondert diese zum Ziel haben müssen und darüber hinaus erst die Abwehr der Gewitterüberspannungen. Da der Entstehungsvorgang der Schaltüberspannungen genügend bekannt ist, kann man an Stelle der bisher üblichen Überspannungsableitung ihre Verhütung treten lassen durch zweckmäßige Beeinflussung des Schaltvorganges (Auswahl geeigneter Schalter, Abschaltung unter genügender Restlast bzw. Einbau von Kondensatoren). Die üblichen Überspannungsableiter bisheriger Bauart, wie sie für die Ableitung der Gewitterüberspannungen entwickelt wurden, sind für die Schaltüberspannungen schon deswegen nicht voll geeignet, weil ihre Ansprechspannung nicht niedrig genug gelegt werden kann, um den größten Anteil der Schaltüberspannungen zu beeinflussen, die trotz ihrer — gegenüber Gewitterüberspannungen — verhältnismäßig geringen Höhe doch durchaus die Umspanner gefährden, wie Beobachtungen und Versuche gezeigt haben. *Eb.*

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.785

**Prüfungen und Beglaubigungen.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung Nr. 528<sup>1)</sup>. Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905)

werden dem System 172 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereicht:

<sup>1)</sup> Amtsbl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 6, S. 128.

Zusatz zu System 172, die Formen EFk 4, EFk4R, EFk 4t,

EFk 4tR, EFk 4f, EFk 4Rf, EFk 4tf und EFk 4tRf, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 2. Februar 1940.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt  
i. V. Möller

DK 621.317.714

**Direktes Verfahren zur Messung hoher Gleichströme.** [Nach R. Fortrat, J. Phys. Radium 10 (1939) S. 190; 5 S., 6 B.]

Falls die Stromschienen, die einen zu messenden Gleichstrom von einigen 1000 bis zu 20 000 A führen, in eine genau definierte Form gebracht werden, ist es möglich, durch Bestimmung der Feldstärke die Gleichstromstärke selbst zu messen. Für eine Stromstärke von 20 000 A wird eine Kupferschiene von  $30 \times 4$  cm<sup>2</sup> Querschnitt zu einer kreisförmigen Öse mit 6 cm Dmr. gebogen, während die Zuführungen zu diesem Kreise bloß 0,2 cm voneinander entfernt sind. Innerhalb der Öse herrscht dann insbesondere in der Mitte der 30 cm breiten Schiene eine sehr genau definierte Feldstärke, die dem Strom direkt proportional ist; sie beträgt beispielsweise bei 20 000 A 767 Gauß. Allerdings ist die Voraussetzung hierfür, daß die Rückleitungsschiene des zu messenden Gleichstroms sowie Schienen anderer Gleichstromkreise, wie sie beispielsweise in metallurgischen Anlagen häufig nebeneinander auftreten, nicht in der näheren Umgebung verlaufen. Die Bestimmung der Feldstärke im Innern des durch die Stromschiene gebildeten Hohlzylinders geschieht mittels einer Meßvorrichtung, des sogenannten Magnetmeters. Dieses besteht aus einem Permalloyplättchen von  $16 \times 6 \times 1,5$  mm Ausmaßen, das auf einer Achse befestigt wird, die sich in dem zu messenden Feld drehen kann. Eine an der Achse angebrachte Spiralfeder gestattet, die Verdrehungskraft, mithin die Richtkraft des Permalloyplättchens, zu messen. Die Messung geschieht in ähnlicher Weise wie bei einem Torsionswattmeter: Mittels eines Rändelantriebes läßt sich die Spiralfeder vorspannen, und an einer Skala kann der unabgeglichene Teil der Vorspannung an einem Zeiger, der auf der Achse befestigt ist, abgelesen werden. Durch verschiedene Vorspannungen lassen sich 3 Meßbereiche erreichen, die von 27 bis 210 Gauß oder 702 bis 5460 A, von 190 bis 520 Gauß oder 4940 bis 13 520 A, schließlich von 350 bis 830 Gauß oder von 9100 bis 21 580 A reichen.

Die Ableitung der Formeln für die Errechnung der Feldstärke im Innern des Hohlzylinders ist angegeben. Diese Art der Messung besitzt den Vorteil, ein direktes Verfahren zur Bestimmung großer Gleichstromstärken darzustellen, weist aber den Nachteil der Beeinflußbarkeit durch andere Leitungen auf und gestattet bei größeren Meßbereichen keine selbsttätige Messung und keine Fernmessung. *Nö.*

### Elektrowärme

DK 621.365.001 : 378 (437)

**Das Elektrowärme-Forschungsinstitut an der Deutschen Technischen Hochschule zu Prag und die Grundlagen zur Berechnung elektrischer Öfen.** [Nach F. Niethammer, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 256; 8 S., 9 B.]

Der Aufsatz berichtet über die im ersten Jahr 1937/38 unter Mitwirkung von E. Grünwald und K. Kenner durchgeführten Arbeiten:

Die Erstellung eines Eichofens zur Eichung von Temperaturmessern bis 1400 C und seine Berechnung, wozu ein Mikropyrometer gehört. Die Ausführung eines vielseitigen Apparates zur Lebensdauerprüfung von Heizleitern nach den verschiedenen Verfahren, auch unter Luftleere oder Schutzgas, wozu ein Präzisions-Zweiminuten-Schaltwerk, ein magnetischer Spannungsregler mit Glührohrspannungsrelais sowie ge-

eignete Zählwerke gehören. Für die Untersuchung von Wärmeisolistoffen werden zur Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit und der Temperaturleitfähigkeit verschiedene Verfahren behandelt. Für die genaue wissenschaftliche Ofenberechnung wird eine Reihe Arbeiten von Grünwald besprochen. Es wird die Temperatur, die von axial unbegrenzten Linienwärmquellen hervorgerufen wird, ermittelt. Die Wärmeströmung in Ofenplatten und -zylindern läßt sich auf Grund der bekannten Fourier Wärme-Differentialgleichung ermitteln, wobei aber der Wärmevorgang durch ein elektrisches Modell, und zwar die Wand durch ein elektrisches Kabel ersetzt wird. Die Temperaturleitfähigkeit  $\lambda c/\gamma$  des Ofens ( $\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit,  $c$  spezifische Wärme,  $\gamma$  spezifisches Gewicht) tritt an Stelle von  $1/R_0 C_0$ , wenn  $R_0$  der Widerstand und  $C_0$  die Kapazität des Kabels je Längeneinheit ist. Auf diese Weise kann man die Kennlinien für den Anheiz-, Dauer- und Abkühlzustand eines Ofens genau ermitteln, also den Verlauf der Temperatur im Ofen und den der Wärmeströmung in Abhängigkeit der Zeit ausrechnen. Schließlich werden die im Institut aufgestellten elektrischen Ofen besprochen, worunter der geplante Hochtemperaturofen von Culmann mit Graphit-Heizspirale besonders erwähnenswert ist. *Vb.*

DK 621.367 : 621.791.7

**Ein neues selbsttätig-elektrisches Schweißverfahren.** [Nach Fr. Eggelsmann, Masch.-Bau Betrieb 18 (1939) S. 233; 3. S., 22 B.]

Im Gegensatz zu den bisherigen Verfahren wird blanker unpräparierter Draht und ein leitendes Pulver verwandt, das durch ein Rohr auf die Schweißfüge aufgestreut wird. Wenn nun der Bogen gezogen ist, schmilzt der Draht in die Fuge ab, das Pulver schmilzt gleichzeitig und legt sich als Schlacke über das Schweißbad und schützt es so vor dem Zutritt der Luft und der Abschreckung. Dadurch erhält die Naht ähnliche Güteverhältnisse einer solchen, die mit stark ummantelten Stäben gefertigt ist. Als Vorteile sind die hohe Schweißgeschwindigkeit und der tiefe Einbrand bemerkenswert, der wiederum eine schmalere Öffnung der Schweißfüge (40 bis 60° statt 70 bis 80°) gestattet. Das neue Verfahren eignet sich hauptsächlich für die selbsttätige Schweißung von Längsnähten an Rohren, Kesselschüssen und Trägern bei Wandstärken von 5 bis 80 mm. Verwendet wird als Stromquelle ein Einphasen-Wechselstromumspanner für 300 bis 3000 A Schweißstrom bei 30 bis 40 V Schweißspannung. Die Drahtzuführung und Vorschubgeschwindigkeit werden unter Zwischenschaltung einer Leonard-Schaltung durch Röhrengitter gesteuert. *J. C. F.*

**Fernmeldetechnik**

DK 621.392.2

**Energetische Betrachtungen an der Telegraphengleichung.** [Nach A. Kneschke, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 3, S. 175; 5 1/3 S., 0 B.]

Der Satz von der Gleichheit der wechselseitigen magnetischen und elektrischen Energien, den erstmals O. Heaviside für ein allgemeines dreidimensionales elektromagnetisches Feld bewiesen hat, wird zur Berechnung der Einschwingung einer Leitung in ihren durch eine periodische Spannungsregung bedingten stationären Schwingungszustand verwendet. Dadurch werden Lösungsformen der Telegraphengleichung erhalten, in denen lauter physikalisch deutbare Größen wie Frequenzen, Energien und Strom- und Spannungsamplituden auftreten. Die Heaviside-Wagnersche Ausgleichsformel, wie sie aus der Theorie der einfachen und gekoppelten Schwingungskreise her bekannt ist, wird damit auf die Telegraphengleichung erweitert und erhält gleichzeitig eine physikalisch deutbare Form.

**Theoretische Elektrotechnik**

DK 512.831 + 621.3

**Die Anwendung der Matrizenrechnung in der Elektrotechnik.** [Nach F. Streckler, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 3, S. 167; 8 1/4 S., 5 B.]

Der Vortrag<sup>1)</sup> über die Matrizen- oder Systemrechnung soll die Elektrotechniker anregen, sich mit dieser wertvollen Rechenweise zu beschäftigen. Sie führt sich zwar mehr und mehr ein, jedoch ist das Vorurteil noch weit verbreitet, daß es sich um eine verwickelte, unanschauliche und schwer begreifbare Geheimschrift handelt; es lohne sich daher nicht, sich damit zu beschäftigen, weil man alles, was sich damit erledigen läßt, mit

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten im VDE Bezirk Berlin (Fachgebiet „Theoretische Elektrotechnik“) am 27. 4. 1939.

etwas mehr Mühe auch auf die herkömmliche Weise bewältigen könne. Diese Ansicht ist insofern unrichtig, als es sich bei der Matrizenrechnung durchaus nicht um eine schwierige Geheimschrift handelt; das Rechnen mit Matrizen ist vielmehr leicht zu lernen. Im Rahmen des Vortrages, der keine Vorkenntnisse erforderte, konnte ein so großer Teil der Rechenregeln erläutert werden, daß damit eine ganze Gruppe von Aufgaben gelöst werden konnte: Die Aufstellung der Grundgleichungen für beliebige lineare elektrische Netzwerke. Dabei wurde gezeigt, daß die mathematischen Begriffe und Handlungen den gemeinten physikalischen Wesenheiten und Vorgängen anschaulich entsprechen.

Die Matrizenrechnung eignet sich aber nicht nur für allgemeine, sondern auch für besondere Aufgaben. Dies wird an dem Beispiel des idealen Ausgleichsübertragers (eines Transformators mit drei Wicklungen) gezeigt. Als praktisches Ergebnis wird für diesen Übertrager ein sehr einfaches Ersatzbild entwickelt.

**Werkstatt und Baustoffe**

DK 621.3.066.6 : 621.315.55

**Hochleistungskontakte aus neuen Legierungen.** [Nach L. B. Hunt, Electr. Rev., Lond. 124 (1939) S. 459; 1 1/2 S. 2 B., 1 Taf.]

Immer höhere Leistungen werden von den Kontakten der Schaltgeräte verlangt. Die Bestrebungen gehen dahin, die elektrischen Ausrüstungen immer mehr zu vereinfachen und den Aufwand an Wartung und Instandsetzung soweit wie möglich herabzusetzen. Der Kontaktwerkstoff wird in verschiedener Hinsicht beansprucht; einmal wird er vom Schlichtlichtbogen zerfressen und außerdem einem starken mechanischen Verschleiß unterworfen. Als Folge dieser Beanspruchung treten dann unzulässige Erwärmungen und ein Kleben der Kontakte auf, die zu Störungen führen. Von einem guten Kontaktwerkstoff wird eine hohe elektrische Leitfähigkeit und Wärmeableitung verlangt, ferner soll er sehr hart und damit mechanisch widerstandsfähig sein. Damit die Kontaktwärmerung innerhalb der zulässigen Grenze bleibt, wird außerdem gefordert, daß die Kontaktoberfläche rein bleibt und der Übergangswiderstand nicht durch Bildung von Oxyden erhöht wird. Die bekannten Kontaktwerkstoffe Kupfer und Silber vereinigen in sich nicht alle für Hochleistungskontakte gewünschten Eigenschaften; sie besitzen zwar eine hohe elektrische und Wärmeleitfähigkeit, aber nur eine geringe Härte. Wolfram und Molybdän sind sehr hart und dadurch sehr widerstandsfähig gegen mechanischen Verschleiß und Lichtbogenangriffe, aber ihre elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit sind recht gering. Zur Zeit ist es unmöglich, eine Legierung aus den oben genannten Metallen zu schaffen, die nun alle günstigen Eigenschaften in sich vereinigt, weil die Schmelzpunkte beider Metallgruppen zu stark voneinander abweichen. Es wurde daher eine besondere Technik entwickelt, bei der je ein hartes und ein gut leitendes Metall nach vorhergehender sehr feiner Verteilung miteinander vermischt werden, womit die Wirkung einer echten Legierung nahezu erreicht werden konnte. Je nach dem Verwendungszweck werden verschiedene Mischungen hergestellt, die in Tafel I zusammengestellt sind.

Tafel I

hauptsächliche Bestandteile	spez. Widerstand	Leitfähigkeit	Brinellhärte
	$\mu\Omega/\text{cm}^2$	%	kg/cm <sup>2</sup>
Kupfer und Wolfram (Qual. 0 W 3)	4,50	38	140
Kupfer und Wolfram (Qual. 3 W 3)	5,30	32	160
Silber und Wolframkarbid . . . . .	2,88	60	105
Silber und Molybdän . . . . .	3,45	50	140
Silber und Wolfram . . . . .	3,84	45	180

Alle diese mit Elkonit bezeichneten Kontaktwerkstoffe werden normalerweise nur als Auflage verwendet, indem sie auf einer Unterlage aus Kupfer oder Kupferlegierung durch Silberlötlötung oder mechanisch befestigt werden, wofür Ausführungsbeispiele angegeben sind. Die Kupfermischungen finden in erster Linie Verwendung in Ölschaltern, weil sie weniger vom Öl angegriffen werden, die Silbermischungen in Luftschaltern. Diese Metallmischungen oder Verbundmetalle, wie sie bei uns genannt werden, werden schon seit längerer Zeit in Deutschland verwendet<sup>1)</sup>. *Mcz.*

<sup>1)</sup> K. Meier, ETZ 57 (1936) S. 493.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

##### Verband Deutscher Elektrotechniker

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

#### Ausschuß für Installationsmaterial

Der Unterausschuß Verlegungsmaterial hat im Hinblick auf eine Herabsetzung der Bleiauflage und der Bleidicke des Mantels bei Pb-Falzrohren Entwürfe zu

VDE 0605 U „Umstell-Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen“ und

DIN VDE 9026 U „Installationsrohr; Pb-Falzrohr mit Mantel aus verbleitem Stahlblech“

aufgestellt, die in ETZ 61 (1940) H. 11, S. 274 veröffentlicht sind.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 1. April 1940 einzureichen.

#### Besuchsabkommen

##### mit ausländischen technischen Vereinigungen

In ETZ 59 (1938) S. 28, 205 und 510 wurde über die mit zahlreichen ausländischen elektrotechnischen Vereinigungen getroffenen Besuchsabkommen berichtet. Nunmehr hat sich auch die

Dansk Ingeniørforening, Kopenhagen V, Vester Farimagsgade 29, Ingeniørhuset,

bereitert, mit dem VDE in eine solche nähere Verbindung zu treten. Das Abkommen besteht darin, daß die Mitglieder des einen Vereins während eines vorübergehenden Aufenthaltes in dem Land des anderen Vereins Zutritt zu den Veranstaltungen und Vereinsräumen haben sowie Ratschläge und Auskünfte erhalten können.

Wir empfehlen unseren Mitgliedern, bei Reisen im Ausland von den Besuchsabkommen Gebrauch zu machen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung  
Viefhaus

#### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Bergisch-Land, Wuppertal-Elberfeld.**  
19 3 (Di), 20<sup>15</sup>, „Saal der Technik“: Tonfilmbabend.

#### Bezirk Berlin

##### vormals Elektrotechnischer Verein

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

#### Fachversammlung

des Fachgebiets „Stromrichter“, Leiter: Dipl.-Ing. Dr. phil. J. v. Issendorf VDE, gemeinsam mit dem

Fachgebiet „Elektromaschinenbau“, Leiter: Professor Dr.-Ing. M. Kloss VDE

##### Vortrag

des Herrn Dr.-Ing. E. Kübler VDE, Berlin, am Dienstag, dem 19. März 1940, 18<sup>00</sup>, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Stromrichterbelastung von Drehstromgeneratoren und Drehstromnetzen“

##### Inhaltsangabe:

Stromrichterbelastung von Transformatoren  
(Wirk- und Blindleistungsverhältnisse, Vektordiagramm des Stromrichter-Transformators)

Stromrichterbelastung von Drehstrom-Generatoren  
(Oberwellenbeanspruchung der Drehstrom- und der Dämpferwicklung)

Spannungsverzerrung in Hochspannungsnetzen bei Resonanz mit Stromrichteroberwellen

(Ursachen, Anodenstrom und Gleichstrom, Anodenspannung und Primärspannung, Größe der Spannungsüberwellen, Auswirkung auf den Betrieb von Stromrichteranlagen).

Eintritt und Kleiderablage frei.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer  
Burghoff

### Niederschrift über die Jahresversammlung am 13. Februar 1940

#### Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Jahresbericht 1939.
3. Wahl der Rechnungsprüfer für die Prüfung des Geschäftsjahres 1939.
4. Vortrag des Herrn Dr. W. Leukert VDE, Berlin, über das Thema: „Neuerungen bei Synchronmaschinen“.

Vorsitz: Herr Professor Dr.-Ing. Kloss VDE.

Zu Punkt 1:

Der Vorsitzende gibt die in den Monaten Februar und März 1940 stattfindenden Vortragsveranstaltungen bekannt.

Zu Punkt 2:

**Vorsitzender:** „Bevor ich zum eigentlichen Jahresbericht übergehe, habe ich die traurige Pflicht, unserer im Laufe des Jahres 1939 verstorbenen Mitglieder zu gedenken. Es sind dies:

Arnold Arjes, Oberingenieur, Berlin.

Otto Blathy, Hofrat Dr. h. c., Budapest.

Wilhelm Büngner, Oberingenieur, Berlin.

Johann Diebitsch, Dipl.-Ing., Berlin.

Hans Henz, Oberingenieur, Berlin.

Erwin Hesse, Ingenieur, Berlin, gefallen in Polen.

A. E. Kenelly, Professor, Cambridge, V. S. Amerika.

Erich Kolbe, Ingenieur, Riga.

August Kruckow, Dr.-Ing. Staatssekretär a. D., Berlin.

Martin Palm, Ingenieur, Leipzig.

Paul Peglow, Präsident des Reichspostzentramtes, Berlin.

Max Prüßing, beratender Ingenieur, Berlin.

Hermann Rengert, Oberingenieur, Berlin.

Bernhard Spielmeier, Kommerzienrat, Berlin.

Otto Schirm, Dipl.-Ing., Berlin.

Richard Schmalz, Dipl.-Ing., Berlin, gefallen in Polen.

Robert Stöppler, Direktor, Berlin.

Reinhold Wicar, Generaldirektor, Ingenieur, Budapest.

Otto Wolff, Techniker, Berlin.

Ernst Conrad Zehme, Oberingenieur, Althauptschriftleiter der

ETZ, Berlin.

Emil Ziehl, Direktor, Stellvertretender Leiter unseres Bezirks,

Berlin.

Meine Fachgenossen, wir werden allen diesen Verstorbenen ein ehrendes Andenken bewahren. Darüber hinaus haben wir diejenigen, die uns durch langjährige treue Mitarbeit besonders nahegestanden haben, durch besondere Nachrufe in der ETZ geehrt. Die Namen derer, die ihr Leben für Führer und Reich hingaben, sind eingereiht in die Reihen unserer großen Toten des Weltkrieges. Sie haben sich zu Ehren der Verstorbenen von den Plätzen erhoben. Ich danke Ihnen.

Wenn ich Ihnen jetzt den Bericht über das Geschäftsjahr 1939 gebe, so rückt das größte Ereignis dieses Jahres, der Ausbruch des Krieges am 1. September, mit aller Wucht in den Vordergrund. Wie überall, so war dieses Ereignis auch für unsere Arbeit von einschneidender Bedeutung. Während in den ersten 8 Monaten des abgelaufenen Jahres unsere Arbeit einen normalen Verlauf nahm, ruhte während der Dauer des Polenfeldzuges die Vortragstätigkeit ganz. In den Monaten Januar bis August 1939 fanden 5 Bezirksversammlungen, 13 Fachversammlungen sowie gemeinsam mit einigen anderen Berliner Vereinen am 16. 3. 1939 eine Gedächtnisfeier anlässlich des 150. Geburtstages von Georg Simon Ohm statt.

(Fortsetzung S. 284)



**Staatliches Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem**

Unter den Eichen 87  
Fernsprecher: 76 27 51

**Bekanntmachung über Kunstharz-Preßmassen<sup>1)</sup>  
für typisierte und überwachte Preßstoffe<sup>2)</sup>**


Gemäß Vertrag zwischen dem Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem und der Technischen Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V. werden

<sup>1)</sup> Kunstharz-Preßmassen im Sinne dieser Bekanntmachung sind harte, warm zu verpressende Erzeugnisse (auf der Grundlage von Phenol- oder Harnstoff-Harzen) sowie nicht hartbare Spritzgußmassen (Typ A), welche als ungeformte Halbfabrikate in den Handel gebracht werden.

Kunstharz-Preßstoffe sind die aus Kunstharz-Preßmassen im Preß- oder Preßspritz-Verfahren hergestellten Formkörper (Preßlinge); vgl. auch Begriffs-

vom Amt die in den Tafeln A, B und C aufgeführten Kunstharz-Preßmassen ständig überwacht. Nur diese Kunstharz-Preßmassen dürfen mit der Bezeichnung

„typisiert und überwacht vom Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem“

in den Handel gebracht werden. Die Verpackungen dieser Preßmassen tragen das Überwachungszeichen  (vgl. DIN 7702), in welchem das Firmen-Kennzeichen und das Typzeichen angegeben sind.

Pressereien, die nicht selber Kunstharz-Preßmassen herstellen, dürfen für die Herstellung von Kunstharz-Preßteilen

(Fortsetzung S. 284)

Erklärungen in VDE 0320/1939 „Leitsätze für nichtkeramische gummitreie Isolierpreßstoffe“.

<sup>2)</sup> Vgl. „Bekanntmachung über typisierte und überwachte Preßstoffe“, Tafel I und III in den folgenden Heften 12 u. 13 der ETZ.

Tafel A

Firma	Firmen-Kennzeichen im Überwachungszeichen	Typ											
		11		12		M		0		S		T1	
		Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung
Dr. Kurt Albert G. m. b. H., Chemische Fabriken, Amöneburg bei Wiesbaden-Biebrich	Al	Alberlit-Preßmasse Typ 11	9200	Alberlit-Preßmasse Typ 12	9000	—	—	—	—	Alberlit-Schnellpreßmasse Typ S	200 400 500 800 900 1300 2000 2500 3000 3500 4000 2200 2700 3700	Alberlit-Preßmasse Typ T1	6500
Bakelite Gesellschaft m. b. H., Erkner bei Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ 11	1 100 G	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ 12	1 200 A	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ M	M 1300	Bakelite-Preßmasse Typ 0	0 300	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ S	S 600 S 700 S 800 S 900 S 1000 S 6600 S 6700	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ T1	T 1400
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid- und Kunststoff-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges., m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	DAG	Trolitan 1/37	7000	Trolitan I Trolitan AF	7000 7000	Trolitan AW	7000	—	—	Trolitan S	2000 2100 2200 2300 2400 2600 2700 2500	Trolitan L Trolitan CL	7000 7000
Internationale Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Hamburg-Harburg 1	IGG	—	—	—	—	—	—	—	—	Kerit-Schnellpreßmasse Typ S	0 100 300 1000 1100 1200 2000 11000 11300 12000	—	—
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Abt. Kunststoffe, Hamburg 33	NYH	Faturan-Gesteinsmehlmasse Typ 11	700 700 AF	Faturan-Asbestfaser-masse Typ 12	900	—	—	—	—	Faturan-Schnellpreßmasse Typ S	0 100 500 2000 2500 500 AF 2500 AF	Faturan-Textilfaser-masse Typ T1	600 600 AF
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	Neoresit-Preßmasse Typ 11	400 4000	Neoresit-Preßmasse Typ 12	500	Neoresit-Asbest-schnurpreßmasse Typ M	600	Neoresit-Preßmasse Typ 0	0	Neoresit-Preßmasse Typ S	100 200 1000 2000 5000 6000	Neoresit-Textilpreßmasse Typ T1	7000
Dr. F. Raschig G. m. b. H., Chemische Fabrik, Ludwigshafen a. Rhein	Ra	Resinol Typ 11	400	—	—	—	—	—	—	Resinol Typ S	100 200 300 700 800 900	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	HRS	Hares F1	1930 ... 1949	Hares F2	1950 ... 1969	Ralotext	1910 ... 1929	—	—	Hares S	HO 0 700 900 1700 5000 300	Hares L1	2000 ... 2049
Vereinigte Chemische Fabriken Kneidl, Heller & Co. Nig., Wien, XXI	VCF	—	—	—	—	—	—	—	—	Deligna S	1000 4000 6000	—	—

<sup>1)</sup> Die Reihenbezeichnung 0 umfaßt die Nummern 0 bis 99, die Reihenbezeichnung 100 umfaßt die Nummern 100 bis 199 usw.

Tafel B

Firma	Firmen-Kennzeichen im Überwachungszeichen	Typ													
		T2		T3		Z1		Z2		Z3		K		A	
		Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung
Dr. Kurt Albert G.m.b.H., Chemische Fabriken, Amöneburg bei Wiesbaden-Biebrich	Al	Alberit-Preßschnitzel Typ T2	6700	—	—	Alberit-Preßflocken Typ Z1	6000 6100	Alberit-Preßschnitzel Typ Z2	6200	Alberit-Preßbahnen Typ Z3	5500 5000	—	—	—	—
Bakelite Gesellschaft m.b.H., Erkner bei Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ T2	T 2400 T2400 A	—	—	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ Z1	Z 1500	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ Z2	Z 2500	—	—	Bakelite-Harnstoff-Schnellpreßmasse Typ K	K 7000 K 7600 K 7800	—	—
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid- und Kunststoff-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	DAG	Trollitan LT	7000	Trollitan-Preßbahnen Typ T3	7000	Trollitan C	7000	Trollitan CT Dynamal Typ Z2	7000 400	Trollitan FT	7000	siehe Tafel C	—	siehe Tafel C	
Internationale Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Hamburg-Harburg 1	IGG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Abt. Kunststoffe, Hamburg 33	NYH	Faturan-Textilschnitzelmasse Typ T2	300 300 AF	Faturan-Gewebe-Preßbahnen Typ T3	3000	Faturan-Faser-masse Typ Z1 Faturan-SF-Masse Faturan-ZF-Masse	800 800 AF 200/25 200	Faturan-Schnitzelmasse Typ Z2	400 400 AF	Faturan-Zellstoff-Preßbahnen Typ Z3	4000	—	—	—	—
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	Neoresit-Textilpreßmasse Typ T2	700	—	—	Neoresit-Preßmasse Typ Z1	800	Neoresit-Zellulosepreßmasse Typ Z2 Neoresit-Papierfädenpreßmasse Typ Z2	900 9000	—	—	—	—	—	—
Dr. F. Raschig G. m. b. H., Chemische Fabrik, Ludwigshafen a. Rheln	Ra	Fibresinol Typ T2	500	—	—	—	—	Resinol Typ Z2	11 200	—	—	—	—	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	HRS	Hares L2	1980 ... 1999	Hares L3	2050 ... 2099	Deurohlit Z1	ME 61...80	Deurohlit Z2	HE 81...100	Deurohlit Z3	HE 101 ... 110	—	—	—	—
Verenigte Chemische Fabriken Kreidl, Heller & Co. Nfg., Wien, XXI	VCF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tafel C

Firma	Firmen-Kennzeichen im Überwachungszeichen	Typ									
		11*		0*		S*		K*		A*	
		Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung	Handelsbezeichnung	Reihenbezeichnung
Bakelite Gesellschaft m.b.H., Erkner bei Berlin	Ba	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ 11*	1 100	Bakelite-Preßmasse Typ 0*	0 300	Bakelite-Schnellpreßmasse Typ S*	S* 6000 S* 6100 S* 6200	Bakelite-Harnstoff-Schnellpreßmasse Typ K*	K 7000 K 7600 K 7800	—	—
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid- und Kunststoff-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	DAG	—	—	—	—	Trollitan SD, Typ S*	2000 2100 2200 2300 2400 2600 2700	Pollopas-Normal Pollopas-Spezial Pollopas-Universal Pollopas-Sonderfarbeu	4000 4800 5000 4800 5000 4000	Trollit W	1000
New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Abt. Kunststoffe, Hamburg 33	NYH	—	—	—	—	Faturan-Schnellpreßmasse Typ S*	500*	—	—	—	—
Aug. Nowack Aktiengesellschaft, Bautzen	No	—	—	—	—	Neoresit-Preßmasse Typ S*	300	—	—	—	—

1) Die Reihenbezeichnung 0 umfaßt die Nummern 0 bis 99, die Reihenbezeichnung 100 umfaßt die Nummern 100 bis 199 usw.



Firma	Firmen-Kennzeichen im Überwachungszeichen	Typ									
		11*		0*		S*		K*		A*	
		Handels- bezeichnung	Reihen- (1)	Handels- bezeichnung	Reihen- (1)	Handels- bezeichnung	Reihen- (1)	Handels- bezeichnung	Reihen- (1)	Handels- bezeichnung	Reihen- (1)
Dr. F. Raschig G. m. b. H., Chemische Fabrik, Ludwigshafen a. Rhein	Ra	Resinol Typ 11*	400	—	—	Resinol Typ S*	800	—	—	—	—
						Resinol Typ S*	4622				
						ammoniak-frei	10 700				
							10 800				
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	HRS	—	—	—	—	Hares S*	700*	—	—	—	—
Vereinigte Chemische Fabriken Kneidl, Heller & Co. Nfg., Wien, XXI	VCF	—	—	—	—	Deligna S*	4000	—	—	—	—

<sup>1)</sup> Die Reihenbezeichnung 0 umfaßt die Nummern 0 bis 99, die Reihenbezeichnung 100 umfaßt die Nummern 100 bis 199 usw.

(Fortsetzung von S. 282)

(Kunstharz-Preßstoffen) mit dem Überwachungszeichen nur die in den Tafeln A, B und C aufgeführten Kunstharz-Preßmassen verwenden.

Diejenigen Kunstharz-Preßmassen, welche als Preßstoff den in der Typisierung<sup>3)</sup> aufgeführten elektrischen Sonder-

<sup>3)</sup> Vgl. „Typisierung der gummierten nichtkeramischen Isolierpreßstoffe“. Plastische Massen 7 (1937) S. 339; ETZ 58 (1937) S. 1254; Kunststoffe 27 (1937) S. 330.

(Fortsetzung von S. 281)

Im Laufe des Oktober begann dann im Einvernehmen mit dem NSBDT, die Vortragstätigkeit wieder, nachdem sich allgemein die Ansicht durchgesetzt hatte, daß im Kriege erst recht das schaffende Leben, soweit als irgend möglich, in normalen Bahnen gehalten werden müsse. Wie üblich hielten wir daher in den Monaten Oktober und November je eine Bezirksversammlung ab, davon die erstere gemeinsam mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft. Mit Rücksicht auf die Verdunkelung beginnen alle Veranstaltungen bereits um 18<sup>00</sup>. Wenn auch die rege Beteiligung an den Versammlungen der beste Dank an die Leiter der Fachgebiete und die Mitglieder des Hauptausschusses für ihre selbstlose Mitarbeit ist, so möchte ich doch noch meinen besonderen Dank allen beteiligten Herren, insbesondere dem Leiter des Hauptausschusses, Herrn Professor Dr.-Ing. Moeller, zum Ausdruck bringen.

Unsere einzelnen Arbeitsgemeinschaften hielten von Januar bis August 1939 insgesamt 103 Vortragsabende ab. Während des Feldzuges in Polen ruhte natürlich auch hier die Arbeit, zumal mehrere Leiter von Arbeitsgemeinschaften zum Heeresdienst einberufen wurden. Im Monat November lief aber auch in den Arbeitsgemeinschaften der Betrieb wieder an. Es war eine Freude festzustellen, wie ohne besondere Aufforderung seitens unserer Geschäftsführung an die Stelle der eingezogenen Arbeitsgemeinschaftsleiter andere rückten, so daß die Betriebsamkeit unserer jungen Elektrotechniker sehr bald beinahe den alten Umfang wieder annahm. Bereits im November fanden wieder 8 Gemeinschaftsabende statt. Mein Dank und meine Anerkennung für die Mitarbeit unserer Arbeitsgemeinschaftsleiter und ihren Obmann, Dipl.-Ing. von dem Knesebeck, ist daher besonders herzlich.

Aus erklärlichen Gründen ist die Durchführung von Werksbesichtigungen für die Dauer des Krieges so gut wie unmöglich geworden. Mein Bericht weist daher für 1939 nur vier solcher Besichtigungen auf, für deren Durchführung wir den Unternehmungen, bei denen wir zu Gast waren, sehr zu Dank verpflichtet sind.

Unser Gemeinsamer Fachausschuß mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule setzte im Berichtsjahr die Ende 1938 angefangene Vortragsreihe: „Das freie Elektron in der Physik und Technik“ fort. Zwei weitere in Vorbereitung gewesene Vortragsreihen mußten wegen des Krieges leider zunächst zurückgestellt werden. Doch wollen wir hoffen, daß es dem Fachausschuß unter der bewährten Leitung von Herrn Dr.-Ing. E. h. Trettin, dem auch heute wieder mein herzlicher Dank gilt, bald gelingt, die geplanten Vortragsreihen den Kriegsgegebenheiten anzupassen und durchzuführen.

Unser Ausschuß für geschichtliche Arbeiten ist im abgelaufenen Geschäftsjahr unter der Leitung des leider inzwischen verstorbenen Herrn Oberingenieur Zehme besonders rege gewesen. Eine geschichtliche Arbeit über die „Entstehung der Dynamomaschine“ ist bereits in Druckvorbereitung und wird bald als V. Band der „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik“ herausgegeben werden. Außerdem sind

anforderungen genügen und als Zusatz zum Typzeichen einen Stern führen, sind in Tafel C gesondert aufgeführt.

Die in den Zeitschriften: Kunststoff-Technik und Kunststoff-Anwendung 9 (1939) S. 96; ETZ 60 (1939) S. 347 und Kunststoffe 29 (1939) S. 93 bekanntgegebenen Tafeln A, B und C sind hiermit ungültig.

Berlin-Dahlem, den 22. 2. 1940.

Der Präsident  
i. V. Kindscher

zwei weitere Arbeiten im Werden. Bis zur Ernennung eines über die erforderliche Zeit verfügenden Nachfolgers für Herrn Zehme wird der Gesichtsausschuß dankenswerter Weise von Herrn Dr. Moench betreut.

Die Herausgabe unserer VDE-Mitteilungen haben wir mit Beendigung des Vortragsabschnittes 1938/39 eingestellt. Unsere Vortragsankündigungen sind jetzt nur noch in der ETZ und der RDT zu finden.

An gesellschaftlichen Veranstaltungen sind das Winterfest am 7. Januar 1939 und ein Ausflug zur Löcknitz am 8. Juli 1939 zu erwähnen. Beide Veranstaltungen führten eine große Zahl von Mitgliedern und Gästen zusammen und verliefen in sehr harmonischer Weise.

Am 20. Dezember 1939 blickte unser Bezirk, der vormalige Elektrotechnische Verein, auf sein 60 jähriges Bestehen zurück. Es war beabsichtigt, dieses Jubiläum am 6. 1. 1940 im Rahmen des herkömmlichen Winterfestes würdig zu begehen. Sehr weitgehende Vorbereitungen waren schon getroffen gewesen. Gerne werden wir diese Feier bis zur siegreichen Heimkehr unserer Frontkameraden zurückstellen.“

Zu Punkt 3:

**Vorsitzender:** „Als Rechnungsprüfer für das Geschäftsjahr 1939 sind mir wieder die Herren Professor Dr. Faßbender und Oberpostrat Dr. Moench vorgeschlagen worden. Wenn sich kein Widerspruch erhebt — dies ist nicht der Fall — betrachte ich die beiden Herren, die sich schon vorher zur Annahme des Amtes bereit erklärt haben, als gewählt.“

Zu Punkt 4:

Herr Dr. Leukert hält seinen Vortrag über „Neuerungen bei Synchronmaschinen“. Im Verlaufe der daran anschließenden Aussprache wurde von Herrn Dr.-Ing. Putz ein stroboskopischer Film über das Verhalten eines großen Synchronmotors bei Anlauf, Belastung, Entlastung — sowie Umpolung, Wegnahme und Wiedereinschalten der Erregung vorgeführt. Mit herzlichen Dankesworten des Vorsitzenden an die Vortragenden fand die Versammlung ihren Abschluß.

VDE Bezirk Berlin  
vorm. Elektrotechnischer Verein E. V.  
M. Kloss

#### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

H. Mutschke, Berlin-Lichtenberg, Eberhardstr. 4.  
Dipl.-Ing. R. Schütz VDE, Essen, Rellinghauser Str. 201.  
Dipl.-Ing. H. Stöbinger VDE, Finkenkrug b. Berlin, Finkenweg.

Abschluß des Heftes: 8. März 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE  
G. H. Winkler VDE und H. Hasse VDE  
Stellvertretung:  
G. H. Winkler VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.  
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 21. März 1940

Heft 12

## Der Fernsehdienst der Deutschen Reichspost

Von A. Gehrts VDE, Berlin

DK 621.397

**Übersicht.** Am 22. März kann der Fernsehdienst der Deutschen Reichspost auf eine fünfjährige Tätigkeit zurückblicken. Die unablässigen Bemühungen der Deutschen Reichspost, das neue kulturell wertvolle Nachrichtenmittel des Fernsehens in möglichst vollendeter Form in den Dienst der Allgemeinheit zu stellen, haben in diesen fünf Jahren eines riesigen Aufschwunges des Fernsehens bedeutende Erfolge gezeitigt; das deutsche Fernsehen ist führend. Der folgende Überblick über diese Fernsehentwicklung der letzten Jahre und über ihre Erfolge gewährt gleichzeitig einen Einblick in die Aufgaben und Eigenart der Fernsehtechnik.

Vor fünf Jahren, am 22. 3. 1935, wurde in den Räumen des Reichspostmuseums in Berlin die erste

öffentliche Fernsehstelle dem Betrieb übergeben und damit der Fernsehdienst der Deutschen Reichspost eröffnet. Die Deutsche Reichspost hielt damals den Zeitpunkt für gekommen, die von ihr errichteten und erprobten Fernsehsender der Reichsrundfunkgesellschaft zur Werbung für das Fernsehen zur Verfügung zu stellen<sup>1)</sup>. Seit diesem Tage finden regelmäßige Fernseh-Programm-sendungen statt. Naturgemäß konnte es sich hierbei anfangs nur um einen Ver-

suchsbetrieb handeln, der aber unbedingt nötig war, um die für den Fernsehdienst erforderlichen Erfahrungen zu sammeln, die bei der Weiterentwicklung der Fernsehtechnik nutzbringend verwertet wurden. Da noch mit wesentlichen Umstellungen im Sendebetrieb (Änderung der Zeilenzahl, der Gleichlaufzeichen u. a. m.) als Ergebnis dieser ersten versuchsmäßigen Fernseh-Programm-sendungen zu rechnen war, erschien es zweckmäßig, vorerst auf einen Vertrieb und Verkauf von Fernsehempfängern (zu anfänglich verhältnismäßig hohen Preisen) zu verzichten und den Fernsehempfang der Allgemeinheit in einer Reihe von öffentlichen Fernsehstellen (Bild 1), zu denen jedermann unentgeltlichen Zutritt hat, zugänglich zu machen, also in der Form des Gemeinschaftsempfanges. Der Wert und die Bedeutung eines

solchen Fernseh-Gemeinschaftsempfanges, eines gemeinsamen Miterlebens großer Geschehnisse, trat bei der Fernsehübertragung der Olympischen Spiele (1936) und des Nürnberger Parteitages (1937) klar in Erscheinung; diese erfolgreichen Fernsehübertragungen ließen aber auch den Wunsch nach einem Heim-Fernsehempfang immer lebhafter werden. Im vergangenen Jahre war nun die Entwicklung des Fernsehens so weit gediehen, daß alle Voraussetzungen technischer und wirtschaftlicher Natur erfüllt zu sein schienen, um diesem Verlangen entsprechen zu können. Anlässlich der 16. Großen Deutschen Rundfunk- und Fernsehausstellung (in Berlin vom 28. 7. bis 6. 8. 1939) wurde vom Herrn Reichspostminister

Dr.-Ing. e. h. Ohnesorge<sup>2)</sup> die Einführung des allgemeinen Fernsehempfanges bekanntgegeben<sup>3)</sup>. Dies bedeutet, daß die technisch-wissenschaftliche Entwicklung auf dem Fernsehgebiet einen gewissen Abschluß erreicht hat, der die Durchführung eines regelmäßigen Sendebetriebs nunmehr ermöglicht und die Reihenherstellung von Empfängern berechtigt erscheinen läßt. Ein Überblick über diese Fernsehentwicklung der letzten fünf Jahre ge-



Bild 1. Fernseh-Gemeinschaftsempfang in einer Fernsehstelle der Deutschen Reichspost.

währt gleichzeitig einen Einblick in die Aufgaben und die Eigenart der Fernsehtechnik.

### 1. Die Übertragungskanäle

Die Übermittlung eines Fernsehbildes nach dem Einzelkanalverfahren, das nach dem heutigen Stande der Technik allein in Betracht kommt, erfordert die Übertragung eines Frequenzbandes von einigen MHz Breite, da die Helligkeitswerte sämtlicher Bildpunkte nacheinander in  $\frac{1}{25}$  s übertragen werden müssen; die Übermittlung von mindestens 25 Bildern in der Sekunde ist aber nötig, um einen stetig verlaufenden Bewegungsvorgang auch dem Beobachter am Fernsehempfänger stetig verlaufend erscheinen zu lassen. Die Bildübertragung selbst kann auf

<sup>2)</sup> W. Ohnesorge, Zukunftsaufgaben der Deutschen Reichspost. Völk. Beob. v. 27. Juni 1939.

<sup>3)</sup> Bericht über diese Ausstellung: H. Salow, ETZ 60 (1939) S. 1173.

<sup>1)</sup> H. Begrlich, Arch. Post Telegr. 64 (1936) S. 241

drahtlosem Wege erfolgen oder auch über Leitungen oder Kabel. Bei der Übertragung auf drahtlosem Wege können nur ultrakurze Wellen als Trägerwellen verwendet werden, da nur im Wellenbereich unterhalb 10 m keine störenden, den Bildinhalt verwischenden Echoerscheinungen<sup>4)</sup> auftreten. In Großstädten und dicht bewohnten Gebieten macht sich nun in diesem Wellenbereich eine zusätzliche, mit der Frequenz schnell anwachsende Dämpfung<sup>5)</sup> bemerkbar, die durch Streuung und Reflexion an den Gebäuden, die erklären ist. Bei einer Trägerfrequenz von 40 MHz (rd. 7 m Wellenlänge) hat diese Dämpfung noch keinen zu hohen Betrag, auch die Schattenwirkung der Hindernisse ist noch nicht zu ausgesprochen. Unter den Wellenbereichen, die nach den zwischenstaatlichen Vereinbarungen<sup>6)</sup> für Fernsehsendungen zur Verfügung gestellt werden (40,5 bis 56 MHz, 56 bis 58,5 MHz, 64 bis 70,5 MHz, 85 bis 94 MHz, 170 bis 200 MHz), ist daher der Bereich von 40,5 bis 56 MHz für eine Versorgung von Großstädten mit Fernschrundfunk der günstigste. Um

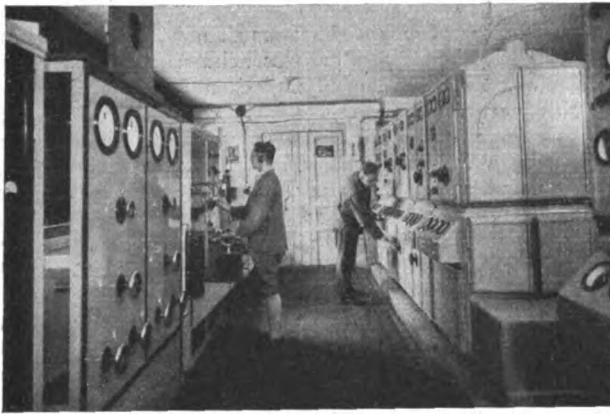


Bild 2. Fernsehsender Berlin-Witzleben der Deutschen Reichspost.

gegenseitige Störungen zu vermeiden, müssen unmittelbar benachbarte Versorgungsgebiete mit verschiedenen Trägerwellen arbeiten, während infolge der nur geringen Reichweite der ultrakurzen Wellen für Versorgungsgebiete, die etwas weiter auseinander liegen, die gleiche Trägerwelle vorgesehen werden kann<sup>7)</sup>. In dem Bereich von 40,5 bis 56 MHz können nun drei Fernsehsendungen<sup>8)</sup> auf getrennten Trägerwellen durchgeführt werden, wenn für jede Fernsehsendung ein Kanal von 5 MHz beansprucht wird. Das ermöglicht bei einer Zweiseitenbandübertragung die Übermittlung eines Frequenzbandes von  $\pm 2$  MHz für die Bildsendung und einen Abstand von 2,8 MHz zwischen den Trägerwellen für Bild und Ton (42,8, 47,8 und 52,8 MHz für Bild und 40, 45, 50 MHz für Ton). Der Abstand der Tonträgerwelle von der Kante des nächstfolgenden Bildfrequenzbandes beträgt dabei 0,2 MHz. Der von der Deutschen Reichspost für die drahtlosen Fernsehsendungen zur Zeit eingesetzte Sender (Bild 2) in Berlin-Charlottenburg arbeitet auf Welle 6,67 m (45 MHz) für Ton und 6,28 m (47,8 MHz) für Bild. Die Frequenzverteilung der A. V. O. (Vollzugsverordnung)<sup>9)</sup> der Weltnachrichtenkonferenz Kairo 1938 legt bei der Zuweisung der Frequenzen für das Fernsehen einen Kanal von 6 MHz vorsorglich zugrunde. Bei einer Zweiseitenbandübertragung ermöglicht ein solcher Kanal<sup>10)</sup> die Übertragung eines Frequenzbandes von rd.  $\pm 2,5$  MHz Bandbreite mit einem Abstand von 3,25 MHz zwischen den

Trägerwellen für Bild und Ton (Abstand der Tonträgerfrequenz von der Kante des nächstfolgenden Bildfrequenzbandes etwa 0,25 MHz).

Da die weitere Entwicklung, soweit sich bisher übersehen läßt, wohl zu einer Einseitenbandübertragung<sup>10)</sup> führen wird, dürfte es im Hinblick auf den Wellenmangel zweckmäßig sein, nur einen Kanal von 5 MHz für die Fernschrundfunk vorzusehen.

Der Fernschrundfunk wird die Übertragung von solchen Ereignissen bevorzugen, an denen die Volksgemeinschaft in ihrer Gesamtheit Anteil nimmt und bei denen die Eigenart der Fernsehübertragung, die in seiner Aktualität, im Miterleben am Fernsehempfänger liegt, besonders in Erscheinung tritt. Übertragungen von politischen Veranstaltungen, kulturellen und sportlichen Ereignissen, die in großen Versammlungsräumen oder unter freiem Himmel stattfinden, werden also den Kern des Programms des Fernschrundfunks bilden. Die Aufnahmen derartiger Ereignisse können dem Fernsehsender entweder drahtlos oder über Kabel zugeleitet werden. Im ersteren Fall wird am Aufnahmeort ein fahrbarer Sender<sup>11)</sup> aufgestellt, der die Fernsehaufnahmen drahtlos an einen Empfänger beim Hauptsender übermittelt, der sie dann diesem etwa auf der 7 m-Wellen arbeitenden Sender als Modulation zuführt. Der Zubringersender arbeitet auf einer höheren Frequenz, z. B. auf Dezimeterwellen. Die Trägerfrequenz ist dabei so zu wählen, daß sie mit keiner Harmonischen der Frequenzen des Hauptsenders (Bild- und Tonsenders) zusammenfällt. Ein derartiger Zubringerdienst ist von der Deutschen Reichspost entwickelt und erprobt. Die Übertragung eines Frequenzbandes von einigen MHz bietet bei den hohen Trägerfrequenzen der Zubringersender keine besonderen Schwierigkeiten.

Finden die Fernsehaufnahmen an Stellen statt, an denen sich erfahrungsgemäß öfter Ereignisse und Veranstaltungen abspielen, die die Allgemeinheit interessieren und die sich für eine Fernsehübertragung eignen, so ist eine Übermittlung der Aufnahmen an den Sender auf dem Kabelwege vorzuziehen. Kabelanschlüsse, die es ermöglichen, Fernsehaufnahmegeräte unmittelbar anzuschalten und so dem Sender die Aufnahmen zuzuführen, sind von der Deutschen Reichspost u. a. in Berlin auf dem Reichsportfeld (Olympisches Stadion, Schwimmstadion) eingebaut. Auch für die Beschickung mehrerer Fernsehsender mit dem gleichen Programm, was schon aus Gründen der Kostenersparnis erwünscht ist, benötigt der Fernschrundfunk ein eigenes Kabelnetz. Es ist an sich denkbar, auch diese Beschickung mehrerer Fernsehsender mit dem gleichen Programm auf drahtlosem Wege mit Hilfe von Relaisendern vorzunehmen. Da die Reichweite der Relaisender naturgemäß nicht groß ist, würde die Überbrückung erheblicher Entfernungen die Aufstellung einer großen Anzahl dieser Sender erfordern. Abgesehen von der Schwierigkeit der Auswahl eines geeigneten Wellenbereiches muß abgewartet werden, ob es gelingen wird, die vielfachen zu erwartenden Störungen bei einer derartigen Übertragung auszuschalten (Verzerrungen durch Schwunderscheinungen infolge reflektierter Strahlen, Störungen durch atmosphärische Entladungen). Das Kabelnetz besitzt demgegenüber den Vorteil des völligen Fehlens von Störungen.

Die sehr breiten Frequenzbänder, die für Fernsehsendungen erforderlich sind, lassen sich wirtschaftlich nur über besonders gebaute Kabel, die Breitbandkabel<sup>12)</sup>, übertragen, die heute durchweg als koaxiale Kabel<sup>13)</sup> gebaut werden. Der Innenleiter ist ein massiver Kupferdraht,

4) W. Federmann, *Fernsehen* 2 (1931) S. 179. — F. Schröter, *Elektr. Nachr.-Techn.* 8 (1931) S. 462.

5) F. Schröter, *Elektr. Nachr.-Techn.* 8 (1931) S. 462; vgl. auch H. H. Beverage, *RCA Rev.* Jan. 1937; *Television* (RCA-Press) Vol. II S. 98.

6) Vgl. den Auszug aus der A.O.V. der Weltnachrichtenkonferenz Kairo 1938 bei B. Hornung, *Telefunken-Hausmitt.*, Sept. 1938, H. 79, S. 78.

7) W. Scholz, *Elektr. Nachr.-Tech.* 12 (1935) S. 3; *Fernsehen* 7 (1936) S. 25.

8) F. Banneitz, *Fernsehen* 8 (1937) S. 85.

9) Vgl. z. B. A. F. Murray, *Electronics*, N. Y. (1938) S. 28, 29, 55.

10) R. Urtel, *Telefunken-Hausmitt.* Juli 1939, H. 81, S. 80; — fernet W. J. Poch u. D. W. Epstein *RCA-Rev.* Jan. 1937; *Television* (RCA-Press) Vol. II S. 134 bis 150. — St. Goldmann, *Proc. Inst. Radio Engrs.*, N. Y. 27 (1939) S. 725.

11) B. Trevor u. O. E. Dow, *Television*, Vol. II (RCA-Press) S. 151.

12) Ausführliche Schrifttumangaben bei G. Wuckel in F. Gladenbeck, *Jb. elektr. Fernmeldewes.* 1937 S. 380 und bei A. Gehrts, *Europ. Fernsprechdienst* (1939) H. 51 S. 18.

13) H. F. Mayer u. E. Fischer, *ETZ* 56 (1935) S. 1245. S. a. *ETZ* 59 (1938) S. 423 u. E. Müller, *ETZ* 59 (1938) S. 815.

der Außenleiter besteht aus verseilten Kupferbändern oder Halbrohrröhren mit eingepreßten Sicken. Zur Isolierung der beiden Leiter werden teils Scheiben aus Frequenta, einem hart gebrannten Speckstein, verwandt, die in größeren Abständen voneinander angebracht werden, teils auch Kordel aus Styroflex, einer Polyvinylverbindung. Durch Verwendung dieser neuen Isolierstoffe mit geringem dielektrischem Verlustwinkel im ganzen Frequenzbereich und durch die gewählte Bauart der Kabel ist erreicht, daß die Ableitungsverluste so gering sind, daß die Dämpfung der Kabel praktisch nur durch die durch den ohmschen Widerstand hervorgerufenen Verluste gegeben ist, also nur von den Abmessungen des Innen- und Außenleiters abhängt. Das deutsche Breitbandkabel bildet ferner den Kern eines Fernkabels mit einer großen Anzahl von papierisolierten Viererseilen oder Doppelleitungen. Durch diese Unterbringung des koaxialen Kabels in der Mitte eines kombinierten Kabels sowie durch die Schutzwirkung eines das koaxiale Kabel umgebenden besonderen Bleimantels ist sichergestellt, daß das koaxiale Kabel im gesamten Frequenzbereich praktisch störfrei ist. Da somit Außenstörungen und Nebensprechererscheinungen nicht auftreten, kann eine Verstärkerfelddämpfung von  $7 N_p$  (durch das Wärme-rauschen des Kabels und das Röhrenrauschen der Verstärker bedingter Grenzwert) zugelassen werden. Ein entsprechender normaler Breitbandverstärker hat eine Ausgangsrauschspannung von etwa 2 mV, der eine Eingangsruschspannung von  $2 \mu V$  entsprechen würde. Ein Sendepiegel für das Fernsehfrequenzband von 2 V läßt sich noch leicht mit verhältnismäßig geringem Aufwand unverzerrt erzeugen. Wird ferner ein Verhältnis von Nutzpegel zu Störpegel von 100 : 1 (Verhältnis zwischen maximalem Bildstrom und Störstrom) zugrunde gelegt und berücksichtigt, daß die Rauschspannung proportional der Wurzel aus der Anzahl der Verstärker ist, so reicht ein Verstärkerabstand von 17 km bei  $7 N_p$  Verstärkerfelddämpfung auch für die größten in Deutschland vorkommenden Entfernungen zur Übertragung eines Frequenzbandes bis zu 4 MHz aus. Die erforderliche kilometrische Dämpfung von  $0,4 N_p/km$  bei 4 MHz wird durch Wahl eines Innenleiters von 5 mm Dmr. und eines Außenleiters von 18 mm Dmr. für das koaxiale Kabel erzielt; die kilometrische Dämpfung beträgt bei diesen Abmessungen  $0,16 N_p/km$  für 1 MHz und  $0,32 N_p/km$  für 4 MHz. Der Verstärkerabstand von 17 km paßt sich gut dem Verstärkerabstand im deutschen Fernkabelnetz an, der das Vierfache (rd. 70 km) beträgt. Die Übertragung breiterer Frequenzbänder als 4 MHz würde einen unverhältnismäßig hohen Aufwand erfordern und scheidet vorerst als unwirtschaftlich aus.

Für Fernsehübertragungen über Breitbandkabel<sup>14)</sup> kommt nur eine trägerfrequente Übertragung in Betracht, da die Frequenz Null (mittlere Bildhelligkeit) mitübertragen werden muß und die Laufzeitdifferenzen bei tiefen Frequenzen sehr groß sind. Die Übertragung erfolgt mit einer Trägerfrequenz von etwa 4,2 MHz als Einseitenbandübertragung, da hierbei eine wesentlich günstigere Ausnutzung des übertragenen Frequenzbandes möglich ist. Die Trägerfrequenz wird an das obere Ende des zu übertragenden Frequenzbandes gelegt. Die ganz tiefen Modulationsfrequenzen in unmittelbarer Nähe des Trägers werden noch mit beiden Seitenbändern übertragen, wobei eine Schwächung der Frequenzen des einen Seitenbandes durch eine entsprechende Bevorzugung der Frequenzen des anderen ausgeglichen werden kann. Die Frequenzen in größerem Abstand vom Träger werden dagegen nur noch in einem Seitenband übertragen; durch eine geeignete Amplitudenentzerrung werden sie entsprechend höher verstärkt.

Mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit wird der untere Teil des Frequenzbandes in Breitbandkabeln (bis

zu etwa 1 MHz), der an sich nur schwer für Fernsehübertragungen ausgenutzt werden kann, für den Fernsprechverkehr freigehalten. Im Frequenzbereich von 0,1 bis 0,8 MHz lassen sich etwa 200 trägerfrequente Gespräche unterbringen, und es kann so der Forderung nach einer starken Vermehrung von Verbindungen zwischen starken Verkehrszentren mit dem geringsten Aufwand entsprochen werden. Ursprünglich war nun beabsichtigt, das Breitbandkabelnetz in der Weise auszunutzen, daß der Bereich von 2 bis 4 MHz dem Fernsehrundfunk zur Verfügung gestellt wird. Unterhalb 2 MHz hätte dann noch ein Frequenzband von 500 kHz für den Fernsprechdienst (Bild 3) untergebracht werden können. Dieses



Bild 3. Fernsprechkabine der Deutschen Reichspost.

erübrigt sich, wenn der gleiche Übertragungskanal dem Fernsprechdienst und dem Fernseh Rundfunk, jedoch zu verschiedenen Zeiten, zur Verfügung gestellt wird. Planung und Aufbau der Verstärker sind so wesentlich erleichtert, unnötige Frequenzweichen kommen in Fortfall, und es kann nunmehr der erweiterte Bereich von 1,5 MHz bis 4,2 MHz für die Fernsehübertragung ausgenutzt werden.

Die erste Breitbandkabelverbindung Berlin—Leipzig wurde am 1. 3. 1936 dem Betrieb übergeben. Sie wurde zunächst zur Übertragung eines Bandes von 800 bis 1300 kHz im Fernsprechkabine benutzt. Zur Zeit ermöglicht das Breitbandkabelnetz der Deutschen Reichspost<sup>15)</sup> Verbindungen zwischen Berlin, Leipzig, Nürnberg und München. Hamburg wird in Kürze an dieses Netz angeschlossen, Wien, Frankfurt (Main) und Köln folgen in einiger Zeit. Mit der Umstellung der Übertragung auf breitere Frequenzbänder (Einseitenbandübertragung, Frequenzband von 2,4 MHz) ist begonnen.

## 2. Die deutsche Fernsehnorm

Die Deutsche Reichspost eröffnete vor 5 Jahren ihren Fernsdienst mit der Übertragung von 180-Zeilen-Bildern, die ein Frequenzband von 0,5 MHz erforderten. Die schnelle und erfolgreiche Entwicklung der Fernseh-technik ermöglicht es, heute eine höherzeitige Auflösung zu verwenden und damit den Bildinhalt wesentlich zu bereichern. Bereits am 15. 7. 1937 konnte der Herr Reichspostminister Dr.-Ing. e. h. Ohnesorge als neue deutsche Fernsehnorm<sup>16)</sup> eine Auflösung in 441 Zeilen

<sup>15)</sup> F. Strecker, ETZ 60 (1939) S. 220, Bild 12.

<sup>14)</sup> K. Kuppfmüller u. H. F. Mayer, Intern. Fernsehtagung Zürich 1938. Sonderheft d. Schweizer Arch. angew. Wissenschaft u. Techn. S. 46; Veröff. Geb. Nachrichtentechn. 8 (1938) H. 4, S. 609.

<sup>16)</sup> W. Ohnesorge, Völk. Beob. vom 15. 7. 1937. — F. Banneltz, Mitt. Forsch.-Anstalt Dtsch. Reichspost 1 (1937) S. 11 u. 49; Z. techn. Phys. 18 (1937) S. 452; Fernsehen 8 (1937) S. 53. — G. Weiß, Fernsehen 8 (1937) S. 45.

mit 25 Bildwechselln (50 Rasterwechselln) nach dem Zeilensprungverfahren bekanntgeben. Diese Fernsehnorm (Bild 4) nutzt die dem Fernsehen zur Verfügung stehenden Übertragungskanäle bestens aus; bei einem Bildformat von 5:6 erfordert ein 441-Zeilen-Bild die Übertragung eines Frequenzbandes von 0 bis etwa 2,9 MHz. Lassen wir geringe, nicht wahrnehmbare Unschärfen zu, so dürfte ein Frequenzband von 0 bis 2,4 MHz sich als ausreichend erweisen. Wie wir gesehen haben, können wir Übertragungskanäle von größerer Durchlaßbreite als 3 MHz in absehbarer Zeit aus technischen und wirtschaftlichen Gründen dem Fernsehen nicht zur Verfügung stellen. Die Wahl gerade der Zahl 441 für die Zeilenzahl ist in der Art und Weise begründet, wie diese Zerlegung vorgenommen wird. Die erforderlichen Ablenkergeräte werden durch Stromstöße von Zeilenfrequenz bzw. Bildfrequenz gesteuert; die Güte der Bildwiedergabe hängt

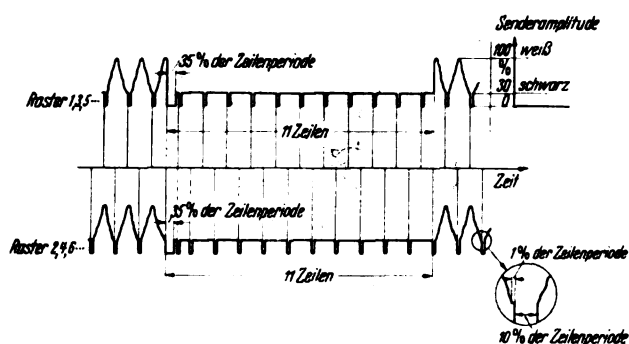


Bild 4. Zeichenfolge nach der Deutschen Fernsehnorm.

wesentlich von der Konstanz dieser Frequenzen ab. Hohe Frequenzkonstanz und insbesondere die unerläßliche Starrheit zwischen den beiden Frequenzen erhalten wir, wenn wir alle Frequenzen durch Frequenzteilung in einfachen Verhältnissen wie 1:3, 1:5 oder 1:7 aus einer Mutterfrequenz erzeugen. Die Zahl 441 entspricht 4 aufeinanderfolgenden derartigen Frequenzteilungen in den Verhältnissen 1:3, 1:3, 1:7 und 1:7.

Einen unerläßlichen weiteren Bestandteil der Fernsehnorm bilden die Festlegungen über die Gleichlaufzeichen<sup>17)</sup>, die zusammen mit dem Bildinhalt über einen gemeinsamen Übertragungsweg (Einkanalegleichlaufsteuerung) gesendet werden. Den Bildzeichen ist ein Bereich von 30% (Schwarzwert) bis 100% (Weißwert) des Antennenstromes (Trägerstromes) vorbehalten; die Gleichlaufzeichen werden durch völliges Verriegeln des Senders (Zeichen schwärzer als schwarz) gebildet. Die Gleichlaufzeichen für Zeilenwechsel und die für Rasterwechsel (Bildwechsel) unterscheiden sich durch die Dauer; die ersteren erstrecken sich über 10% der Zeilendauer, die letzteren über 35% der Zeilendauer, also weniger als die Dauer einer halben Zeile, so daß die Sendung der Zeilenimpulse nicht unterbrochen wird und dadurch störende Einschwingvorgänge vermieden werden. Vor jedem Zeilenimpuls wird für die Dauer von 1% der Zeilenperiode der Schwarzwert (Vorsignal) gegeben, um den Zeitpunkt des Einsatzes des Zeilenimpulses unabhängig vom Bildinhalt sicherzustellen.

Für die Bildwiedergabe im Empfänger wird durchweg eine Kathodenstrahlröhre (Braunsche Röhre) benutzt, die die Wirkung eines Lichtmodulators (Umwandlung von Stromimpulsen in entsprechende Helligkeitswerte) mit der eines Bildschreibers (Aufzeichnung des Bildes Zeile für Zeile) vereint, und die den weiteren Vorzug besitzt, daß die Helligkeit des Bildpunktes unab-

hängig von der Zeilenzahl ist. Beim Aufzeichnen des Bildes muß nun der Kathodenstrahl nach Beendigung jeder Zeile von dem rechten Rand des Bildes nach dem linken zurückgeführt werden. Um die für diese Rückführung erforderliche Zeit zu gewinnen, wird die Bildübertragung nach jeder Zeile unterbrochen. Es werden kurzzeitig „Austastzeichen“ gegeben, d. h. der Schwarzwert gesendet. Dadurch wird gleichzeitig erreicht, daß die Rückführung des bildschreibenden Kathodenstrahles so geschieht, daß er hierbei keine sichtbare Spur auf dem Leuchtschirm hinterläßt. Die Dauer des Austastzeichens ist auf 11% der Zeilenlänge bemessen. Für die Rückkehr des Kathodenstrahles vom Bildende zum Bildanfang nach Übertragung eines vollen Bildes oder eines Rasters ist eine längere Zeit erforderlich; für diese Austastzeichen ist eine Dauer von 11 Zeilenperioden vorgesehen.

Die deutsche Fernsehnorm wurde in enger Zusammenarbeit mit der Industrie von der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost aufgestellt. Die Tatsache, daß die getroffene Festlegung der Gleichlaufzeichen an Einfachheit und Betriebssicherheit kaum zu übertreffen ist, bietet die Gewähr dafür, daß die deutsche Fernsehnorm über einen längeren Zeitraum unverändert beibehalten werden kann. Die weitere Entwicklung wird die zahlreichen Möglichkeiten der Steigerung der Bildgüte (u. a. Kompensation der Blendenverzerrung, Gradation) auf der Grundlage der festgelegten Norm auswerten.

### 3. Fernsehaufnahmegerate

Frequenzbandproblem und Helligkeitsproblem<sup>18)</sup> waren die beiden Probleme, die der Fernsehtechniker vor einigen Jahren unter der Fülle der zu lösenden Aufgaben besonders hervorzuheben pflegte. Zur Zeit der Eröffnung des Fernsehdienstes der Deutschen Reichspost, zu Beginn des Jahres 1935, bot in der Tat die für eine Übertragung erforderliche Beleuchtung erhebliche Schwierigkeiten. Als Bildfeldzerleger standen damals nur mechanische Zerleger (Nipkowscheibe, Mechau-Linsenkrantzabtaster) zur Verfügung. Für eine Filmübertragung mit diesen mechanischen Zerlegern reichten die zur Verfügung stehenden Lichtmengen aus, da hierbei nur das verhältnismäßig kleine Bildfenster des Projektors ausgeleuchtet zu werden braucht. Für Aufnahmen im Freien konnte nur das Zwischenfilmverfahren<sup>19)</sup> benutzt werden, bei dem die zu übertragende Szene mit zugehörigem Ton zunächst auf einen Film aufgenommen, gespeichert wurde. Es gelang, die Zeiten für die Entwicklung, Fixierung, Wässerung und Trocknung des Films soweit (90 s) herabzusetzen, daß bei einer an der Aufnahmestelle erfolgten Durchgabe des Filmes durch einen Filmgeber die Übertragung mit kaum merkbarer Verzögerung gegenüber dem Geschehnis abläuft. Das Aufnahmegerat ist zusammen mit dem Entwicklungsgerät, dem Projektor, dem Bildfeldzerleger sowie den zugehörigen Verstärkern in einem Wagen (Zwischenfilmwagen) eingebaut. Die vom Filmgeber gelieferte Bild- und Tonmodulation wird dann über ein Breitbandkabel (oder einen Relaisender) dem Betriebssender übermittelt. Die infolge des Filmverbrauches verhältnismäßig hohen Betriebskosten beschränken die Einsatzmöglichkeit des Zwischenfilmgerätes erheblich. Bei der Fernsehübertragung der Olympischen Spiele (August 1936) hat der Zwischenfilmwagen gute Dienste geleistet.

Die unmittelbare Übertragung von Personen oder Spielszenen aus einem Fernsehaufnahmeraum wurde hingegen nach dem Lichtstrahlabtastverfahren<sup>20)</sup> vorgenommen, das erstmalig am 9. 4. 1935 für den Sendebetrieb benutzt wurde. Die Lochscheibe blendet hierbei aus dem Lichtkegel einer Bogenlampe einen Lichtstrahl aus und

<sup>17)</sup> F. Banneltz, *Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsehtechn.* 27 (1938) S. 157. — D. v. Oettingen, R. Urtel u. G. Weiß, *Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsehtechn.* 27 (1938) S. 158. — R. Urtel, *Schweizer Arch. Sonderheft I. Intern. Fernsehtagung Zürich 1938* S. 91. — Vgl. auch A. Gehrtz, *Z. VDI* 83 (1939) S. 881.

<sup>18)</sup> R. Möller, *Fernsehen* 3 (1932) S. 20.

<sup>19)</sup> G. Schubert, *Fernsehen* 3 (1932) S. 120; 4 (1933) S. 42; 6 (1935) S. 49. — G. Schubert, W. Dillenburger u. H. Zschau, *Hausmitt. Fernseh G.m.b.H. Bd. 1* (1939) S. 65; S. 162; S. 201.

<sup>20)</sup> R. Möller, *Fernsehen* 4 (1933) S. 29; 6 (1935) S. 16.

führt ihn durch seine Rotation zeilenförmig über die zu übertragende Person, Szene u. a. Das dort diffus reflektierte Licht wird von großflächigen lichtelektrischen Zellen aufgefangen. Daß bei dieser Art der Fernsehübertragung die Ausnutzung des Lichtes wesentlich ungünstiger ist als bei der Filmübertragung, ist offensichtlich. Bei einer einwandfreien Bildübertragung muß der Strom der lichtelektrischen Zelle, der durch den von einem Bildpunkt stammenden Lichtstrom erzeugt wird, so groß sein, daß die durch ihn am Kopplungswiderstand zwischen der lichtelektrischen Zelle und der ersten Verstärkerstufe erzeugte Spannung größenordnungsmäßig oberhalb der Geräuschspannung dieser Verstärkerstufe liegt. Diese Forderung setzte eine untere Grenze für die zu übertragenden Helligkeitswerte. Sie stand auch einer Erhöhung der Zeilenzahl hindernd im Wege, da mit zunehmender Feinheit der Bildfelderlegung, mit wechselnder Zeilenzahl der Betrag des auf einen Bildpunkt entfallenden Lichtstromes schnell abnimmt. Einen wesentlichen Fortschritt brachte der Einbau der von G. Weiß<sup>21)</sup> (Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost) entwickelten Sekundärelektronenvervielfacher, durch die der Grenzwert für die Helligkeit um einige Größenordnungen gesenkt wurde.

Für den Fernsprechverkehr dürfte auch heute noch das Lichtstrahlabtastverfahren die geeignetste Art der Bildfelderlegung sein. Der Teilnehmer sieht hierbei, während sein Bild gesendet wird, das Bild seines Gesprächspartners. Wenn wir auch auf den Schirmen der heutigen Fernsehempfängerröhren Bilder recht erheblicher Helligkeit erzeugen können, so ist doch eine Beobachtung im dunklen Raume oder zumindest bei stark gedämpftem Licht empfehlenswert, um die volle Wirkung zu erzielen. Die Fernsehgespräche erfolgen daher aus dunklen (oder nur schwach erleuchteten) Fernsprechzellen. Bei Sendungen aus Fernsehaufnahmeräumen macht sich jedoch die für das Lichtstrahlabtastverfahren erforderliche Verdunkelung sehr störend bemerkbar. Die unmittelbare Abtastung stieß zunächst — namentlich bei höheren Zeilenzahlen — auf die Schwierigkeit der Unzulänglichkeit der Beleuchtung (Blendung der Spieler, zu große Wärmeentwicklung der Beleuchtungskörper u. a.).

Die Entwicklung der Bildspeicherröhre<sup>22)</sup> hat gegenüber diesem Stand vom Beginn des Jahres 1935 einen völligen Wandel geschaffen. Sie ermöglicht uns unmittelbare Übertragungen aus dem Freien oder aus großen Versammlungsräumen und Fernsehaufnahmeräumen. In ihrer ursprünglichen Form besitzt die Bildspeicherröhre eine Kathode, die aus einer Glimmerscheibe besteht, die auf der Rückseite mit einem geschlossenen Silberbelag versehen ist, und die auf der Vorderseite eine Mosaikschicht von winzigen (3 bis 10  $\mu$  Durchmesser) voneinander isolierten, oxydierten Silbertröpfchen trägt, die durch Zäsium lichtelektrisch aktiviert sind. Die Schicht wird zeilenförmig durch einen Kathodenstrahl abgetastet, der in einem Ansatzrohr erzeugt und durch Magnetfelder gesteuert wird. Die Mosaikkathode befindet sich in der Mitte eines kugelförmigen evakuierten Glasbehälters; die Anode ist ein Metallbelag auf einem Teil der Glasglocke. Die zu übertragende Szene wird durch ein Objektiv auf der Mosaikschicht abgebildet. Das auf die Mosaikschicht fallende Licht bewirkt durch Auslösen lichtelektrischer Elektronen, die zum Teil an der Anode aufgefangen werden, Ladungsänderungen der winzigen Kondensatoren, die durch die Zäsium-Silbertröpfchen und den Silberbelag der Rückseite gebildet werden. Diese Ladungsänderungen liefern die Bildsignale. Die hohe Empfindlichkeit dieser Bildfängerröhre beruht darauf, daß das Licht nicht nur während der Dauer der Abtastung eines Rasterelementes,

sondern während der Dauer eines Bildwechsels seine Wirkung auf die Kondensatoren ausübt.

Die Weiterentwicklung der Bildspeicherröhre zur Bildwandler-Bildspeicherröhre<sup>23)</sup> hat eine erhebliche Empfindlichkeitssteigerung (auf etwa den 10fachen Betrag) gebracht. In der Bildwandler-Bildspeicherröhre wird die zu übertragende Szene optisch auf einer durchscheinenden lichtelektrischen Kathode abgebildet und löst dort einen Elektronenstrom aus, dessen Dichteänderungen längs der Kathode den Helligkeitswerten in der zu übertragenden Szene entsprechen. Dieses „Elektronenbild“ wird durch magnetische oder elektrische Linsen auf einer Elektrode abgebildet, die etwa die Rolle der Mosaikkathode der ursprünglichen Bildspeicherröhre übernimmt. Derartige Bildwandler-Speicherröhren liefern noch kontrastreiche Bilder von Fernsehaufnahmen im Freien bei Dämmerlicht.

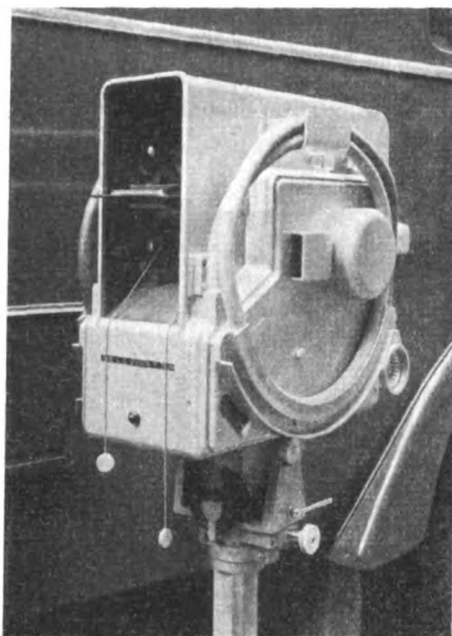


Bild 5. Elektronenkamera nach Mechau-Telefunken.

Die Bildspeicherröhre erhält durch Einbau in eine fahrbare oder leicht transportierbare Kamera (Elektronenkamera) die für Freilicht- und Bühnenaufnahmen erforderliche Beweglichkeit (Bild 5). Speicherröhren wurden von der Deutschen Reichspost erstmalig bei der Fernsehübertragung der Olympischen Spiele (August 1936) verwendet. Auf dem Reichssportfeld bot sich die Möglichkeit, die verschiedenen Elektronenkameras mit Zubehör an festen Orten einzubauen und die Bild- und Tonmodulation über ein Breitbandkabel dem Fernsehsender zu übermitteln. Der Wunsch nach einer beweglichen Einheit führte zur Entwicklung eines Bildfängerwagens<sup>24)</sup> durch die Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost. Ebenso unentbehrlich wie für Freilichtaufnahmen ist die Speicherröhre für Aufnahmen im Studio; hier beherrscht sie heute ausschließlich das Feld. Die Forderung nach einer pausenlosen Überblendung von Filmsendungen und Übertragungen aus dem Fernsehaufnahmeraum (Studio) hat auch zu einer Entwicklung von Filmgebern auf elektronischer Grundlage geführt. Bei Verwendung eines Mechau-Projektors mit optischem Ausgleich kann die Speicherröhre oder die Kathodenstrahlröhre als Abtaster benutzt werden<sup>25)</sup>.

<sup>21)</sup> G. Weiß, B. P. 468 665 u. B. P. 471 800 mit deutscher Priorität vom 8. 1. 35, 1. 2. 35 u. 24. 5. 35; Fernsch. 6 (1935) S. 35; 7 (1936) S. 41; Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 623. — G. Weiß u. O. Peter, Z. techn. Phys. 19 (1938) S. 444.

<sup>22)</sup> V. K. Zworykin, U.S.A. Pat. 1 691 324 v. 13. 7. 35; ETZ 57 (1936) S. 556; Hochfrequenztechn. 43 (1934) S. 109.

<sup>23)</sup> H. Knoblauch u. G. W. Kluge, Telefunken-Hausmitt. (1939) S. 51. S. a. ETZ 60 (1939) S. 852.

<sup>24)</sup> G. Weiß, D. v. Oettingen u. G. Turetschek, Telegr.-Fernspr.-Funk u. Fernsch. 27 (1938) S. 544.

<sup>25)</sup> F. Schröter, Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsch. 27 (1938) S. 534.

#### 4. Der deutsche Einheits-Fernsehempfänger

Die Einführung des Fernseh Rundfunks setzt aber nicht nur fertig entwickelte Aufnahmegeräte, sondern auch fertig entwickelte Empfänger voraus. Es muß auf dem Markt ein hochwertiges Empfangsgerät vorhanden sein, das der Kaufkraft weitester Kreise angepaßt ist. Die Einführung des Fernseh Rundfunks ist eine technisch-wirtschaftliche Aufgabe. Ein niedriger Gestehtungspreis eines Fernsehempfängers läßt sich nur durch eine gründliche Durchbildung (Verringerung der erforderlichen Bauelemente) und durch eine Reihenfertigung in größerer Stückzahl erreichen. Das Risiko einer Reihenfertigung ist aber nur dann tragbar, wenn ein entsprechendes Absatzgebiet gesichert erscheint, oder mit anderen Worten: Der zu fertigende Fernsehempfänger muß ein Spitzengerät sein, das auch nach einigen Jahren noch als hochwertig anzusprechen ist. Da es nicht möglich ist, die zukünftigen Ergebnisse der Entwicklung vorwegzunehmen, so bleibt uns nur der eine Weg, an jede Stelle des Empfängers das Teil zu setzen, das dem höchsten Stand der Entwicklung entspricht. Dieser Weg wurde bei der Schaffung des Einheits-Fernsehempfängers<sup>26)</sup> eingeschlagen (Bild 6).



Bild 6. Der Deutsche Einheits-Fernsehempfänger.

Für einen Heimempfang ist eine Bildgröße von  $195 \times 225$  mm voll befriedigend. Bei einer Auflösung in 441 Zeilen und Zeilensprungverfahren (nach Abzug der 5 % für den Strahlrücklauf verbleiben 420 Zeilen) entspricht dieser Bildgröße ein günstigster Beobachtungsabstand von etwa 1,5 m (Betrachtungswinkel von  $10,5^\circ$ ), wenn wir ein Auflösungsvermögen von  $1,5'$  für das Auge annehmen. Mit einem solchen günstigsten Beobachtungsstand müssen wir aber durchschnittlich beim Heimempfang rechnen.

Die Bildschreibröhre des Einheits-Fernsehempfängers hat einen viereckigen Leuchtschirm mit einem Krümmungsradius von 800 mm und einer Fläche, die nur wenig größer als die gewählte Bildgröße  $195 \times 225$  mm ist. Die Durchbildung einer verzerrungsfreien Weitwinkelablenkung ( $\alpha = 60^\circ$ ) ermöglichte eine Verkürzung der Röhre auf eine Gesamtlänge von 384 mm. Die Neuentwicklung dieser raumsparenden vierkantigen Bildschreiberröhre hat wesentlich dazu beigetragen, daß die Abmessungen des Empfängers (Höhe 37 cm, Breite 68 cm, Tiefe 38 cm) nicht größer sind als die vieler auf dem Markt befindlicher Rundfunkempfänger. Im gleichen Sinne wirkten sich auch

zahlreiche schaltungstechnische Einsparungen aus (Fortfall eines Hochspannungsnetzgerätes für die Bildschreibröhre, Verringerung der Gesamtzahl der Verstärkerrohren durch Schaffung neuer zweckmäßiger Röhren).

Die bewährte Ausbildung des Empfängers als Überlagerungsempfänger mit einer UKW-Vorstufe ist beibehalten<sup>27)</sup>. Auf die UKW-Vorverstärkerstufe folgt dementsprechend die Mischstufe, in der Bild und Ton getrennt und den Zwischenfrequenzen 8,4 MHz (Bild) und 5,6 MHz (Ton) aufgedrückt werden, dann je zwei Zwischenfrequenzverstärkerstufen, je eine Gleichrichter- und eine Niederfrequenzverstärkerstufe für Bild und Ton. Durch die Aufteilung in Vor- und Zwischenfrequenzverstärkung wird die Gefahr der Rückkopplung verringert; andererseits ermöglichen die verhältnismäßig hohen Resonanzwiderstände in den Zwischenkreisen eine hinreichende Verstärkung in verhältnismäßig wenig Stufen.

Die Ausgangsspannung der Endröhre der Niederfrequenzverstärkerstufe des Bildverstärkers bewirkt die Helligkeitssteuerung der Bildschreibröhre; die Eingangsspannung für das Amplitudensieb, das die Gleichlaufzeichen von der Bildmodulation trennt, wird an der Kathode dieser Endröhre abgenommen.

Die erforderlichen Sägezahnströme für die Ablenkspulen liefern selbstschwingende Generatoren für die Bildablenkung und die Zeilenablenkung, die jeder einen Spezialtransformator in Rückkopplungsschaltung und eine Penthode enthalten. Bei der Bildablenkung ist der Transformator auf das Ablenkjoch selbst gewickelt, bei der Zeilenablenkung ist der Transformator jedoch auf einen geschlossenen Eisenkern gewickelt und baulich getrennt vom Ablenkspulensatz angeordnet. Dadurch, daß die Penthoden gleichzeitig die Gleichlaufsteuerung der selbstschwingenden Generatoren (Kippgeneratoren) übernehmen, sind weitere Schaltmittel eingespart.

Eine noch größere Einsparung an Schaltmitteln brachte die Ausnutzung der während des Zeilenrücklaufes auftretenden Spannungsspitze (Rücklaufspannung) für die Erzeugung der Anodenspannung (6 kV) der Bildschreibröhre. Die Rücklaufspannung wird durch eine zusätzliche Wicklung des Transformators erhöht und ladet einen Kondensator über eine Gleichrichterröhre auf. Da die Kathode dieser Gleichrichterröhre aus dem Kipptransformator geheizt wird, ist für die Erzeugung der Anodenspannung der Bildschreibröhre praktisch nur diese eine Gleichrichterröhre erforderlich.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß die Stromversorgung sämtlicher Teile des Einheits-Fernsehempfängers ein Netzgleichrichter übernimmt, wobei sämtliche Heiz- und Anodenspannungswicklungen auf einem Netztransformator untergebracht sind. Die Leistungsaufnahme des Empfängers beträgt bei Fernsehempfang 190 W, wenn nur Tonempfang eingeschaltet wird, 70 W. Mit einer Eingangsspannung von  $230 \mu\text{V}$  kann er voll angesteuert werden. Seine Empfindlichkeit reicht aus, um im Weichbild von Groß-Berlin unter normalen Verhältnissen einwandfreien Fernsehempfang zu erhalten.

Die gründliche bauliche Durchbildung des Empfängers mit dem Streben, an jede Stelle den Bauteil zu setzen, der dem höchsten Stande der Entwicklung entspricht, hat es ermöglicht, mit nur 15 Röhren (außer der Bildschreibröhre) auszukommen; vier von diesen sind Gleichrichter, die übrigen elf enthalten gesteuerte Systeme. Das Rastergerät ist so einfach, daß es in dieser Hinsicht wohl kaum noch übertroffen werden kann. Die Bildwiedergabe ist, was Schärfe, Tönung und Helligkeit betrifft, das Beste, was sich mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln erreichen läßt.

Im Hinblick auf einen möglichst niedrigen Gestehtungspreis wurde auf den Einbau eines besonderen Rundfunkteiles verzichtet und ebenso auch auf eine regelbare Welleneinstellung. Die Vorverstärkerstufe und der

<sup>26)</sup> F. Gladenbeck, *Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsicht.* 28 (1939) S. 245. — J. G. Weiß, *Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsicht.* 28 (1939) S. 246; *Telefunken-Hausmitt.* (1939) H. 81 S. 9. — R. Andrieu u. F. Rudert, *Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsicht.* 28 (1939) S. 249. — Th. Mulert u. R. Urtel, *Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsicht.* 28 (1939) S. 257. — H. Knoblauch u. E. Schwartz, *Telegr.-Fernspr.-Funk- u. Fernsicht.* 28 (1939) S. 264.

<sup>27)</sup> H. Salow, *ETZ* 60 (1939) S. 1173.

Oszillatorkreis des Mischrohres sind fest abgestimmt und baulich zu einer Einheit zusammengefaßt, die bei Wellenwechsel leicht ausgetauscht werden kann.

Die Schaffung des deutschen Einheits-Fernsehempfängers ist das Ergebnis einer Gemeinschaftsarbeit der fünf an der Fernsehentwicklung in Deutschland beteiligten Firmen: Fernseh G. m. b. H., Radio AG. D. S. Loewe, C. Lorenz AG., Tekade und Telefunken G. m. b. H. unter Vorsitz der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost. Durch eine weitgehende Aufteilung der Fertigung der Einzelteile auf die verschiedenen Werke ermöglichte diese Gemeinschaftsarbeit eine weitere Senkung der Herstellungskosten infolge der dadurch erzielten Ersparnis von Werkzeugkosten.

**Zusammenfassung**

Bei der kulturellen Bedeutung, die dem Fernsehen zuerzuerkennen ist und die sicher nicht geringer als die des Rundfunks ist, muß mit allem Nachdruck darauf hingearbeitet werden, daß dieses wertvolle Nachrichtenmittel in möglichst vollendeter Form bald in den Dienst der Allgemeinheit gestellt wird. In der verhältnismäßig

kurzen Spanne von fünf Jahren, die zwischen der Eröffnung des Fernsehendienstes der Deutschen Reichspost am 22. 3. 1935 und der Bekanntgabe des allgemeinen Fernseh Rundfunks am 27. 6. 1939 liegt, ist dieses Ziel seiner Verwirklichung wesentlich näher gerückt. Für die Fernseh sendungen sind geeignete Übertragungskanäle — Ultrakurzwellensender und Breitbandkabel — geschaffen. Durch die Entwicklung der Bildfängerröhren und insbesondere der Bildspeicherröhre nebst zugehörigem Gerät werden unmittelbare Fernsehübertragungen aus dem Freien und aus Fernsehaufnahmeräumen auch unter ungünstigerer Beleuchtung ermöglicht. Die Festlegung der Fernsehnorm bildet die Unterlage für eine zielbewußte Weiterentwicklung des Fernsehens. Der Einheits-Fernsehempfänger ebnet dem allgemeinen Fernseh Rundfunk den Weg. Da die Erfolge des deutschen Fernsehens in enger Zusammenarbeit sämtlicher Entwicklungsstellen, insbesondere der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost und der Laboratorien der Firmen Telefunken und Fernseh G. m. b. H. errungen sind, ist zu erwarten, daß diese Gemeinschaftsarbeit, die sich bei der Festlegung der Fernsehnorm und der Schaffung des Einheitsempfängers bewährt hat, den Fernseh Rundfunk in kürzester Zeit der Allgemeinheit erschließen wird.

**Das Problem des Brennstoffelementes**

In den üblichen galvanischen Elementen wird die bescheidene Menge elektrischer Energie, welche sie für Kleinbeleuchtung und Fernmeldung, auch Rundfunk liefern, durch das Zink bestritten, welches bei der Stromabgabe in den Elektrolyten als Zinkchlorid übergeht, während am negativen Pol ein sauerstoffabgebender Stoff (Mangandioxyd) als Depolarisator den hemmenden Wasserstoff beseitigt. Der vom Depolarisator umgebene Kohlestab dient als Stromableiter und nimmt an der Umsetzung nicht teil. Aber schon vor mehr als 40 Jahren wollte ein kühner Erfinder, Jacques, aus der billigeren Kohle in Elementen sogar große Strommengen zum Betrieb von Motoren gewinnen. Etwa 1/2 m lange Kohlestangen tauchten in geschmolzenes Ätznatron, und durch Eisenrohre wurde Luft eingeblasen. Freilich wurde die Kohle aufgezehrt; aber die Nachprüfung ergab, daß die Kohle sich nur mittelbar an der Stromabgabe beteiligte, indem sie mit der Schmelze Wasserstoff entwickelte (unter Bildung von Natriumkarbonat); die altbekannte Gaskette Wasserstoff/Sauerstoff lieferte hier den Strom, wobei das mit Oxid umkleidete Eisen Gegenelektrode zur Kohlelektrode war. Überdies kam das Element nur dann einigermaßen in Gang, wenn Mangan aus dem Eisen in die Schmelze gekommen war und als „Katalysator“ die stromliefernde Vereinigung der beiden Gase zu Wasser beschleunigte.

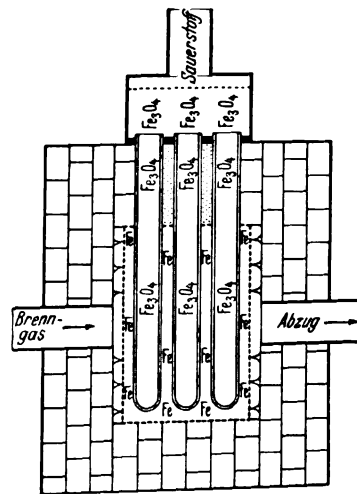
Schon vor Jaques haben ernsthafte Forscher das Problem bearbeitet, vor allem Mond (nach dem das Mondgas benannt ist). Sein Brennstoff war Generatorgas, und als Elektroden verwendete er Siebe aus Platinfolie, als Elektrolyten Schwefelsäure, mit welcher Gipsplatten getränkt waren; als Katalysator diente fein verteiltes Platin, mit welchem die auf den Platten liegende Folie bestrichen war. Auf 700 cm<sup>2</sup> nutzbarer Fläche wurden 2 A 0,7 V erhalten; das Brenngas wurde zu 50 % ausgenutzt; aber häufig traten Störungen auf.

Den Hauptfehler, das rasche Ermüden, wollte W. Nernst durch Benutzung heißer Schwefelsäure mit Zusatz von Titan- oder Thalliumsalzen als Sauerstoffübertrager abstellen; er schlug auch vor, dem Luftsauerstoff Chlor beizumischen. Ferner gedachte man, die Oxydation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure zu nutzen, indem man in starke Schwefelsäure, der am positiven Pol Jod- und Bromwasserstoff zugegeben war, die schweflige Säure einleitete; die entstandene Schwefelsäure sollte nachher durch Kochen mit Kohlepulver wieder in

schweflige Säure zurückverwandelt werden. Diese Patente sind niemals wirtschaftlich genutzt worden, ebenso wie viele andere Vorschläge, die hier nicht erwähnt werden sollen.

Viele Jahre lang hat sich E. Baur in Zürich mit dem Bau von leistungsfähigen Brennstoffelementen beschäftigt.

Er erkannte, daß nur bei hohen Temperaturen die stromliefernde Umsetzung genügend rasch verläuft. Mit geschmolzenem Kaliumsilikat als Elektrolyten und geschmolzenem Silber, das reichlich Sauerstoff aufnimmt, als Sauerstoffübertrager konnte er bei 1000° 0,2 A 0,9 V erzielen. Weil die aus den thermischen Daten (bei der Umsetzung entwickelte Wärmemenge und ihre Änderung mit der Temperatur) berechnete EMK rd. 1,1 V beträgt, befriedigte dies Ergebnis; aber leider sank bei Zumutung von 1 A die Klemmenspannung auf nur 0,5 V. Bei einer zweiten Anordnung tauchten Eisenrohre als Elektroden in geschmolzene Soda oder eine Soda-Pottascheschmelze; die Rohre waren mit porösen Mänteln aus gebranntem Magnesit umgeben, die Elektrodenoberfläche wurde durch Drahtnetze und Feilicht vervielfacht. Nun wurde schon mit 0,9 V 1 A geleistet. Neuerdings<sup>1)</sup> hat Baur auf den flüssigen Elektrolyten verzichtet, weil jene Körper aus gebrannter Magnesia nicht fest genug



Fe Masse von Eisenkörnern  
Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Masse von Hamerschlagkörnern, dazwischen die elektrolytisch leitende Wand in Gestalt von dünnwandigen Röhren

Bild 1. Schematische Darstellung einer technischen Brenngasbatterie.

eine Soda-Pottascheschmelze; die Rohre waren mit porösen Mänteln aus gebranntem Magnesit umgeben, die Elektrodenoberfläche wurde durch Drahtnetze und Feilicht vervielfacht. Nun wurde schon mit 0,9 V 1 A geleistet. Neuerdings<sup>1)</sup> hat Baur auf den flüssigen Elektrolyten verzichtet, weil jene Körper aus gebrannter Magnesia nicht fest genug

1) Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 478; 4 S., 3 B.



waren und andere keramische Massen von den Schmelzen chemisch angegriffen wurden. Er fand eine bei hoher Glut dauernd genügend leitende feste Masse in einem Gemisch aus Grünstedter Ton, Monazit-Glührückständen und Wolframtrioxyd. Aus dieser Masse gefertigte Röhrentiegel mit 1 mm dünner Wandung wiesen auf 20 cm<sup>2</sup> Fläche bei 1100° einen Widerstand von etwa 2 Ω auf. Diese Röhre wurden mit gekörntem Eisen gefüllt und mit Hammerschlag (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) umgeben. 5 solcher Zellen wurden zu einer Batterie vereinigt, Wasserstoff zum Eisen, Sauerstoff zum Hammerschlag geleitet. Die Batterie gibt dauernd 0,056 A 3,15 V mit einem Wirkungsgrad von etwa 60 %.

Diese Leistung ist zwar klein; aber in einer allgemeinen Betrachtung über das Problem der elektromotorischen Verbrennung der Brennstoffe betont Baur, daß grundsätzlich das Problem gelöst sei, Brenngase weit höher zur Stromerzeugung zu verwerten, als auf dem Umwege über Verbrennungsmotoren möglich sei. Freilich werde der theoretische Wert der EMK praktisch nicht erreicht, und die Brennstoffbatterie brauche verhältnismäßig viel Platz, für 1 kW schätzungsweise ¼ m<sup>3</sup>. Auch die Betriebssicherheit müßte erst in einer größeren Ausführung (Bild 1) erprobt werden. Falls die Technik alle Schwierigkeiten überwinde, was Baur erhofft, werde sie die ganze Energiewirtschaft umstürzen. Wahrscheinlicher ist es wohl, daß ein älterer Ausspruch von Baur weiter gelten wird: „Es liegt im Bereich technischer Möglichkeit, haltbare und leistungsfähige Brennstoffketten zu bauen. Eine andere Frage ist, ob unsere Lösung wirtschaftlich brauchbar ist.“

K. A.

### Zum Verständnis der Konstruktionstätigkeit in der Elektrotechnik

DK 621.71 : 621.3

Die geringe Neigung des Ingenieurwachstums zur konstruktiven Tätigkeit steht in starkem Gegensatz zu der ausgesprochenen Hingabe des im Konstruktionsleben stehenden Ingenieurs, der in seinen Berufsaufgaben große Befriedigung findet durch Überwinden von Schwierigkeiten, die selbst bei untergeordneten Dingen allein durch Erfahrung und viel Nachdenken zu meistern sind. Nur wenige Tätigkeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik geben denn auch so viel Gelegenheit zu schöpferischer Arbeit wie gerade das Konstruieren. Es ist in hohem Maße anregend, aus der unerschöpflichen Fülle des Wahrscheinlichen zunächst das technisch Mögliche und dann das Nützlichste herauszufinden. Hat der Konstrukteur erst den Sinn seines ihm anvertrauten Aufgabengebietes erkannt, so bereitet ihm dieses erfinderische Herausfinden eine geradezu sportliche Lust. Freilich muß er sich täglich üben in vorausschauender Erkenntnis und praktischem Sinn. Den schaffenden Konstrukteuren ist Erfolg und Anerkennung um so eher gewiß, als ihre Arbeiten meist unmittelbar und handgreiflich erkennbar sind und zur produktiven Ausnutzung kommen.

Deshalb werden Werkleitung und Werkstatt freimütig für ihre Konstrukteure eintreten. Von dieser Seite wird sowohl den Fachkonstrukteuren als auch den Konstrukteuren für Werkzeuge und Einrichtungen viel Achtung zuteil werden. Die Verkaufsabteilungen werden aus voller Überzeugung bekunden, daß nutzbringender Verkauf durchaus abhängig ist von wohlgedachten, bis in alle Einzelheiten durchgearbeiteten, neuartigen Konstruktionen. Auch wissen die Ingenieure in den Prüf- und Versuchsfeldern, die projektierten und die Patentingenieure den Konstrukteur wohl zu schätzen.

Wenn man die Patentliteratur überblickt, wird man überrascht sein, daß auf dem Gebiet der Elektrotechnik ebenso wie auf vielen anderen technischen die Konstruktionspatente andere Schutzrechte der Zahl nach weit überwiegen. Meist handelt es sich bei Erfindungen darum, einsteilen nur ideenhaft Gegebenes in greifbare Formen zu bringen, die zuerst in vielen Handskizzen und dann als fertige Zeichnung auf dem Reißbrett geboren werden. Bei den Patenten einiger elektrischer Sondergebiete wie Sicherungen, Schalter, Automaten, Motorschutz- und

Trennschutzgeräte, Schütze und Relais wird man übereinstimmend finden, daß hier bei den meisten Schutzrechten Konstrukteure die Urheber sind.

Wer Gelegenheit hat, tiefer in das interessante und ergiebige Reich des Konstrukteurs einzudringen, in dem sich Talent und unsagbare Geduld mit unverdrossenem Fleiß zusammenfinden, der wird wohl verstehen, Verdienst und Ansehen des Konstrukteursandes besonders zu betonen. Veranlagung und Geschick sind gewiß erforderlichlich zu konstruktiv-schöpferischer Tätigkeit<sup>1)</sup>. Man sollte aber nicht allein dem Zufall überlassen, was sich besser durch Schulung und Vorbereitung erreichen ließe. Hoch- und Fachschulen können hier nützliche Dienste leisten und zugleich im Nachwuchs auch die Neigung zum Konstruieren erwecken, denn Lust und Liebe zum Konstruieren führt am ehesten zu sinnvoller Betrachtung und logischem Denken. Entwickeln und verwirklichen läßt sich Technisches am besten am Reißbrett; hier entstehen vornehmlich die kleinen alltäglichen, aber auch erfahrungsgemäß viele der ganz großen Erfindungen.

W. Klement VDE

### Schellack als Preßstoff

DK 621.315.613.9.004.14

Schellack ist als Preßstoff<sup>2)</sup> durch die Kunstharze in weitem Umfange verdrängt worden. Er wird im wesentlichen nur noch für die Schallplattenherstellung verwendet; mit Phenol-Formaldehydharzen gemischt dient er als Bindemittel für die Herstellung von Schleifscheiben. In den V. S. Amerika werden neuerdings Hochspannungsisolatoren aus Schellackpreßstoff mit Asbestfüllmitteln hergestellt, die gegenüber solchen aus Phenoplast eine größere Kriechstromfestigkeit haben sollen und gegenüber Porzellan weniger bruchempfindlich sind. Schellack ließ sich bisher für diesen Zweck wegen seines tiefliegenden Erweichungspunktes von 50 bis 80° nicht verwenden. Durch geeignete Wärmebehandlung läßt sich jedoch der Erweichungspunkt auf 100 bis 140° hinaufsetzen. Der Schellack erfährt hierbei, ähnlich wie Phenoplaste, eine Umwandlung vom Ausgangszustand „A“ in den „B“-Zustand, in dem er gummiartig elastisch wird, und endlich in den festen „C“-Zustand, in dem er unschmelzbar und schwer löslich wird. Durch Beigabe gewisser Chemikalien kann die Zeitdauer des Härtevorganges beeinflußt werden. Man unterscheidet Beschleuniger, Verzögerer und Neutralstoffe, je nach der Wirkung, die diese Zusätze ausüben. Der Verfasser gibt verschiedene Schauliniertafeln an, aus denen die Übergangszeit vom A- in den B-Zustand bei verschieden großen Zusätzen entnommen werden kann. Schellack läßt sich, im Gegensatz zu Phenoplasten, unter Druck nicht in den C-Zustand überführen, da er sich hierbei aus der B-Stufe unter Anwesenheit des abgespaltenen Wassers wieder in die A-Stufe zurückverwandeln würde. Harnstoff erwies sich als Beschleuniger sowohl Weinsäure als auch Oxalsäure überlegen. Ein 6% iger Harnstoffzusatz lieferte die günstigsten Ergebnisse. Mineralische Füllstoffe ergaben ähnliche Verbesserungen. Die Wirkung von Harnstoff auf die Wärmefestigkeit und die mechanische Festigkeit ist bei Holzmehl als Füllmittel besonders auffallend. Durch Vorwärmen beim Pressen werden die mechanischen und thermischen Eigenschaften verbessert, jedoch muß wegen des verminderten Fließvermögens der Mischung die Formtemperatur erhöht werden. Durch Verwendung von „hartem Reinharz“ kann die Wärmefestigkeit um weitere 10 bis 15° verbessert werden. Dieses wird aus dem Schellack entweder durch Extrahieren der ätherlöslichen Bestandteile aus weichem Reinharz mit Toluol oder Trichloräthylen erhalten oder als „Sclerolac“ aus einer wäßrigen alkalischen Lösung gewonnen. Man hofft, Schellackpreßstücke für Isolatoren mit einem Erweichungspunkt von über 100° aus hartem Reinharz mit geeigneten Beschleunigern herstellen zu können. Mehrere Tafeln geben Auskunft über die kennzeichnenden Eigenschaften verschiedener Schellackpreßstoffe mit und ohne Harnstoffzusatz und bei Verwendung von hartem Reinharz. W. Es.

1) S. a. ETZ 60 (1939) S. 1163.

2) A. J. Gibson, J. Soc. Chem. Ind. 57 (1938) S. 169; aus: K. Culmeyer, Kunststoffe 29 (1939) S. 112; 2½ S., 6 B.

RUNDSCHAU

Elektrische Maschinen

DK 621.314.222.001.24

Bemessung von Transformatoren. [Nach K. Faye-Hansen, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 3, S. 121; 22 S., 3 B.]

Die häufig gemachten Annahmen, daß beim Entwurf des billigsten Transformators die Herstellungskosten der Wicklung und des Eisengestells gleich sein müssen und daß die Verluste im Joche bei Jochverstärkung umgekehrt proportional mit der Jochverstärkung seien, beruhen auf Trugschlüssen, die aufgedeckt werden. Das Preisverhältnis zwischen Eisen und Wicklung für den billigsten Transformator sowie für den mit dem maximalen Wirkungsgrad, wenn Induktion, Stromdichte und Füllfaktoren gegeben sind, ist für jede Bauart nur abhängig vom Preisverhältnis je Raumeinheit für die Wicklungen und den Eisenkern. Dasselbe gilt auch für den Transformator mit den kleinsten Kosten (einschließlich Verlustkosten) bei gegebenen Werkstoffeigenschaften und Kosten der Verlusteinheiten, wenn das Verhältnis von Induktion zu Stromdichte frei wählbar ist. Es wird auf frühere Veröffentlichungen bezüglich der günstigsten Bemessung der Transformatoren unter den oben angegebenen Bedingungen und Annahmen aufmerksam gemacht und der Einfluß der Änderung der Füllfaktoren behandelt. Einfache Wege führen zum billigsten Transformatorwurf, wenn die Verluste gegeben sind oder wenn besondere Bedingungen, wie Windungs- oder Kurzschlußspannung und Wicklungsanordnung vorliegen, wobei auch die Verluständerungen bei Jochverstärkung bzw. Kerneinschnürung betrachtet und die entsprechenden Bemessungsfragen behandelt werden. Als Beispiel wird die Berechnung eines Einheitstransformators durchgeführt.

DK 621.314.212.016.2 : 621.3.017.72

Leistungsabgabe von ölgekühlten Transformatoren bei Änderung der Wärmeabfuhrbedingungen. [Nach W. Knaack, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 233; 3 S., 1 B.]

Bei Öltransformatoren, bei denen durch eine Änderung der Belüftung eine Änderung der Wärmeabfuhr bewirkt wird, ändert sich unter Beibehalt der zulässigen Erwärmungen die Leistungsabgabe, und zwar kann sie bei verbesserter Wärmeabfuhr erhöht und muß bei verschlechterter Wärmeabfuhr verringert werden. Eine Änderung der Belüftung kann dadurch hervorgerufen werden, daß man z. B. den Transformator zusätzlich anbläst, oder aber auch den Aufstellungsort wechselt, also von Innenraum auf Freiluft übergeht.

Für alle derartigen Fälle wird die Leistungsänderung ermittelt zu

$$x = \sqrt{\frac{70 - \tau_2 (1 - w)}{\theta_1 + \tau_2 w}}$$

wobei die Erwärmungen nach den R. E. T. zugrunde gelegt wurden.

Die Leistung wird damit:  $N_x = x \cdot N_1$ .

Es bedeuten:

- $N_1$  Dauernennlast vor Änderung der Kühlung,
- $N_x$  Dauernennlast nach Änderung der Kühlart,
- $x$  Leistungsänderungsfaktor,
- $\theta_1$  mittlere Wicklungserwärmung über Öl bei der Last  $N_1$ .
- $\tau_2$  mittlere Ölerwärmung bei der Last  $N_1$  aber geänderter Wärmeabfuhr,
- $v$  Verhältnis von Kupfer zu Eisenverlusten bei der Ausgangslast,

$$w \text{ eine Rechnungsgröße: } w = \frac{v}{v + 1}$$

Anschließend an diese Betrachtungen wird für den Beharrungszustand der zeitliche Übergang untersucht, wobei sich folgendes ergibt:

Bei Verbesserung der Wärmeabfuhr und gesteigerter Leistungsabgabe muß man erst den Transformator eine Zeitlang nur mit verbesserter Wärmeabfuhr bei unveränderter Leistung fahren, um erst dann die erhöhte Leistungsabgabe zuzulassen. Andererseits ist es zweckmäßig bei verschlechterter Wärmeabfuhr gleichzeitig mit dem Eintritt der Verschlechterung der Wärmeabfuhr die Leistung abzusenken. eb.

Geräte und Stromrichter

DK 621.385.16

Das Permatron, eine magnetisch gesteuerte Elektronenröhre. [Nach W. P. Overbeck, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 224; 5 S., 12 B.]

Das Permatron ist eine neuartige, mit Gas, z. B. Quecksilberdampf oder Edelgasen gefüllte Elektronenröhre, deren Entladung durch ein magnetisches Feld gesteuert wird. Gemäß dem in Bild 1 dargestellten Ausführungsbeispiel enthält der Röhrenkolben außer der Anode und Kathode eine zylindrische, den Entladungspfad umgebende Sammelelektrode. Das zur Steuerung dienende magnetische Feld wird durch die Pole eines außerhalb des Röhrenkolbens angeordneten Elektromagneten erzeugt. Damit die Verteilung des magnetischen Feldes nicht gestört wird, sind zum Aufbau der Röhre unmagnetische Werkstoffe, z. B. Graphit und rostfreier Stahl mit einer Permeabilität von 1,1 verwendet. Die unter Anlegen einer positiven Anodenspannung von der Kathode ausgehenden Elektronen werden durch das magnetische Feld derart abgelenkt, daß sie auf die zylindrische Sammelelektrode treffen, deren Spannung gewöhnlich auf derjenigen der Kathode gehalten wird. Diese Elektronenablenkung erfolgt in dem schwachen Teil des elektrostatistischen Feldes, und zwar werden die Elektronen aus dem Entladungspfad entfernt, ehe sie zur Stoßionisation gelangen. Nach Abschalten des magnetischen Feldes geht die Entladung mit geringem Spannungsabfall zwischen Kathode und Anode in der üblichen Weise vor sich. Es kann daher das Einsetzen eines starken Entladungsstromes durch die Zerstreung eines Elektronenstromes gesteuert werden, der nur einen außerordentlich kleinen Bruchteil des Entladungsstromes darstellt. Für jede Anodenspannung gibt es eine kritische magnetische Feldstärke, über der die Entladung nicht einsetzt. Die magnetische Empfindlichkeit des Permatrons steigt ungefähr mit der dritten Potenz des Verhältnisses der Entfernung zwischen Anode und Kathode zum Durchmesser der Sammelelektrode. Die Grenze der Empfindlichkeit ist dann erreicht, wenn die Schirmwirkung der Sammelelektrode so groß wird, daß auch in Abwesenheit des magnetischen Feldes bei angemessen niedriger Anodenspannung noch keine Entladung erfolgt. Da die elektromagnetische Steuerung von der Röhre und dem mit ihr verbundenen Stromkreis isoliert werden kann, läßt sich die Anordnung zur Steuerung von Hochspannungskreisen von einem sicher geerdeten Steuerstromkreis oder auch in solchen Fällen verwenden, in denen eine oder mehrere Röhren üblicherweise gemeinsam nicht gesteuert werden können. Von der Polarität des magnetischen Feldes ist die Steuerung des Permatrons unabhängig und kann z. B. auch durch bewegte permanente Magnete erfolgen. Da zwischen der Röhre und dem Steuerstromkreis keine Rückwirkungen bestehen und die Impedanzmagneten keine Rückwirkungen bestehen und die Impedanzmagneten keine Rückwirkungen bestehen und die Impedanzmagneten keine Rückwirkungen bestehen und die Impedanzmagneten keine Rückwirkungen bestehen, läßt sich Rücksicht darauf, ob die Röhre leitend ist oder nicht, läßt sich das Permatron auch in empfindlichen Nachrichtenstrom- und Meßkreisen benutzen. Die zur Steuerung nötigen Spannungen

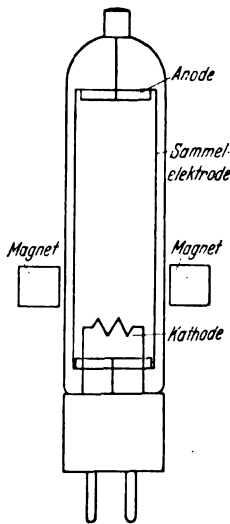


Bild 1. Magnetisch gesteuerte Elektronenröhre.

langen. Nach Abschalten des magnetischen Feldes geht die Entladung mit geringem Spannungsabfall zwischen Kathode und Anode in der üblichen Weise vor sich. Es kann daher das Einsetzen eines starken Entladungsstromes durch die Zerstreung eines Elektronenstromes gesteuert werden, der nur einen außerordentlich kleinen Bruchteil des Entladungsstromes darstellt. Für jede Anodenspannung gibt es eine kritische magnetische Feldstärke, über der die Entladung nicht einsetzt. Die magnetische Empfindlichkeit des Permatrons steigt ungefähr mit der dritten Potenz des Verhältnisses der Entfernung zwischen Anode und Kathode zum Durchmesser der Sammelelektrode. Die Grenze der Empfindlichkeit ist dann erreicht, wenn die Schirmwirkung der Sammelelektrode so groß wird, daß auch in Abwesenheit des magnetischen Feldes bei angemessen niedriger Anodenspannung noch keine Entladung erfolgt. Da die elektromagnetische Steuerung von der Röhre und dem mit ihr verbundenen Stromkreis isoliert werden kann, läßt sich die Anordnung zur Steuerung von Hochspannungskreisen von einem sicher geerdeten Steuerstromkreis oder auch in solchen Fällen verwenden, in denen eine oder mehrere Röhren üblicherweise gemeinsam nicht gesteuert werden können. Von der Polarität des magnetischen Feldes ist die Steuerung des Permatrons unabhängig und kann z. B. auch durch bewegte permanente Magnete erfolgen. Da zwischen der Röhre und dem Steuerstromkreis keine Rückwirkungen bestehen und die Impedanzmagneten keine Rückwirkungen bestehen und die Impedanzmagneten keine Rückwirkungen bestehen und die Impedanzmagneten keine Rückwirkungen bestehen, läßt sich Rücksicht darauf, ob die Röhre leitend ist oder nicht, läßt sich das Permatron auch in empfindlichen Nachrichtenstrom- und Meßkreisen benutzen. Die zur Steuerung nötigen Spannungen

des magnetischen Kreises sind sehr gering. Die in Bild 1 dargestellte Ausführung kann z. B. mit weniger als  $6 \mu\text{V}$  gesteuert werden. Es besteht auch die Möglichkeit einer gleichzeitigen magnetischen und der üblichen Gittersteuerung der Röhre. Die Röhren werden vorerst für mittlere Ströme von 0,1 bis 8 A und Anodenspannungen bis 3500 V gebaut, doch besteht kein Hindernis zur Ausbildung von Permatrons für höhere Ströme und Spannungen. O. N.

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.14.004-14

**Betriebsverfahren mit der Boulder-Dam-Leitung.** [Nach B. Cozzens, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 140; 7 S., 6 B.]

Die 435 km lange 287 kV-Leitung von Boulder-Dam nach Los Angeles<sup>1)</sup> führt durch Gebiete, die hinsichtlich ihrer klimatischen und Witterungsbedingungen außerordentlich verschieden sind. In dem Gebiet zwischen der Küste und dem Cajon-Paß herrscht im Sommer große Trockenheit. In dieser Zeit setzt sich auf den Isolatoren Staub ab, der hauptsächlich durch die landwirtschaftliche Bebauung des Landes entsteht. Gegen Ende des Jahres folgen dann Nebelperioden, die meist unverhofft einsetzen und bei der starken Verschmutzung der Isolatoren zu Betriebsschwierigkeiten führen können. Schwere Regenfälle bringen dagegen keine Gefahren, weil sie durch ihre Heftigkeit die Isolatoren von dem abgelagerten Staub säubern. Das Gebiet um den Boulder-Dam hat eine sehr viel größere Gewitterhäufigkeit als das Küstengebiet. Diesen verschiedenen Verhältnissen mußte die Isolation der Leitung angepaßt werden. Unter Beachtung von Erfahrungen mit einer 220 kV-Leitung in Nord-Californien wurden Isolatorenketten aus 24 Kappenisolatoren mit 254 mm Tellerdurchmesser und rd. 125 mm Bauhöhe verwendet. Um den Schwierigkeiten durch Verschmutzung und Nebel zu begegnen, wurde ein Plan für ein- oder zweimaliges Waschen der Isolatoren mit Wasser bis zu 55 at Druck aufgestellt; das Verfahren hat sich bewährt. Die Leitung hat in den 20 Monaten ihres Bestehens schon zwei Nebelperioden überstanden, ohne daß Schwierigkeiten aufgetreten sind.

Um die Gewittersicherheit der Leitung zu gewährleisten, wurden durchgehende Bodenseile verlegt, und zwar gehen von den Masten aus 4 Strahlen von je 41 m Länge in einem Winkel von  $45^\circ$  zur Leitungssache. Von den Enden dieser Strahlen aus laufen dann 2 Bodenseile parallel zur Leitungssache bis zum nächsten Mast. Die Masten haben also Vierstrahler, die durch 2 durchlaufende Bodenseile verbunden sind. Dadurch ist ein Rückwurf von Stoßströmen an den Enden des Vierstrahlers nicht möglich. Es wird außerdem noch angegeben, daß die durchgehende Verlegung der Bodenseile mit dem dazu entwickelten Arbeitsverfahren am wirtschaftlichsten war. In dem Leitungsabschnitt, in dem die Doppelleitung in 2 Einfachleitungen auf getrennten Gestängen aufgeteilt ist, hat man die durchlaufenden Bodenseile beider Leitungen miteinander quer verbunden.

Um Korrosionserscheinungen zwischen den kupfernen Bodenseilen sowie dem Stahl und dem Zinküberzug der Masten zu vermeiden, wurden an den Abgangsstellen der 4 Strahlen der Bodenseile von den Masten Funkenstrecken eingeschaltet. Sie bestehen aus 2 konzentrischen Elektroden aus Bronze, die durch ein Isoliermittel voneinander getrennt sind. Die Schlagweite beträgt 1,6 mm und ist für den Blitzstromdurchgang belanglos. Schmelzspuren an diesen Funkenstrecken zeigen an, in welchen Masten Blitzströme abgeflossen sind. Man hat versucht, aus der Gestalt dieser Schmelzspuren Rückschlüsse auf die abgeflossene Stromstärke zu ziehen, indem man im Laboratorium künstlich ähnliche Schmelzspuren erzeugt hat. Auch Stahlstäbchen zur Blitzstromstärkenmessung sind auf einer rd. 25 km langen Strecke eingebaut worden. Außerdem wurden an einer Reihe von Masten Meßeinrichtungen verwendet, bei denen durch den Stoßstrom ein Blatt Papier zwischen den Elektroden einer Funkenstrecke durchschlagen wird. Aus der Lochgröße kann ebenfalls ein gewisser Schluß auf die Stoßstromstärke gezogen werden. Als höchste Stromstärke in einem Mast ist bisher 84 kA gemessen worden. Auffallenderweise wird angegeben, daß die gemessenen Ströme zum großen Teil keine reinen Stoßströme sind, sondern als gedämpfte Schwingungen verlaufen. Dies wird darauf zurückgeführt, daß durch die verschieden große Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen in den Bodenseilen und in den Erdseilen Schwingungen

zustande kommen können. Auf 80 Masten sind ferner noch besondere Auffangstangen angebracht worden, deren Spitzen mit Marken versehen sind, so daß man bei einem Einschlag die Größe des Abbrandes nachträglich genau feststellen kann. Man will daraus Schlüsse auf die erforderliche Stärke von Erdseilen aus Stahl ziehen, damit hier keine Schäden durch Blitzeinschläge entstehen. Vorgesehen sind an diesen Auffangstangen noch zwei weitere Meßeinrichtungen zur Bestimmung der Blitzstromdauer und der Zahl der Teilentladungen. Ergebnisse mit solchen Meßeinrichtungen liegen aber noch nicht vor. Gd.

DK 621.311.22(42)

**Ausbau des Dampfkraftwerks Brimsdown A.** [Nach Electr. Rev., Lond. 124 (1939) S. 741;  $3\frac{1}{2}$  S., 11 B.]

Die ursprünglich im Jahre 1902 in Betrieb genommene Dampfkraftanlage wurde im Laufe der Zeit weiter ausgebaut und besaß 1934 vor ihrem letzten Ausbau 18 Kessel mit einer Dampfleistung von über 163 t/h und 5 Turbogeneratorsätze für 23 000 kW. Hiervon wurden 10 Kessel abgerissen und in einem an der alten Stelle neu errichteten Kesselhaus zwei Hochdruck-Loefflerkessel für je 95 t/h Dampfleistung für 148 at,  $504,4^\circ\text{C}$  untergebracht, die den Turbosatz mit einer Gesamtleistung von 53 MW speisen. Diese Dampferzeugeranlage ist die erste dieser Bauart in England und nimmt auch hinsichtlich der Höhe des Dampfdruckes eine Sonderstellung ein. Von der Gesamtleistung sind etwa 19 000 kW als Hochdruckteil und rd. 34 000 kW als Niederdruckteil ausgeführt und mit den zugehörigen Hauptgeneratoren unmittelbar gekuppelt. Auf der Niederdruckseite kann ein von der alten Kesselanlage gespeister Notbetrieb gefahren werden, bei dem 22 000 kW abgegeben werden können. Der thermische Wirkungsgrad der Gesamtanlage soll auf über 30% gebracht werden; der garantierte Kesselwirkungsgrad beträgt 89%. Die neuen Kessel haben Stokerfeuerung; die Bekohlungsanlage ist in der üblichen Weise ausgeführt. Alle Kessel- und Überhitzerrohre sind autogen geschweißt und bestehen aus Chrom-Molybdänstahl, die Speiseleitungen aus Kohlenstoffstahl. Die Wasserstand-Meßeinrichtung wurde der Kesselbauart entsprechend ausgeführt und besitzt eine magnetisch arbeitende Anzeigevorrichtung. Die zweizylindrige Hochdruckturbinen enthält 13 Stufen im ersten und 12 im zweiten Teil und macht 3000 U/min; sie treibt einen Drehstromgenerator mit 1800 kW, einen Generator für 1650 kW für den Eigenbedarf und die Erregermaschine an. Die ebenfalls zweizylindrig ausgeführte Niederdruckturbinen treibt unmittelbar den Drehstromgenerator mit 31 000 kW bei 3000 U/min, über ein Getriebe zwei Gleichstromgeneratoren von je 1050 kW, 500 V, eine Haupt- und eine Hilfserregermaschine bei 1000 U/min. Beide Drehstromgeneratoren haben 33 kV Klemmenspannung und einen Reaktanzwert von 20%. Sie sind normalerweise über einen 33 kV-Ölschalter verbunden. Das Kraftwerk Brimsdown A wird elektrisch von dem in unmittelbarer Nachbarschaft befindlichen Werk B geschaltet. Der Energiebedarf der verschiedenen Pumpen der Anlage ist im einzelnen angegeben, wobei auch der Dampfverlauf im Kraftwerk beschrieben ist. Die Niederdruckturbinen besitzt zwei Kondensatoren für eine stündliche Kondensatmenge von 133 m<sup>3</sup> bei einem Kühlwasserbedarf von 481 hl/min. Die Kühlwasserpumpen werden über Getriebe durch drehzahlregelbare Gleichstrommotoren von 800 PS angetrieben; der Wirkungsgrad dieser Antriebe einschließlich der Getriebe erreichte bei Vollast 89%. Es sind zwei Kühltürme zur Kühlung von 12 500 hl Wasser je Stunde mit einer Temperaturherabsetzung von 28,5 auf  $21^\circ\text{C}$  vorgesehen. Die Turbinenhilfsantriebe und Lüfterantriebe besitzen Wechselstromantriebe, während die Antriebe des Kesselhauses mit gekapselten Gleichstrommotoren ausgerüstet wurden, die von einer Kommandostelle aus ebenso wie die Antriebe der Bekohlungsanlage gesteuert werden können. Letztere besitzt eine Förderleistung von 120 t Kohle/h. Auf dem Wege von den Bunkern zu den Kesselfeuerungen wird der Brennstoff selbsttätig gewogen. Bei der Ausführung der Kesselüberwachungsanlage und deren Meßeinrichtungen ist auf Übersichtlichkeit besonderer Wert gelegt. an.

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317-755

**Ueber die Beurteilung und den objektiven Vergleich der Meßleistung von Kathodenstrahl-Oszillographen.** [Nach B. v. Borries u. E. Ruska, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 3, S. 161; 6 S., 3 B.]

Die Verfasser machen Vorschläge, nach denen in objektiver Weise die Meßleistung verschiedener Kathodenstrahl-Oszillographen angegeben und verglichen werden kann. Im

<sup>1)</sup> Vgl. Rießmüller, ETZ 58 (1937) S. 264.

bisherigen Schrifttum wurden diese Angaben sehr verschieden, meist unzulässig unvollständig und jedenfalls in nicht leicht miteinander vergleichbarer Form gemacht. Daher sollten künftig Normalangaben über Schreibgeschwindigkeit und Meßempfindlichkeit einzeln und in einander zugehörigen Wertepaaren gemacht werden, die sich auf ein bestimmtes Oszillogrammformat und eine bestimmte Wiedergabeoptik beziehen. Weiterhin wird erörtert, bis zu welcher Grenze eine Steigerung der Schreibgeschwindigkeit noch meßtechnisch vernünftig ist. Verschiedene, in letzter Zeit bekanntgewordene Oszillographen werden bezüglich ihrer Meßleistung nach den gemachten Vorschlägen miteinander quantitativ verglichen.

DK 621.317.39 : 537.741.2

**Elektrischer Drehzahlmesser mit Zweiphasen-Generator.** [Nach E. B. Brown, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 499; 3½ S., 8 B.]

Während die Gleichstrom-Drehzahlmesser (Gleichstrom-Generator mit Drehspul-Instrument) immer den Drehsinn durch die Richtung des Zeigerausschlages erkennen lassen, zeigen die Wechselstrom-Drehzahlmesser mit Einphasen-Generator die Drehrichtung nicht an. G. Keinath<sup>1)</sup> hat schon im Jahre 1912 einen Wechselstrom-Drehzahlmesser angegeben, bei dem als Geberdynamo ein Zweiphasen-Generator und als Anzeigergerät ein Elektrodynamometer (eisengeschlossenes Unipolarinstrument mit einem Ausschlagwinkel von 300°) verwendet wird. Mit einer derartigen Anordnung kann man auch mit Wechselstrom die Drehrichtung anzeigen und außerdem noch sehr günstige Eigenschaften für die ganze Meßeinrichtung erreichen. Man kann auch als Empfänger an Stelle des Elektrodynamometers ein Drehfeld-Instrument benutzen, mit dem sich praktisch genau die gleiche Wirkung erreichen läßt. Solche Instrumente werden von einer amerikanischen Firma als Drehzahlmesser für Flugzeuge gebaut.

E. B. Brown beschreibt einen auf dem oben gekennzeichneten Prinzip beruhenden Wechselstrom-Drehzahlmesser („quadrature tachometer“), bei dem ein Zweiphasen-Generator als Geberdynamo mit einem als Empfänger dienenden, zweckmäßig eisengeschlossenen elektrodynamischen Anzeigergerät zusammenarbeitet. Die erste Wicklung (Phase 1) des Zweiphasen-Generators ist über zwei Fernleitungen an die Stromwicklung (feststehend angeordnete Stromspule) des Elektrodynamometers angeschlossen, während die zweite Wicklung (Phase 2) über zwei weitere Fernleitungen und einen hochohmigen kapazitäts- und induktionsfreien Widerstand mit der Spannungswicklung (Drehspule) des Elektrodynamometers verbunden ist. Wenn die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung in dem ersten Stromkreis (Phase 1) etwa 90° und in dem zweiten Stromkreis (Phase 2) etwa 0° beträgt, dann ist das Drehmoment des Elektrodynamometers der zu messenden Drehzahl proportional, beispielsweise ergibt sich bei dem Meßbereich 100 bis 2200 U/min ein von 200 U/min aufwärts praktisch linearer Skalenverlauf. Der Einfluß von Temperaturschwankungen auf die Anzeige, der an sich schon sehr gering ist (Widerstandsänderungen der aus Kupferdraht gewickelten Spulen des Zweiphasen-Generators und des Elektrodynamometers machen sich wegen der 90°-Phasenverschiebung in dem ersten Stromkreis bzw. wegen des hochohmigen temperaturunabhängigen Vorwiderstandes in dem zweiten Stromkreis praktisch kaum bemerkbar), kann durch besondere Wahl der Phasenverschiebung zwischen den beiden Erregerströmen des Elektrodynamometers auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden. Wellenformverzerrungen dieser Erregerströme haben, wie durch Versuche gezeigt wurde, keinen wesentlichen Einfluß auf die Messung. Die Versuche wurden, da ein Zweiphasen-Generator zunächst nicht zur Verfügung stand, mit Hilfe von zwei miteinander mechanisch gekuppelten Einphasen-Generatoren durchgeführt, die Phasenverschiebung zwischen den beiden Erregerströmen konnte durch Verändern des Verdrehungswinkels zwischen den beiden Läufern geändert werden. Als Anzeigergerät wurde zuerst ein eisenloses Wattmeter (Nennstrom 1 A, Nennspannung 75 V bzw. 150 V) und später ein eisengeschlossenes Elektrodynamometer benutzt, das mit einer Luftdämpfungsvorrichtung versehen war. Es war hier also kein Dämpfungsmagnet vorhanden, der beispielsweise auf Kompaß-Einrichtungen einen störenden Einfluß ausüben könnte. Ggr.

<sup>1)</sup> G. Keinath, „Die Technik elektrischer Meßgeräte“, 3. Auflage, Band 2, S. 295 bis 297, Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1928; G. Keinath, Arch. techn. Messen, Blatt J 162—1 (März 1935), Bild 11.

DK 621.317.2 : 629.13

**Neue Windkanalanlage.** [Nach Engineering 147 (1939) S. 423 u. 461; 5 S., 32 B.]

Es werden ein einfacher Windkanal für aerodynamische Messungen an Modellen 1 : 10, Meßgeräte sowie eine Windkanalwaage beschrieben. Die englische Windkanalanlage ist besonders für Versuche aufgebaut. Der Kanal ist nach der bekannten „Göttinger Bauart“ als geschlossener Ringkanal ausgebildet<sup>1)</sup>. Das Gebläse besteht aus einer vierflügeligen Schraube von 2,4 m Dmr., einem achtfügeligen Leitapparat und einem Drehstromnebenschlußmotor für 400 V, 50 Hz in Schrage-Bauart. Die Leistung des Motors beträgt bis 100 PS, Drehzahlbereich 105 bis 840 U/min. Zum Anlassen ist ein einstufiges Anlaßschütz vorgesehen. Die Drehzahl wird durch Verschieben von zwei gegenläufigen Bürstensätsen mit motorischem Fernantrieb geregelt. Das Anlassen und die Drehzahlregelung des Gebläsemotors kann von mehreren Stellen des Versuchsraumes aus erfolgen. In der Windkanalmeßstrecke von 2,14 × 1,52 m<sup>2</sup> Fläche kann die Strömungsgeschwindigkeit im Bereich von 18 bis 55 m/s eingestellt werden. Über der Meßstrecke befindet sich die ausführlich beschriebene, mechanisch arbeitende Windkanalwaage, mit der die an den im Strömungskanal aufgehängten Modellen angreifenden Kräfte gemessen werden. Zur Dämpfung der Luftschwingungen besitzt diese Waage elektromagnetisch wirkende Dämpfer, die aus Kupferscheiben bestehen, die sich bei auftretenden Schwingungen im Luftspalt eines Elektromagneten (12 V Gleichspannung) bewegen. Außer dieser Wirbelstromdämpfung sind an den Meßsystemen noch weitere hydraulische Dämpfer angeordnet. Zur Messung der Rollmomente werden je nach ihrer Größe zwei Geräte verwendet, die eine elektrische Anzeige durch ein Galvanometer dadurch ermöglichen, daß vier Spiralen aus dünnem Platindraht, die zu einer Wheatstoneschen Brücke zusammengeschaltet sind, je nach der Momentrichtung zusammengedrückt bzw. auseinandergezogen werden, wodurch eine Temperaturänderung der mit 4 V Gleichspannung geheizten Spulenzweige eintritt. Die dadurch hervorgerufene Widerstandsänderung ergibt einen Galvanometerstrom, der nach entsprechender Eichung als Maß für die Rollmomente dient. Das kleine Gerät kann auf die Modelle im Kanal aufgesetzt werden. E. Ll.

## Verkehrstechnik

DK 625.245.95

**Ein neuer Meßwagen zur Untersuchung elektrischer Fahrzeuge für hohe Geschwindigkeiten.** [Nach K. Grobpietsch und E. W. Curtius, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 98; 12 S., 16 B.]

Der Meßwagen enthält Hochspannungsraum, Dunkelkammer, Meßraum (7 m lang), Beratungsraum (6,8 m lang) sowie Abort und Garderobe. Die Länge über Puffer beträgt 23,5 m. Eine spurkranzlose Achse dient zur Geschwindigkeitsmessung; sie wurde also als mittlere Achse eines dreiaxigen Drehgestelles ausgeführt, dessen Achsstand 3,6 m beträgt. Mit Rücksicht auf die vorgesehene Geschwindigkeit von 200 km/h wurde der Wagen windschnittig ausgeführt. — Der Meßtisch befindet sich an einer Längswand des Wagens, damit genügend Bewegungsfreiheit vorhanden ist. Die Meßinstrumente sind an Längs- und Querwänden untergebracht. Die Fahrleitungsenergie wird von den Stromabnehmern des Meßwagens dem Fahrdrabt entnommen und in dem Hochspannungsraum über einen dreifach umschaltbaren Stromwandler und einen Expansionsschalter den Kupplungen an den Stirnseiten des Daches zugeführt, von wo aus die Dachleitung des Meßwagens mit der der Lokomotive verbunden wird. Alle anderen Meßwandler für die Motoren und Hilfsstromkreise werden auf der Lokomotive eingebaut und über Stirnwandstecker dem Meßwagen zugeführt. Folgende Messungen werden durchgeführt: Fahrleitungsenergie für den Motorkreis (Spannung, Strom, Leistung, Blindleistung, Leistungsfaktor, Arbeit); Zugheizung; Oberwellen; mechanische Messungen (Zugkraft, Geschwindigkeit, Arbeit, Beschleunigung). Alle Meßgeräte werden eingehend beschrieben. Ko.

## Fernmeldetechnik

DK 621.396.216

**Nachrichtenübermittlung unter Anwendung der Phasenwinkelmodellierung.** [Nach M. G. Crosby, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 126; 10 S., 16 B.]

Der Aufsatz berichtet über den Aufbau von Sender und Empfänger bei Anwendung von Phasenwinkelmodellierung<sup>2)</sup> und die bei Versuchen gemachten Erfahrungen.

<sup>1)</sup> E. Lötterle, ETZ 59 (1938) S. 741.

<sup>2)</sup> siehe auch ETZ 60 (1939) S. 1357 u. 1384.

Für die Erzeugung der Phasenwinkelmodellung auf der Sendeseite werden folgende Verfahren aufgeführt:

1. Der hochfrequente Träger wird dem Gitter zweier Pentoden zugeführt, deren Ausgänge parallel geschaltet sind, der einen Pentode unmittelbar, der anderen unter Zwischenschaltung eines Netzwerkes, das die Phase dieses Trägeranteils um  $90^\circ$  dreht. Die Modellung des Trägers in der einen Röhre läßt die Resultierende im Ausgang ihren Phasenwinkel in Abhängigkeit vom Modellungsgrad ändern. Durch entgegengesetzte Modellung beider Trägeranteile läßt sich der Phasenwinkelhub vergrößern.
2. Die Phase in einem abgestimmten Kreis ändert sich mit der Verstärkung. Eine zu dem Abstimmkreis parallel liegende als Induktivität oder Kapazität geschaltete Schubböhrre ändert, ähnlich wie bei der selbsttätigen Scharfabstimmung ihren Induktivitäts- bzw. Kapazitätswert in Abhängigkeit von der dem Gitter zugeführten Modellungsspannung und erzeugt damit in einem an den Abstimmkreis induktiv angekoppelten Kreis eine ihren Phasenwinkel in Abhängigkeit von dem Modellungsgrad ändernde Spannung.
3. Ein Kristalloszillator wird im Ausgang phasenwinkelgemodelt, wenn eine der Betriebsspannungen gemodelt wird.
4. Die Steuerung einer Röhre, die mit ihrem Anodenkreis den Abschluß eines Übertragungsgliedes bildet, durch die niederfrequente Modellung läßt in dem Übertragungsglied eine abgreifbare Spannung entstehen, die als Resultierende der zugeführten und der reflektierten Hochfrequenzspannung ihre Phase mit der Modellungsspannung ändert.
5. Ein frequenzgemodelter Oszillator kann zur Herstellung von Phasenwinkelmodellung benutzt werden, indem man ein Netzwerk einfügt, das von den gemodelten Spannungen mit einer zu ihrer Frequenz proportionalen Amplitude durchlaufen wird.

Die letzte Anordnung ermöglicht einen hohen Grad von Phasenwinkelmodellung, hat aber den Nachteil einer geringeren Stabilität des Oszillators. In den übrigen Verfahren wird ein kleiner Modellungsgrad erzeugt und durch Anwendung von Frequenzvervielfachung vergrößert. Die gleichzeitig auftretende Amplitudenmodellung wird einmal hierdurch und zum anderen durch die Einfügung von Begrenzern genügend klein gehalten.

Im Empfänger wird die Phasenwinkelmodellung zunächst in Amplitudenmodellung umgewandelt und dann in bekannter Weise rückgemodelt. Für die Umwandlung in Amplitudenmodellung werden vier Möglichkeiten angeführt:

1. Phasendrehung des Trägers im Verhältnis zu den Seitenbändern.
2. Phasendrehung der Seitenbänder im Verhältnis zu dem Träger.
3. Getrennte Gleichrichtung jedes Seitenbandes mit Träger und spätere geeignete Zusammensetzung.
4. Verwendung eines für Frequenzmodellung eingerichteten Empfängers mit einem Netzwerk zum Ausgleich der Frequenzverzerrungen.

Zur Umwandlung gemäß 1 wird aus einem abgezweigten Teil der Empfangsspannung die Trägerfrequenz ausgesiebt, um  $90^\circ$  in der Phase gedreht und der restlichen Empfangsspannung verstärkt wieder überlagert. Damit ist die Umwandlung in Amplitudenmodellung erfolgt, eine Gleichrichtung in Gegenrichtung stellt die richtige Lage der Seitenbänder zueinander her. An Stelle der ausgesiebt Trägerfrequenz kann auch ein örtlich erzeugter Träger hinzugesetzt werden, wichtig ist die genaue Übereinstimmung des überlagerten Trägers mit der ankommenden Frequenz, die in der Regel durch besondere Maßnahmen gesichert werden muß.

Die Grundlage der Schaltung für die Umwandlung nach 2 und 3 bildet ein unter- oder überneutralisiertes Kristallfilter. Durch die Unterteilung der ausgangseitigen Halterungskapazität ist es möglich, dasselbe Kristallfilter gleichzeitig über- und unterneutralisieren. Das unterneutralisierte Filter läßt auf Grund seiner Charakteristik den Träger unverändert durch und bildet für den größten Teil des Seitenbandes einen kapazitiven Widerstand, dreht also die Phase um  $90^\circ$ . In entsprechender Weise läßt das überneutralisierte Filter den Träger durch und bildet für die meisten Seitenbandfrequenzen einen induktiven Widerstand, dreht also das Seitenband um  $90^\circ$  in der anderen Richtung. In zwei an die beiden Ausgänge angeschlossenen Verstärkerröhren treten dadurch amplitudengemodelte Schwin-

gungen auf, deren Amplituden im Gegensinn um den gleichen Betrag schwanken und die durch geeignete Verbindung der Gleichrichterausgänge addiert werden.

Für die Umwandlung nach 3 wird jedes Seitenband mit Träger durch besondere Filter für sich herausgesiebt und getrennt gleichgerichtet. Die Ausgangsspannungen am Gleichrichter werden durch Gegentakterschaltungen so zusammengesetzt, daß sie sich nicht aufheben.

Ein für den Empfang frequenzgemodelter Schwingungen eingerichteter Empfänger liefert eine der Frequenz proportionale Ausgangsspannung. Durch Zwischenschaltung eines Netzwerkes von der Form  $1/f$  läßt sich Phasenwinkelmodellung empfangen.

Ein merklicher Unterschied in der Ausbreitung phasenwinkelgemodelter und amplitudengemodelter Schwingungen besteht erwartungsgemäß nicht, da sich die Seitenbandcharakteristiken der beiden Verfahren nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Der Frequenzmodellungsempfänger mit Netzwerk zeigte bei selektivem Schwund eine Neigung zu starken Verzerrungen. Einseitenbandempfang führte ebenso wie bei Amplitudenmodellung zu stärkeren Modellungsverzerrungen als der Zweiseitenbandempfang.

Da der phasenwinkelgemodelte Sender immer die Spitzenleistung ausstrahlen kann, ergibt sich ebenso wie bei der Frequenzmodellung als wesentlicher Vorteil gegenüber der Amplitudenmodellung bei gleichem Röhrenaufwand eine im Durchschnitt vierfache ausgestrahlte Trägerleistung.

Das Verhältnis Stör- zu Nutzspannung wird bei Phasenwinkelmodellung gekennzeichnet durch das Verhältnis der Phasenwinkelhübe, den die Modellung und die Störung verursachen, da die Umsetzung in Amplitudenmodellung proportional dem Phasenwinkelhub erfolgt. Im großen und ganzen ist das Störverhältnis bei beiden Modellungsarten das Gleiche.

Vorteile der Phasenwinkelmodellung bestehen vor allem auf der Sendeseite. Hierzu gehören die größere abgestrahlte Leistung, der kleinere Leistungsaufwand in der Modellungsstufe und auch die untergeordnete Bedeutung etwaiger Amplitudenverzerrungen im Sendeverstärker. Diesen Vorteilen steht eine vielleicht etwas höhere Anfälligkeit für das Auftreten von Brummstörungen gegenüber. Die Empfängerseite verlangt bei Phasenwinkelmodellung erhöhten Aufwand, es muß eine hohe Stabilität und Stoßempfindlichkeit der Kreise gefordert werden, die besondere Maßnahmen wie Schalldämpfung und Kristallsteuerung notwendig macht. Der Ansicht, daß bei Phasenwinkelmodellung ein breiteres Seitenband belegt und damit Interferenzstörungen leichter möglich werden, wird mit dem Hinweis entgegengetreten, daß die Seitenbandamplituden zweiter und dritter Ordnung nur einige Prozent des ungemodelten Trägers ausmachen, und daß sie nach Versuchsergebnissen bei Modellung mit einem Tongemisch aus hohen und tiefen Frequenzen noch weiter geschwächt werden. *Mbs.*

DK 621.396.44 + 621.395

**Der Einfluß des Drahtfunks auf Gestaltung und Technik der Fernsprechanlagen.** [Nach W. Waldow. Europ. Fernsprechdienst (1939) 51. Folge, S. 62; 15 S., 21 B.]

Die Verflechtung des Drahtfunks mit den Fernsprechanlagen ist äußerst eng. Aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen muß er sich als neu hinzutretender Betriebszweig den bestehenden Verhältnissen in der Fernsprechtechnik soweit wie nur irgend möglich anpassen. Immerhin ist ein Einfluß des Drahtfunks auf das Leitungsnetz in folgendem festzustellen:

a) Für die Zuführung von 3 Sendefolgen zu jedem Drf-Sendeamt muß das Rundfunkleitungsnetz erweitert werden.

b) Für die Drf-Verbindungsleitungen müssen in den Fernleitungskabeln mindestens 2 unbelastete Doppeladern (von 1,4 mm Aderdurchmesser) vorgesehen werden, die sich u. U. auch für die trägerfrequente Zuführung (im Mittelfrequenzband 15 bis 65 kHz) der Sendefolgen zu den Drf-Sendeämtern ausnutzen lassen. In älteren Fernleitungskabeln werden hierfür in 2 Leitungen die Spulen ausgeschaltet, wodurch diese Leitungen für den allgemeinen Fernsprechdienst verloren gehen. In besonders gelagerten Fällen können jedoch die Spulen auch durch Kondensatoren überbrückt werden. Die betreffenden Leitungen sind dann für den Fernsprech- und den Drahtfunkdienst verwendbar.

c) Krarupkabelstrecken in Freileitungen müssen für die Drahtfunkübertragung durch unbelastete Doppeladern um-

gangen werden. Ebenso sind Ringübertrager usw. hochfrequenzmäßig zu umgehen.

d) Für die niederfrequente und hochfrequente Ausnutzung der Fernsprechleitungen müssen bei den Fernsprechvermittlungsstellen und den Fernsprechteilnehmern Weichen in die Leitungen eingeschleift werden. Hierdurch werden die Dämpfung der Anschlußleitung bei 800 Hz um etwa 0,05 Neper und die der Überweisungsleitungen usw. um etwa 0,04 Neper erhöht.

Der Einfluß des Drahtfunks auf die Amtstechnik wirkt sich im wesentlichen in folgendem aus:

a) Die bestehenden Rundfunk-Verstärkerämter müssen erweitert und zu Drf-Sendeämtern ausgestaltet werden. Neue Ämter dieser Art müssen eingerichtet werden. Darüber hinaus sind noch Drf-Sendeämter bei sogenannten Rundfunk-Hilfsverstärkerämtern erforderlich.

b) Auf den Fernsprechvermittlungsstellen müssen für ihren Ausbau zu Drf-Verstärkerämtern Gestelle mit Drf-Verstärkern aufgestellt werden. Für die Leistungsverteilung von diesen Gestellen auf die Drf-Anschluß- und -Verbindungsleitungen sind besondere Vorkehrungen auf dem Wege zum und am Hauptverteiler zu treffen (hochfrequentes Verteilungsnetz, Einschleifen der Amtsweichen).

c) Bei den Drf-Sendeämtern werden im allgemeinen die Einrichtungen aus den Verstärkeramtsbatterien gespeist. Für die Stromversorgung der Drf-Sendeämter bei Rundfunk-Hilfsverstärkerämtern sowie der Drf-Verstärkerämter ist Wechselstrom erforderlich. In Gleichstromnetzen sind daher rotierende Umformer notwendig. Für besonders wichtige Ämter müssen Netzersatzanlagen vorgesehen werden.

d) Um allzu große Sendeleistungen im Drf-Verstärkeramt zu vermeiden und um die Drf-Versorgung mancher Leitungen überhaupt zu ermöglichen, müssen z. T. außerhalb der Vermittlungsstellen Drf-Verstärker an Verzweigungspunkten des Leitungsnetzes (Kabelverzweiger, Kabelaufführungspunkte usw.) vorgesehen werden. Im Drf-Anschlußleitungsnetz werden diese Verstärker als Drf-Verteilverstärker und im Drf-Verbindungsleitungsnetz als Drf-Hilfsverstärker bezeichnet. An diesen Stellen werden Weichen in wettersicherer Ausführung in die Leitungen, die mit Drahtfunk versorgt werden sollen, eingeschleift.

Durch die Einführung des Drahtfunks werden auch die Pflege und die Ausnutzungsmöglichkeit der Fernsprechanlagen in gewissem Umfang beeinflusst. *Bdi.*

### Theoretische Elektrotechnik

DK 537.527

**Elektrische Beanspruchung von Luft bei hohem Druck.** [Nach H. H. Skilling, *Electr. Engng.* 58 (1939) *Transactions* S. 161; 5 S., 6 B.]

Wird der Druck in einem Entladungsgefäß über Atmosphärendruck hinaus gesteigert, so steigt zunächst nach dem Paschenschen Gesetz auch die Durchschlagsspannung zwischen den Elektroden an. Schließlich aber führt weitere Drucksteigerung zu keiner weiteren Steigerung der Durchschlagspannung; diese bleibt vielmehr konstant, sie kann bei weiterer Drucksteigerung sogar wieder abnehmen. Diese Erscheinung ist unabhängig vom Elektrodenwerkstoff, hingegen stark abhängig von der Elektrodenkonfiguration. Elektroden mit gleichförmiger Felddausbildung, bei denen vor dem Durchschlag keine Koronaerscheinungen auftreten, läßt sich die Durchschlagsspannung auf das 18- bis 20fache des Durchschlagwertes bei Atmosphärendruck steigern. Bei Elektrodenanordnungen, bei denen vor dem Durchschlag Koronaerscheinungen beobachtet werden, ergeben sich zwei Maxima für die Durchschlagspannung, von denen das eine bei einem Druck von 7 bis 10 at, das andere bei etwa 20 at liegt. Die Erklärung dieser Erscheinungen ist in der kalten Elektronenemission an der Elektrodenoberfläche unter der Einwirkung der hohen Feldstärke zu suchen. Der Verfasser bezieht sich in seinen Schriftumsangaben ausschließlich auf amerikanisches und sowjetrussisches Schrifttum; lediglich D. W. Ver Plank erwähnt in der Aussprache die neueste Arbeit<sup>1)</sup> des umfangreichen deutschen Schrifttums über diesen Gegenstand. *Sil.*

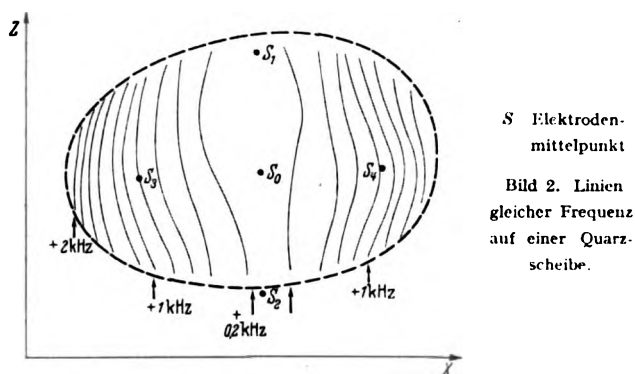
<sup>1)</sup> Finkelmann, *Arch. Elektrotechn.* 31 (1937) S. 282.

### Physik

DK 537.228.1

**Die Frequenz der Dickenschwingung von Quarzplatten ungleichmäßiger Stärke.** [Nach J. Koga u. M. Tatibana, *Elektrotechn. J.*, Tokio 3 (1939) S. 81; 5 S., 15 B.]

In gewissen Grenzen läßt sich bekanntlich die Eigenfrequenz einer schwingenden Quarzplatte durch Änderung des Abstandes einer der Elektroden von der Quarzoberfläche verändern. Eine ähnliche Wirkung läßt sich durch Verschieben der einen der beiden Elektroden auf der darunter liegenden, überstehenden Quarzoberfläche erzielen, wie die Verfasser zeigen konnten. Bei der benutzten einfachen Versuchsanordnung liegt der Schwingquarz, ein Kristallplättchen von 0,509 mm Dicke und  $20 \times 21 \text{ mm}^2$  Fläche in der gewöhnlichen Pierce-Schaltung auf einer allseitig übergreifenden Messingelektrode; die zweite, oben aufliegende Elektrode bildet eine Messingscheibe von 8,5 mm Durchmesser und 4 mm Dicke. Der Quarz ist so geschnitten, daß die 20 mm Kante bis auf  $30''$  genau mit der elektrischen Achse ( $X$ ) zusammenfällt und daß die Flächennormale mit der optischen Achse ( $Z$ ) einen Winkel von  $10^\circ 48''$  einschließt. Der Schwingung des Quarkreises wird in einem Meßempfänger eine zweite, ebenfalls von einem



S Elektrodenmittelpunkt

Bild 2. Linien gleicher Frequenz auf einer Quarzscheibe.

quarzgesteuerten Sender gelieferte Schwingung überlagert, deren Frequenz so bemessen ist, daß ein Überlagerungsston hörbar wird. Der Frequenzgang des Versuchsenders bei Vornahme irgendwelcher Maßnahmen kann so mit dem Gehör verfolgt werden. Bei einem ersten Versuch waren die Hauptflächen des Quarzes einander genau parallel. Über den Frequenzgang bei Verschiebung des oberen Elektrodenmittelpunktes gegen den Quarzmittelpunkt gibt das Linienbild von Bild 2 Aufschluß. Die ausgezogenen Kurven verbinden die Lagen des Elektrodenmittelpunktes, in denen die Frequenz die gleiche ist. Wurde die obere Quarzfläche in Richtung der längeren Kante so abgeschragt, daß ein Dickenunterschied von 0,001 mm entstand, so ergab die Messung, daß die Frequenz bei Verschieben des Elektrodenmittelpunktes in Richtung kleiner werdender Kristalldicke zunimmt, wenn die Bewegung in einiger Entfernung vom dickeren Ende einsetzt. Messungen nach einer weiteren Abschragung entsprechend einer Erhöhung des Dickenunterschiedes auf 0,002 mm bestätigten das vorige Versuchsergebnis; sie zeigten außerdem, daß sich die Frequenz an einem Punkt im Frequenzgang in gleichbleibendem Sinn nun sprunghaft ändert. Weitere Messungen wurden nach Planschleifen und Abschrägen der Oberfläche in Richtung der elektrischen Achse vorgenommen; zwischen den von den längeren Plattenkanten begrenzten Enden bestand nun ein Dickenunterschied von 0,002 mm. Der Frequenzgang bei Verschieben des Elektrodenmittelpunktes erwies sich in jeder Richtung als unregelmäßig; außerdem waren zwei Sprungstellen feststellbar, die beim Hin- und Rückgang ihre Lage änderten. Schließlich wurde nach abermaligem Planschleifen der benutzten Quarzplatte deren obere Begrenzungsfläche konkav geschliffen; danach lag der Mittelpunkt um 0,001 mm tiefer als die Ränder. Dieser Quarz konnte nicht zu Schwingungen angeregt werden. Erst wenn der Dickenunterschied zwischen Rand und Mitte nur noch 0,0003 mm betrug, konnte der Quarz wieder angeregt werden. Der Lagebereich für den Elektrodenmittelpunkt war dabei allerdings nur sehr klein. Vorteilhaft erscheint die Auswertung der beschriebenen Messungen zur

Feststellung der Güte des Parallelschliffes von Quarzplatten und wichtig die experimentell gesicherte Tatsache, daß konkave Quarzoberflächen bis zur Grenze der Meßgenauigkeit vermieden werden müssen. E. C. M.

DK 534.89

**Über die Absorption des Ultraschalls im menschlichen Gewebe und ihre Abhängigkeit von der Frequenz.** [Nach R. Pohlmann, Phys. Z. 11 (1939) S. 159; 3 S., 2 B.; R. Pohlmann, R. Richter u. E. Parow, Dtsch. Med. Wschr. 96 (1939) S. 251; 4 S.]

In den Aufsätzen werden die Ergebnisse von Versuchen, die Ausbreitung und Absorption der Ultraschallstrahlung im menschlichen Gewebe zu bestimmen und ihre Wirkung in therapeutischer Hinsicht am lebenden Menschen festzustellen, mitgeteilt. Zunächst wurde die Absorption des Ultraschalls und deren Frequenzabhängigkeit an einem Gewebestück (Glutäalmuskulatur in physiologischer Kochsalzlösung) ge-

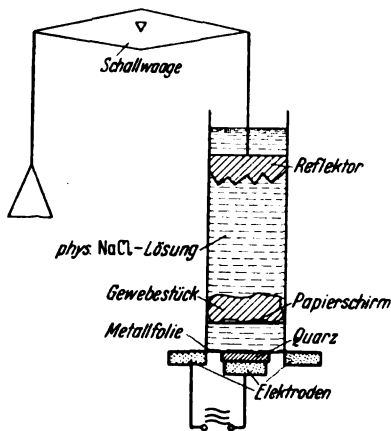


Bild 3. Absorptionsmeßeinrichtung für Ultraschall.

messen. Die Versuchsanordnung zeigt Bild 3. Bestimmt wurde der Absorptionskoeffizient  $a$  nach der Formel  $\frac{I_2}{I_1} = e^{-ad}$ , wobei  $d$  die Gewebeschichtdicke,  $I_1$  die eintretende und  $I_2$  die austretende Strahlungsintensität bedeutet.  $I_2$  und  $I_1$  sind meßbar; da der von der Ultraschallstrahlung auf den Reflektor ausgeübte Schalldruck der Intensität proportional ist, hatte man zur Bestimmung von  $I_2$  und  $I_1$  nur den Schalldruck mit und ohne Gewebeschicht zu messen und dabei durch Heben oder Senken des Reflektors d. h. der ganzen Waage, die durchstrahlte Schicht der Kochsalzlösung konstant zu halten. Dabei ergaben Messungen an Gewebeschichten verschiedener Dicke, daß die Reflexion an den Gewebegrenzen vernachlässigbar klein ist. Zur möglichst genauen Ermittlung des Absorptionskoeffizienten wurde eine Reihe von Messungen durchgeführt. Es konnte zunächst festgestellt werden, daß die Absorption bei der höheren Frequenz sehr viel größer ist, als bei der niedrigeren, eine Tatsache, die zu der Feststellung berechtigt, daß man zur Behandlung von tiefliegenden Organen wegen der großen hier nötigen Eindringtiefe eine kleinere Frequenz als bei Behandlung von Hautkrankheiten wählen muß. Die Messungen wurden an Geweben von Erwachsenen und von Kindern durchgeführt; ein nennenswerter Unterschied in der Absorption ließ sich dabei nicht feststellen. Unterschiedlich erwies sich jedoch die Absorption von Fettgeweben und von Muskelgeweben: eine Muskelschicht absorbiert etwa doppelt so stark als eine Fettschicht gleicher Dicke. In Tafel 1 sind einige

Tafel 1.

Frequenz kHz	Meßobjekt	Absorptions- koeffizient $\alpha$	Halbwertsdicke cm
800	Fett-Muskulatur . . . . .	0,141	4,9
800	Fettschicht . . . . .	0,102	6,8
800	Muskelschicht . . . . .	1,192	3,6
2400	Fett-Muskulatur . . . . .	0,472	1,5

der gemessenen Absorptionskoeffizienten zusammengestellt. Die letzte Spalte der Tafel gibt die Schichtdicke an, bei der die Strahlung auf die Hälfte abgesunken ist; bei einer Frequenz von 800 kHz z. B. ist dies bei den wirklichen Verhältnissen im menschlichen Körper bei einer Eindringtiefe von 4,9 cm der Fall; so tief liegt etwa der Ischiasnerv, der somit von der Ultraschallstrahlung noch sehr stark betroffen werden kann. Nachdem so die Frage der Tiefenwirkung der Ultraschallstrahlung beantwortet war, wurden Versuche an Patienten in Angriff genommen. Gearbeitet wurde mit einer Frequenz von 800 kHz. Der Schwingkopf war in einem kleinen Massagekopf untergebracht, der über eine Kontaksubstanz, entweder Paraffinöl oder eine dem Krankheitszustand angemessene Salbe, über den zu behandelnden Körperteil geführt werden konnte. Behandelt wurden verschiedene Arten von Neuralgien. Erfreuliche Ergebnisse zeitigte die Behandlung von Ischiaskranken mit Ultraschall. Von neun behandelten Patienten konnten acht geheilt werden; die Zahl der nötigen Bestrahlungen bewegte sich zwischen 4 und 19. Erfolgreich erwies sich auch die Ultraschallbehandlung von Patienten mit Plexusneuralgie. Schließlich wurden Versuche zur Heilung von Gichtkranken (Arthritis) durch Bestrahlung mit Ultraschall angestellt. Die Erfolge waren nicht so eindeutig, wie bei den vorgenannten Krankheitsfällen; bei zwei von vier behandelten Kranken war zwar eine Heilwirkung feststellbar, die sich deutlich von derjenigen der bisher verwandten Heilverfahren unterschied, keineswegs aber so schnell und kräftig eintrat, wie bei den anderen behandelten Fällen. E. C. M.

Werkstatt und Baustoffe

DK 621.3.017.32

**Hystereseverluste in Dynamoblechen.** [Nach F. Brailsford, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 399; 9 S., 17 B.]

Im Anschluß an Messungen über die drehende Hysterese werden in der vorliegenden Arbeit die Wechselstrom-Hystereseverluste der handelsüblichen Elektroleche in Abhängigkeit von der Höhe der Maximalinduktion und dem Winkel zwischen Magnetisierung und Walzrichtung untersucht. Als Meßgerät diente ein Torsionsdynamometer, in dem die Proben in Form von drei kleinen, um je 60° versetzten Kreisscheiben untereinander zwischen den Polen eines Elektromagneten aufgehängt waren. Die Aufnahme der Induktion erfolgte ballistisch mittels einer die Probe umgebenden Spule, die Messung der Verluste aus der Bestimmung der zur Weiterdrehung im Felde gerade erforderlichen Drehkraft bzw. ihrer Differenz für verschiedene Winkelstellungen zwischen einer Drehung im Rechts- und Linkssinn. Wirbelstromverluste gehen in die Messung nicht ein, die Methode, deren Theorie gegeben wird, ist brauchbar bis zu Maximalinduktionen von etwa 18 000 Gauß mit einer Genauigkeit von rd. 1%. Die Ergebnisse sind für die vier untersuchten Blechsorten in einer Reihe von Schaubildern ausführlich dargelegt. Sie zeigen für den Anstieg der Verluste mit der Maximalinduktion, daß das Steinmetzsche Gesetz nur bis in die Gegend des Knies der  $\mathfrak{B}/\mathfrak{H}$ -Kurve gilt, während oberhalb die Verluste linear anwachsen. Da im Sättigungsgebiet die Verluste konstant sind, muß demnach kurz nach den letzten Meßpunkten ein scharfes Umbiegen der Hystereseverlustkurve einsetzen. Hinsichtlich der Anisotropie der Hystereseverluste bestätigen die Kurven die bekannte Tatsache, daß die Elektroleche in Walzrichtung stets magnetisch weicher sind als quer dazu. Im einzelnen ergab sich, daß bei den nach dem gewöhnlichen Verfahren (warm)gewalzten Legierungen mit 0,13%, 1,9% und 3,7% Si die Verluste senkrecht zur Walzrichtung etwa 11 bis 14% größer sind. Bei den schwach und hochlegierten Blechen erfolgt dabei diese Zunahme über alle Winkel gleichmäßig, dagegen trat bei dem mittellegierten Blech bei 30° noch ein schwaches Minimum auf. Sehr viel ausgeprägter sind die Verschiedenheiten bei dem (kaltgewalzten) Blech mit 3,1% Si, und zwar zeigt sich hier unter dem Winkel 54,7° eine Vorzugsrichtung, bei der die Verluste um 93° größer sind als in Walzrichtung, während unter 90° die Erhöhung noch etwa 63% beträgt. Die angegebenen Anisotropien beziehen sich auf eine Induktion von 13 000 Gauß, sie nehmen mit abnehmenden  $\mathfrak{B}$  ab und sind für  $\mathfrak{B} = 10 000$  Gauß schon wesentlich schwächer ausgeprägt. Die Ergebnisse werden bezüglich der auftretenden Texturen diskutiert. Kmn.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

#### Verband Deutscher Elektrotechniker (Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

#### Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus



#### Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung der Verbandskennzeichen

Die Lieferung der von der VDE-Prüfstelle in der ETZ 61 (1940) S. 47 bereits angekündigten „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens und der Verbandskennfäden“, welche für Anfang Februar 1940 vorgesehen war, wird sich voraussichtlich bis Ende März/Anfang April 1940 verzögern.

Die Anfertigung der Zusammenstellung erfolgt mit Rücksicht auf die spätere Auslieferung nicht nach dem Stande vom 1. 1. 1940, sondern nach dem neueren Stande vom 1. 2. 1940.

Die Prüfstelle bittet deshalb von Mahnungen abzusehen.

#### Leitungsschutzschalter

Lt. Mitteilung des Elektrischen Prüfamtes 3 in München entsprechen die nachstehend aufgeführten Leitungsschutzschalter der Firma Voigt & Haefner A.-G., Frankfurt a. M., den Leitsätzen für Leitungsschutzschalter VDE 0641/1936:

Leitungsschutzschalter mit thermischer, verzögert wirkender und elektromagnetischer, unverzögert schaltender Auslöseeinrichtung, freiauslösend, mit Einschalte- und Auslösedruckknopf, für 6—10—15 A 250 V Gleichstrom, 380 V Wechselstrom,

- a) in Stöpselform, Bauform NPI,
- b) in Verbindung mit einem Element-Sockel, Bauform NEL, mit Nulleiterschiene, für versenkten Einbau.

Prüfzeit: Februar 1940.

Für Leitungsschutzschalter wird die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens noch nicht erteilt. Leitungsschutzschalter, welche lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München den oben erwähnten Leitsätzen entsprechen, können aber ebenso als verbandsmäßig angesehen werden wie andere Geräte, deren Übereinstimmung mit den VDE-Vorschriften von der VDE-Prüfstelle durch Erteilung der Zeichengenehmigung anerkannt worden ist.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

I. A.: Saß I. A.: Klingenberg

#### Bezirk Berlin

#### vorm. Elektrotechnischer Verein (Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

#### Fachversammlung

des Fachgebiets: „Röhrentechnik“, Leiter: Dir. Dr. phil. H. Kerschbaum VDE

#### Vortrag

des Herrn Dr. R. Theile, Berlin, am Donnerstag, dem 4. April 1940, 18<sup>00</sup>, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Über Kathodenstrahlröhren in der Fernsichttechnik unter besonderer Berücksichtigung der Bildgeberröhren“.

Eintritt und Kleiderablage frei.

#### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektromaschinenbau.** Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.  
28. März 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Traglager an Maschinen mit senkrechter Welle“. Vortragender: Dipl.-Ing. H. Oschamitzky.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

#### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Ostsachsen, Dresden.** 28. 3. (Do), 19<sup>45</sup>, El. Inst. T. H.: „Physik und Technik neuzeitlicher Photozellen“ (m. Versuchen). Dr.-Ing. W. Kluge VDE.

**VDE Bezirk Niedersachsen, Arbeitsgemeinschaft der jungen Ingenieure, Hannover.** 26. 3. (Di), 20<sup>15</sup>, Hann.-Braunschweig. Stromversorgungs-A.G., Marienstr. 20: „Ursache, Auswirkungen und Beherrschung von Überspannungen in Hochspannungsanlagen“ (m. Lichtb. u. Schmalfilmvorf.). Dipl.-Ing. H. Lau.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirk Breslau, VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau,** und Außeninstitut der T. H.: 28. 3. (Do), 20<sup>00</sup>, El. Inst. T. H.: „Beleuchtungstechnische Aufgaben in der Kriegswirtschaft“ (m. Lichtb. u. Vorführ.) Dipl.-Ing. J. Schaer.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirk Frankfurt a. M.** 29. 3. (Fr), 20<sup>15</sup>, Städtelschule, Neue Mainzer-Straße 47: „Das Licht im Luftschutz“. Dipl.-Ing. L. Schneider.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bez. Schlesien, VDE Bezirk Oberschlesien u. VDI Bezirk Oberschlesien, Kattowitz.** 29. 3. (Fr), 20<sup>00</sup>, Landesbücherei Kattowitz, Emmastraße Ecke Holteistraße: „Beleuchtungstechnische Aufgaben in der Kriegswirtschaft“ (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dipl.-Ing. J. Schaer.

## PERSÖNLICHES

(Mittellungen aus dem Leserkreis erbeten)

**Hochschulnachrichten.** — Dem Dr. techn. Alfred Grabner VDE ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor in der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Berlin der Lehrstuhl für Elektromaschinenbau übertragen worden.

## EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten.)

Schalttechnische Verbesserungen an älteren Empfängern. Von Ing. O. Kappelmayer. Deutsche Radiobücherei, Band 85. Mit 65 Bild., 2 Tab. u. 62 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1939. Preis kart. 1 RM.

[Der Inhalt des Büchleins ist eine Erweiterung eines Kapitels aus „Das große Radio-Bastelbuch und Rundfunk-Praktikum“ von Kappelmayer. Die von ihm gebotenen Schaltbilder mit den kurzen und klaren Erläuterungen werden sicher viel Anklang finden. Gegenkopplung, Störfreiung, magisches Auge, 9 kHz-Sperre, Dreiodenschaltung, Drucktastenschaltung und Selektivitätserhöhung durch Sperr- und Trennkreise sind einige der behandelten Mittel, um bessere Klangschönheit, Trennschärfe usw. zu erzielen.]

## Berichtigung

In dem Aufsatz „Schweißumformer oder -umspanner für das Handwerk“ in Heft 9 der ETZ 61 (1940) S. 203, linke Spalte, 3. Absatz, vorletzte Zeile muß es richtig heißen „Schweißtransformatoren über 10 kVA werden nicht mehr zugelassen“, wie dies im größten Teil der Auflage auch richtig steht.





**Staatliches Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem**

Unter den Eichen 87. Fernsprecher: 76 27 51.

**Bekanntmachung über typisierte und überwachte  
Preßstoffe<sup>1)</sup>.**

Die auf Grund der „Typisierung der gummifreien nicht-keramischen Isolierpreßstoffe“<sup>2)</sup> vom Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem gemäß Vertrag mit der

<sup>1)</sup> Preßstoffe im Sinne dieser Bekanntmachung sind die in der „Typisierung der gummifreien nichtkeramischen Isolierpreßstoffe“ (vgl. Anm. 2) aufgeführten Stoffe, welche aus Preß- oder Spritzmassen im Preß-, Preßspritz- oder Spritzverfahren als Formkörper (Preßlinge) hergestellt werden.

<sup>2)</sup> Vgl.: Plastische Massen 7 (1937) S. 339; ETZ 58 (1937) S. 1254; Kunststoffe 27 (1937) S. 330.

„Technische Vereinigung der Hersteller typisierter Preßmassen und Preßstoffe e. V.“, Berlin, überwachten Preßstoffe<sup>1)</sup> sin in den folgenden Tafeln I, II und III zusammengestellt.

Diejenigen Preßstoff-Typen, welche außer den normalen mechanischen, thermischen und elektrischen Bedingungen noch den in der Typisierung aufgeführten elektrischen Sonderanforderungen genügen und als Zusatz zum Typzeichen einen Stern führen, sind als Tafel III gesondert aufgeführt.

Die in den Zeitschriften Kunststoff-Technik und Kunststoff-Anwendung 9 (1939) S. 99 f., ETZ 60 (1939) S. 377 f. und Kunststoffe 29 (1939) S. 95 f. bekanntgegebenen Tafeln I, II und III sind hiermit ungültig.

Berlin-Dahlem, den 22. 2. 1940.

Der Präsident: i. V. Kindscher

Tafel I

Firma	Firmen- Kennzeichen u. Überwach- zeichen	Typ											
		11	12	M	0	S	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K
Acla, Rheinische Maschinen-, Leder- u. Riemenfabrik Aktiengesellschaft, Köln-Mülheim	Z	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Emil Adolf, Abt. Kunstharz-Presswerk, Reutlingen i. Württ.	H2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Geb Brüder Adt Aktiengesellschaft, Wächtersbach H.-N.	36	—	siehe Tafel II		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Agallwerk Milspe, Kattwinkel & Co., Milspe i. Westf.	T8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fabriken Hennigsdorf, Hennigsdorf (Osthavelland).	38	Tena- cit Typ 11	Tena- cit Typ 12	Tena- cit Typ M	Tena- cit Typ 0	Tena- cit Typ S	Tena- cit Typ T1	Tena- cit Typ T2	Tena- cit Typ T3	Tena- cit Typ Z1	Tena- cit Typ Z2	Tena- cit Typ Z3	Tena- cit Typ K
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fabriken Annaberg, Annaberg i. Erzgeb. Presswerk Schelbenberg i. Erzgeb.	38A	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Alusil-Preßstoffwerk Eugen Gassmann, Probstzella i. Thür.	F1	—	Alusil 12	—	—	Alusil S	—	—	—	—	—	—	—
Robert Anke, elektrot. Porzellanfabrik & Kunstharzpresserei, Ölsnitz i. Vogtl.	F4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Apparatebauanstalt Schneider & Co., Breslau-Gr. Ohlewiesen	U4	—	—	—	—	Escolith S	—	—	—	—	—	—	—
Bachmann & Leichsenring, Berlin-Neukölln	V4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—
Ernst Backhaus & Co., Kierspe-Bahnhof i. Westf.	53	—	—	Preß- stoff Typ M	—	Preßstoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	Preßstoff Typ Z3	Preßstoff Typ K
Otto Backhaus, Bollwerk i. Westf.	F0	Preß- stoff Typ 11	—	—	—	Preß- stoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preß- stoff Typ K
Bamberger Industrie-Gesellschaft, Bamberg i. Bayern	T4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Barth, Klemm & Co., Leipzig W 31	0T	—	—	—	—	—	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	—
Bayerische Elektrozubehör G.m.b.H., Lauf bei Nürnberg	67	—	Bezeg 12	—	—	Bezeg S	Bezeg T1	Bezeg T2	—	—	—	—	Bezeg K
Behrit-Preßstoffwerke G. m. b. H., Bebra u. C. & F. Schlotthauer G. m. b. H., Ruhla (Thür.); Bebra (H.-N.)	22	Behrit 11	—	—	—	Behrit S	—	Preß- stoff Typ T2	—	Preß- stoff Typ Z1	Preß- stoff Typ Z2	—	Preßstoff Typ K
Bender & Wirth, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	M1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Bergfeld & Heider, Burscheid (Bez. Düsseldorf)	2X	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Berker, Schalksmühle i. Westf.	80	—	—	—	—	Isolier- panzer Typ S	—	Isolier- panzer Typ T2	—	—	Isolier- panzer Typ Z2	—	Isolier- panzer Typ K
Porzellanfabrik Bernhardshütte G. m. b. H., Blechhammer bei Sonneberg i. Thür.	93	Preß- stoff Typ 11	Preß- stoff Typ 12	Preß- stoff Typ M	—	Preß- stoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	Preß- stoff Typ Z1	Preß- stoff Typ Z2	—	Preß- stoff Typ K
Bezetz-Werk Hermann Buchholz, Motzen (Krs. Teltow)	76	—	Preß- stoff Typ 12	—	Preß- stoff Typ 0	Preß- stoff Typ S	Preß- stoff Typ T1	Preß- stoff Typ T2	—	—	Preß- stoff Typ Z2	Preß- stoff Typ Z3	—
Bisterfeld & Stolting, Inhaber: Ernst Bisterfeld, Radevormwald (Rhld.)	70	—	Werk- stoff Typ 12	Werk- stoff Typ M	Werk- stoff Typ 0	Werk- stoff Typ S	Werk- stoff Typ T1	Werk- stoff Typ T2	—	Werk- stoff Typ Z1	Werk- stoff Typ Z2	—	Werk- stoff Typ K
Blumberg & Co., gegr. 1885, Lintorf (Bez. Düsseldorf)	W6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	—
H. Bodenmüller, Ing., Stuttgart-Zuffenhausen	L8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Böhmische Kontaktwerke Aktien- gesellschaft, Komotau (Reichsgau Sudetenland)	1X	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach- zeichen	Typ											
		11	12	M	0	S	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K
Bonner Keramik Aktiengesellschaft, Bonn a. Rhein	W2	—	—	—	—	Preß- stoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	—
Robert Bosch G. m. b. H., Metallwerk, Stuttgart-Feuerbach	55	—	—	—	Resi- form 0	Resi- form S	Resi- form T1	Resi- form T2	—	—	—	—	
Max Braun, Frankfurt a. Main	3A	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Ernst Bremicker, Ing., Kierspe- Bahnhof i. Westf.	61	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Geb. Broghammer, Schramberg (Schwarzwald)	F8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Brökelmann, Jaeger & Busse, Nehem i. Westf.	L7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	
Richard Brüner, Elektrotechnische Fabrik, Wien, VII.	N8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Brunnquell & Co., Sondershausen i. Thür.	2H	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Karl Buchrucker, München 58	U5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Johannes Buchsteiner, Gingen-Fils i. Württemberg	1U	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Hans Büllmann Werke für Elektro- technik und Feinmechanik, Gablonz-Schlag (Reichsgau Sudetenland)	H5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Wilh. Burgbacher K.G., Neukirch i. Baden (Station Furtwangen)	T2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Busch-Jaeger Lüdenscheider Metall- werke Aktiengesellschaft, Lüden- scheid i. Westf.	23	—	Preß- stoff Typ 12	—	—	Preß- stoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	Preß- stoff Typ K	
Geb. Dahlhaus, Schalksmühle i. Westf.	Z6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Dr. Delating & Co., Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Kierspe i. Westf.	39	—	—	Isolier- preß- stoff Typ M	—	Isolier- preß- stoff Typ S	—	Isolier- preß- stoff Typ T2	—	—	—	Isolier- preß- stoff Typ K	
Deutsche Legrit-Ges. m. b. H., Berlin O 17	A4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Deutsche Phillips-Gesellschaft m. b. H., Berlin W 62	58	—	Philit 12	—	Philit 0	Philit S	—	—	—	—	—	—	
Dornseif & Linde, Kierspe i. Westf.	0M	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Friedrich Dörscheln, Lüdenscheid i. Westf.	99	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Dralowid-Werk der Stentit-Magnesia- Aktiengesellschaft, Teltow bei Berlin	W3	—	—	—	—	Preß- stoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid- und Kunststoff-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunst- stoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	43	Trolli- tan 1/37	Trolli- tan AF	Trolli- tan AW	—	Trollitan S Trollitan SP Trollitan SPK Trollitan SD	Trolli- tan L Trolli- tan CL	Trolli- tan LT	Trolli- tan T3	Trolli- tan C	Trolli- tan CT Dynamal Typ Z2	Trolli- tan ET	Pollopas normal, spezial u. universal
Eisele Auto-Electric, Inhaber Karl Klos, Frankfurt a. Main 17	Z5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Elektrotechnische Fabrik J. Carl, Ges- ellsch. m. beschr. Haftung, Ober- weimar i. Thür.	E0	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Elektrotechnische Fabrik Weber & Co., Komm.-Ges., Kranichfeld i. Thür.	98	—	Preß- stoff Typ 12	—	—	Preß- stoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Ellinger & Geißler, Dorfthain (Bez. Dresden)	54	—	—	Elgesit M	Elgesit 0	Elgesit S	—	Elgesit T2	—	—	—	Elgesit K	
Erlemann & Co., Bergerhof (Rhld.)	0H	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
„Feba“ Fabr. elektr. Bedarfsartikel Stückrath K.-G., Berlin-Köpenick	U1	—	—	—	—	Preß- stoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	
Josef Feix Söhne, Gablonz a. Neiße (Reichsgau Sudetenland)	2E	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Fischer & Klüppelberg vorm. W. Dörner & Co., G. m. b. H., Radevormwald (Rhld.)	Y7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	
Frankl & Kirchner, Elektrizitätsge- sellschaft, Mannheim-Neckarau	M7	—	—	—	—	Efkalt	—	—	—	—	—	—	
Fresen & Co., Lüdenscheid i. Westf.	V6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	

Firma	Firmen- Kennzeichen u. Überwach- zeichen	Typ												
		11	12	M	0	S	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K	
Robert Friedrich, Abteilung III, Annaberg i. Erzgeb.	2N	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Friemann & Wolf G. m. b. H., Zwickau i. Sa.	H8	—	—	Friwocit M	—	Friwocit S	—	—	—	—	—	—	—	
Futurit-Werk Aktiengesellschaft, Wien XI.	92	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z2	—	—	
Oskar Gaudlitz, Coburg	60	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Wilhelm Geiger G. m. b. H., Lüdenscheid i. Westf.	71	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Gerdes & Co., Schwelm i. Westf.	H4	—	—	—	Preßstoff Typ 0	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	Preßstoff Typ Z1	Preßstoff Typ Z2	—	—	
Kunsthartz-Presserei Carl Germer, Berlin NW 87	M3	—	—	—	—	Germa-lith	—	—	—	—	—	—	—	
Christian Geyer, Nürnberg-S	83	—	—	—	—	Norit S	—	Norit T2	—	—	Norit Z2	—	Norit K	
Richard Giersleben, Bergisch Born (Rhein-Wupper-Kreis)	M5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Goltzsche, Merlín & Sohn, Großbröhrsdorf i. Sa.	V3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Ernst Gomolka, Zehdenick (Mark)	X8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Julius Karl Görler, Transformatoren-fabrik, Berlin-Charlottenburg 1	X6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Goseberg & Grashoff, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	Y3	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T1	—	—	—	—	—	—	
Ernst Gösser, Iserlohn i. Westf.	X9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ Z3	—	
Graewe & Co., Menden i. Westf. (Krs. Iserlohn)	E8	—	—	—	—	Gracont	—	—	—	—	—	—	—	
Grellt Kunsthartz-Presswerk Grohmann, Pletschmann & Co., Nixdorf (Reichsgau Sudetensland)	1Y	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Kunsthartz-Presswerk der Manf. Jute-u. Textil-Industrie A.G., Wien I.	0L	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Heliowatt-Werke, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Berlin-Charlottenburg 4	35	—	—	—	—	Heliowatt S	—	Heliowatt T2	—	—	Heliowatt Z2	—	—	
Hering & Co., Iserlohnherheide bei Iserlohn, Post über Schwerte/Ruhr	1X	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Fritz Heublein, Neustadt b. Coburg	T7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Hans Heußinger, Ing., Kunststoff-Presserei, Nürnberg-N	1T	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Kunsthartzpresserei M. Hildebrand & E. Hammerschmidt, Brand-Erbisdorf i. Sa.	N5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Richard Hirschmann, Esslingen a. N.	2M	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Paul Hochköpper & Co., Lüdenscheid i. Westf.	87	—	Preßstoff Typ 12	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Metallwerke Adolf Hopf Aktiengesellschaft, Tambach-Dietharz i. Thür.	0E	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Hoppmann & Mulsow, Hamburg 19	L1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Herbert Horn, Pulsnitz i. Sa.	Y0	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T2	—	Preßstoff Typ Z1	—	—	—	
Gebrüder von der Horst, Lüdenscheid i. Westf.	H7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Internationale Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Hamburg-Harburg 1	Z1	—	—	—	—	Kerit	—	—	—	—	—	—	—	
Isola Werke A.G., Birkesdorf-Düren (Rhld.)	40	Durax Typ 11	Durax Typ 12	Durax Typ M	Durax Typ 0	Durax Typ S	Durax Typ T1	Durax Typ T2	—	Durax Typ Z1	—	Durax Typ Z3	—	
Isopress-Werk G. m. b. H., Berlin-Oberschöneeweide	L2	—	—	—	—	Tauma-lit S	Tauma-lit T1	Tauma-lit T2	—	Tauma-lit Z1	—	—	Tauma-lit K	
Dr. Paul Isphording, Kunsthartzpresserei, Wepritz bei Landsberg (Warthe)	0N	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—	
Erich Jäger K.-G., Bad Homburg v. d. Höhe	95	—	Preßstoff Typ 12	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Paul Jatow, Dodendorf (Bez. Magdeburg)	E4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	Preßstoff Typ Z3	—	
Paul Jordan, Elektrotechnische Fabrik, Berlin-Steglitz	N4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	Preßstoff Typ Z1	—	—	Preßstoff Typ K	

Firma	Firmen-Kennzeichen I. Überwachungszeichen	Typ												
		11	12	M	0	8	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K	
Gebrüder Kaiser & Co., Nehlem-Ruhr	1M	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Kaiser & Spelsberg, Schalksmühle i. Westf.	M6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Robert Karst, Berlin SW 68	L9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T1	—	—	—	—	—	—	
Frans Kirsten, Elektrotechnische Spezialfabrik, Bingerbrück a. Rhein	2F	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Willy Kleinau, Kunstharz-Preß- und Spritzwerk, Berlin O 112	3H	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Ernst Klever, Kunstharz-Presserei, Sölingen-Nord	2Y	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Heinrich Knöll, Groß-Bieberau i. Odenwald	W8	—	—	—	—	Odinit S	—	—	—	—	—	—	—	
Ködlitz & Co., Metallwarenfabrik u. Presserei, Langwiesen i. Thür.	Z9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Heinrich Kopp G. m. b. H., Sonneberg i. Thür.	W1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Leopold Kostal, Lüdenscheid i. Westf.	72	—	Preßstoff Typ 12	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Signalapparatefabrik Julius Kräcker Aktiengesellschaft, Berlin SW 61	V8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—	
Theod. Krügeloh & Comp., Dahlebrück i. Westf.	85	—	—	—	—	Teka-Preßstoff Typ S	—	Teka-Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	Teka-Preßstoff Typ K	
Hugo Krieger & Faudt, Berlin SW 68	78	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	Preßstoff Typ Z2	—	—	Preßstoff Typ K	
Kronacher Porzellanfabrik Stockhardt & Schmidt-Eckert, Kronach i. Bayern	M4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T1	—	—	—	—	—	—	
Krone & Co., Berlin-Baumschulenweg	L6	—	Preßstoff Typ 12	—	Preßstoff Typ 0	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—	
Kugella vormals Max Roth G.m.b.H., Mittelschmalkalden (Post Wernshausen)	X7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Paul Kubbler & Co., Wipperfurth (Rhld.)	Z4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Kunstharz-Presserei Schwaben, Ingenieur Otto Single, Plochingen i. Württ.	W0	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	Preßstoff Typ Z2	—	—	—	
Otto Langmann, Kunstharz-Presswerk, Hagen i. Westf.	H3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Linden & Co. K. G., Lüdenscheid i. Westf.	79	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Lindner & Co., Jecha-Sondershausen i. Thür.	A8	—	—	—	—	Licolit S	—	—	—	—	—	—	Licolit K	
Gerhard Lischke, Kunstharzpresserei, Oppach i. Sa.	2U	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Lohmann & Welschehold, Meinerzhagen i. Westf.	E9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
C. Lorenz Aktiengesellschaft, Berlin-Tempelhof	Y9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T1	—	—	—	Preßstoff Typ Z3	—	—	
Carl Friedr. Lübold, Lüdenscheid i. Westf.	M0	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Märkische Elektro-Industrie Adolf Vedder K. G., Schalksmühle i. Westf.	N2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K	
Meirowsky & Co. Aktiengesellschaft, Forz a. Rhein	L4	—	Pertinit 12	—	—	Pertinit S	—	Pertinit T2	—	—	Pertinit Z2	—	—	
Josef Meilert, Bretten i. Baden	M9	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	Preßstoff Typ Z2	—	—	
Radio H. Mende & Co., Abt. Presswerk „Mendelith“, Dresden-N. 15	56	—	Mendelith 12	—	—	Mendelith S	—	Mendelith T2	Mendelith T3	—	Mendelith Z2	—	—	
H. Merlet, Kunststoffpresswerk, Neudorf bei Gablonz a. Neiße (Reichsgau Sudetenland)	ST	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Gebrüder Merten, Gummersbach (Rhld.)	24	Preßstoff Typ 11	Preßstoff Typ 12	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T1	Preßstoff Typ T2	—	—	Preßstoff Typ Z2	—	Preßstoff Typ K	
Metallwerk Elektra G. m. b. H., Gummersbach (Rhld.)	U6	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T1	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—	
Mix & Genest Aktiengesellschaft, Berlin-Schöneberg	68	—	—	Mixit M	Mixit 0	Mixit S	—	Mixit T2	Mixit T3	—	—	Mixit Z3	Mixit K	
Fr. Möller, Brackwede i. Westf.	V5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	Preßstoff Typ Z1	—	—	Preßstoff Typ K	

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwach- zeichen	Typ												
		11	12	M	0	S	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K	
Karl Müller, Solingen-Merscheid	1A	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	Preß- stoff Typ Z3	—
Otto Mettelbeck, Berlin O 17	V2	—	—	—	Preßstoff Typ 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
New-York Hamburger Gummi- Waaren Compagnie, Hamburg 33	21	Formo- lit Typ 11	—	—	—	Formolit Typ 8	Hercu- les Typ T1	Hercu- les Typ T2	Hercu- les Typ T3	Co- lumbus Typ Z1	Co- lumbus Typ Z2	Co- lumbus Typ Z3	—	—
Ostland G. m. b. H., Königsberg i. Pr. 5	X5	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Ostpreussisches Kunstharz-Press- werk, Gedenk, Blank & Naujoks- Erben, Königsberg i. Pr. 1	1V	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Ing. Fr. August Pfeffer, Oberlind i. Thür.	0Y	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Carl Pfestorf, Abt. Kunstharz- presserei, Tambach - Dietharz i. Thür.	2A	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Phenoplast, Bischoff & Co., Kom- Ges., Eberswalde	V1	—	—	—	—	Pheno- plast 8	—	Pheno- plast T2	—	—	—	—	—	—
Plate & Voerster, Kierspe i. Westf.	Z0	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Porzellanfabrik Theodor Pohl, Schatzlar i. Riesengeb.	L5	—	—	—	—	Thepollt	—	—	—	—	—	—	—	—
C. Pose, Wehrausrüstungen, Berlin O 34	0F	—	—	—	—	—	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	—	—
Julius Posselt, Gablonz a. Neiße (Reichsgau Sudetenland)	1W	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Kurt Postel, Köln-Höhenberg	N6	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Karl Potthoff, Presswerk, Solingen- Ohligs	N9	—	—	—	—	Preß- stoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	Preß- stoff Typ Z3	—
Preh, Elektrofelnmechanische Werke, Bad Neustadt/Saale	U2	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	Preßstoff Typ T1	—	—	—	—	—	—	—
Pressmaterial-Werk Hermann Römm- ler & Schumann, Komm.-Ges., Berlin-Friedenau	74	—	R5 12	—	—	R5 8	—	R5 T2	—	—	—	—	—	—
Pressstoffwerk Nürnberg, Gebrüder Klein, Nürnberg-O	V9	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Pressstoffwerk Schöppenstedt, Paul Schnake, Schöppenstedt	81	—	—	—	—	Preß- stoff Typ 8	—	Preß- stoff Typ T2	—	Preß- stoff Typ Z1	Preß- stoff Typ Z2	—	Preß- stoff Typ K	—
Presswerk A.G., Essen	45	Thestit 11	Thestit 12	Thestit M	—	Thestit 8	Thestit T1	Thestit T2	Thestit T3	Thestit Z1	Thestit Z2	Thestit Z3	Thestit K	—
Presswerk Königstein, R. Saring, Königstein, Sächs. Schweiz	65	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Presswerk Mollberg & Co., Hof- gelsmar, Bezirk Kassel	0V	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Presswerk Kurt Wenzel, Inhaber Anton Jacob, Berlin-Steglitz	X3	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Presswerk Winkel, Schulte & Conze, Herscheid i. Westf.	51	—	Pehalit 12	—	—	Pehalit 8	—	—	—	—	—	—	—	Pehalit K
Wilhelm Quante, Spezialfabrik für Apparate der Fernmeldetechnik, In- haber: Hermann Quante, Wupper- tal-Elberfeld	73	—	—	—	Wecu- lit 0	Wecullt 8	—	Wecu- lit T2	—	—	—	—	—	—
Anton Reiche A.-G., Dresden A 27	3M	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Reipollt-Presswerk, Cuno Heinz- mann-Hasberg, Berlin C 2	N7	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Gebrüder Belher K.G., vormals Aktiengesellschaft für Elektrotech- nik, Braunschweig	L0	—	—	—	—	Agfenit 8	—	—	—	—	—	—	—	Agfenit K
Reifninghaus & Co., Beleuchtungs- körper-Fabrik, Lüdenscheid i. Westf.	3F	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Rheinisch-Westfälisches Kunststoff- werk G. m. b. H., Mülheim-Ruhr	Z8	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—
Ludwig Richter, Elektrotechn. Spezialfabrik, Görlitz 6	3Y	—	—	—	—	Preßstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—	—

(Schluß siehe Heft 13)

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes

Prof. Dr. A. Gehrts VDE, Berlin-Friedenau, Isoldestr. 7.  
Obering. W. Klement VDE, Finkenkrug b. Berlin,  
Hindenburg Allee 40.

Abschluß des Heftes: 15. März 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern  
nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4,  
Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.  
Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Ver-  
fassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

## Göring an das deutsche Volk

Die Heimat kennt keine größere Aufgabe und stolzere Verpflichtung, als der Front zu dienen. Sie ist unversiegbarer Kraftquell und gewaltige Waffenschmiede für die Wehrmacht. Die Front kämpft und siegt, die Heimat arbeitet und opfert.

An der inneren Geschlossenheit des Volkes sind alle heimtückischen Angriffe der Feinde zerschellt. Unsere Wirtschaft trotzt jedem Blockadeversuch. Mögen die Aufgaben wachsen; stärker noch wächst unser Wille, sie zu meistern.

Nach allen ihren Fehlschlägen hoffen die Feinde jetzt, daß uns einzelne kriegswichtige Metalle ausgehen werden, die, wie sie annehmen, in Deutschland nicht in ausreichender Menge gewonnen werden können. Wir werden ihnen darauf die gerechte Antwort erteilen und uns vorsorglich eine jederzeit verfügbare Reserve an diesen Metallen schaffen.

Dazu sollt ihr alle beitragen!

Ich rufe euch deshalb heute auf zu einer großen Sammelaktion. Wir wollen der Reichsverteidigung alle entbehrlichen Gegenstände aus Kupfer, Bronze, Messing, Zinn, Blei und Nickel in nationalsozialistischer Opferbereitschaft zur Verfügung stellen. Diese freiwillige Spende soll das Geburtstagsgeschenk sein, das die deutsche Nation dem Führer zum 20. April darbringt.

Deutsche Volksgenossen! In Millionen deutscher Haushaltungen und Betriebe gibt es zahlreiche entbehrliche Gegenstände aus diesen Metallen. Im Besitz des einzelnen sind sie im Kriege für die Volksgemeinschaft nutzlos, für die Reichsverteidigung aber sind sie als gesammelte Reserve von größtem Wert.

Ich bin davon überzeugt, daß jeder Deutsche nach besten Kräften zu dem Erfolg dieser Metallsammlung beitragen wird. Wir wollen dem Führer durch die Tat danken für alles, was er Volk und Reich gegeben hat.

Die Spende ist die schönste Geburtstagsspende für den Führer. Gebe jeder Volksgenosse hierzu freudig seinen Beitrag. Er hilft damit dem Führer in seinem Kampf um Deutschlands Freiheit.

**Göring**  
Generalfeldmarschall

Für die Durchführung der Metallsammlung in den Betrieben hat der Präsident der Reichswirtschaftskammer im Einvernehmen mit dem Reichsbeauftragten für Metalle besondere Richtlinien gegeben, durch die in dem Bereich der Industrie nur die Gebäude und Räume erfaßt werden, die nicht unmittelbar der gewerblichen Erzeugung, Bearbeitung oder Lagerung von Gütern dienen. Um nun auch Metallgegenstände aus diesen Räumen in die Erfassung einzuschließen, hat der Generalinspektor für Sonderaufgaben im Vierjahresplan auf Grund zahlreicher Anregungen aus Technik und Wirtschaft im Einvernehmen mit dem Reichsbeauftragten für Metalle und dem Präsidenten der Reichswirtschaftskammer über das Hauptamt für Technik der NSDAP. die Voraussetzungen dazu geschaffen. Hierbei gilt ebenfalls als Richtlinie, daß

## Todt an die deutsche Technik

Großdeutschlands Ingenieure und Chemiker ersetzen kriegswichtige wertvolle Metalle durch neue Werkstoffe!

Großdeutschlands Wirtschaft stellt in ihren Betrieben freigemachte Metalle, soweit sie nicht anderweitig erfaßt sind, nunmehr dem Führer als Kriegsgeburtstagsgeschenk zur Verfügung!

**Prof. Dr. Todt**  
Reichsminister

## Pietzsch an die deutsche Wirtschaft

Der Beauftragte für den Vierjahresplan, Ministerpräsident Generalfeldmarschall Göring, hat das deutsche Volk zu einer Metallspende zum Geburtstag des Führers aufgerufen. Die Metallreserve, die hierdurch geschaffen werden soll, dient zur Verstärkung unserer wirtschaftlichen Rüstung. Die gewerbliche Wirtschaft beteiligt sich freudigen Herzens an dieser Spende, um auch hierdurch ihren Dank gegenüber dem Führer abzustatten. Ich fordere alle deutschen Betriebsführer auf, diejenigen Gegenstände der Metallsammlung zuzuführen, die entbehrlich oder ersetzbar sind. Ich halte es für eine nationale Pflicht aller Betriebsführer, sich mit ihrer ganzen Person dafür einzusetzen, daß die gewerbliche Wirtschaft bei dieser Spende zum Geburtstag des Führers in der vordersten Linie steht.

**Pietzsch**  
Präsident

nur solche Betriebseinrichtungsgegenstände und Betriebsmittel aus Metall der Spende zugeführt werden, deren Abgabe die Leistungsfähigkeit des Betriebes nicht beeinträchtigt. Da es sich bei der Abgabe des Materials aus den Betrieben zum Teil um Material handelt, das erst im Zuge laufender Austauschprozesse frei wird, wird für die Betriebe außer den angegebenen Sammeltagen vom 26. März bis 6. April eine weitere Abgabemöglichkeit geschaffen. Einzelheiten werden den Betriebsführern unmittelbar noch mitgeteilt. Unabhängig davon erfolgt aber die Abgabe der Metalle durch die Betriebe an die öffentlichen Sammelstellen in gleicher Weise und nach den gleichen Vorschriften wie die Gesamtspende des deutschen Volkes.

der Ze  
 nicht  
 mann  
 Pense.  
 m. S.  
 Pense  
 gesch  
 dem A.  
 rade, D.  
 vester  
 Sprit

über  
 nicht be  
 in im  
 gebene  
 Prof.  
 der ar  
 Schize  
 der Ta  
 der Des  
 die

die beh  
 Kapsel  
 der Werk  
 Schmelz  
 schmach  
 die im  
 über w  
 über an  
 vester

gegen  
 Hält.  
 Zoster  
 schliche  
 schen  
 über G  
 der er  
 der Bus  
 schiere

schlich  
 schen die  
 die male  
 die im g  
 der miz  
 über Auf  
 im 1944

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 28. März 1940

Heft 13

## Rückblick auf die Entwicklungsjahre der Wechselstromtechnik

Festvortrag vor dem VDE zur 80 Jahr-Feier von Geheimrat Görges am 26. 10. 1939 in Dresden

Von G. Brion VDE, Freiberg/Sa.

DK 621.3.025(092)

**Übersicht.** Die Pionierarbeiten von Görges in allen Zweigen der Wechselstromtechnik werden zusammengefaßt, und zwar werden folgende Gebiete behandelt: Transformatoren, topographisches Verfahren zur Behandlung von Wechselstromaufgaben, Motoren für Wechsel- und Drehstrom, Schwingungserscheinungen bei parallel arbeitenden Wechselstrommaschinen. Görges hat sich auch mit meßtechnischen Aufgaben befaßt und diese erfolgreich bearbeitet. In dem Aufsatz werden im einzelnen behandelt: Meßinstrumente, Drehstrommessungen und optische Verfahren in der Starkstromtechnik. Zum Schluß wird auf seine Arbeiten über das Sprühen der Leitungen kurz eingegangen.

Über die historische Entwicklung der Starkstromtechnik ist bereits zweimal in unserem Kreis berichtet worden.

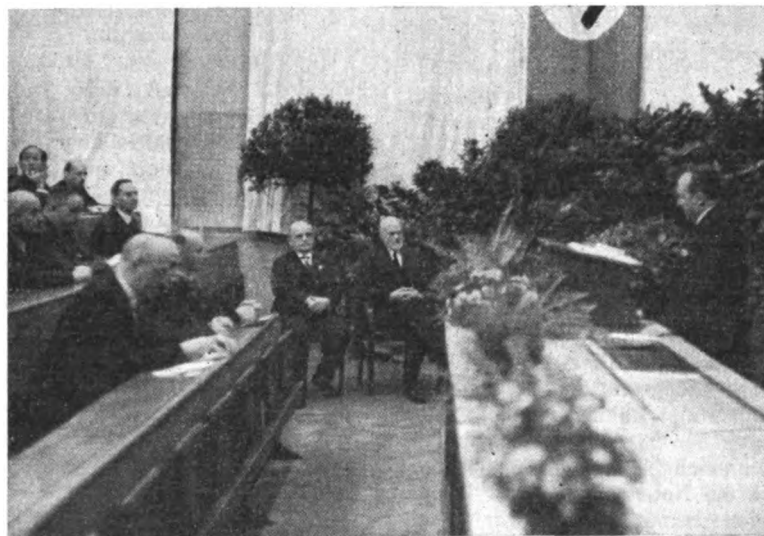
Die im März 1930 gehaltene Vorlesung von Prof. Görges, in der er sich nach 29jähriger akademischer Tätigkeit von der Dresdner Hochschule verabschiedete, behandelte der Hauptsache nach den Werdegang der Elektrotechnik zur Großmacht [61]\*). Viele unserer Mitglieder werden sich ferner an den Festvortrag erinnern, den Görges im Mai 1932 gelegentlich der 40 Jahr-Feier des Dresdner Elektrotechnischen Vereins gehalten hat. Bei dieser Gelegenheit gab er ebenfalls einen Rückblick über

die Entwicklung der Starkstromtechnik mit besonderer Berücksichtigung der sächsischen Industrie [62]. Es erscheint hiernach zum mindesten überflüssig, einen, wenn auch vielleicht den wichtigsten Zweig der Starkstromtechnik vom gleichen Gesichtspunkte aus nochmals zu behandeln, zumal gerade Görges der Berufenste zur Lösung dieser Aufgabe gewesen war; hatte er doch die Entwicklung seit 1884 zum Teil in leitender Stellung durchgemacht.

Aber auch ein anderer Grund schien gegen eine erneute historische Darstellung des Werdeganges der Elektrotechnik zu sprechen. Der Ingenieur hat nämlich für geschichtliche Entwicklungen in der Regel wenig übrig, sein Sinn ist nach vorwärts gerichtet. Ihn interessiert vor allem die Frage, wie bestehende Einrichtungen technisch und wirtschaftlich verbessert, welche neuen Wege in der Technik auf Grund unserer zunehmenden Naturerkenntnis beschritten werden können, wo Bedürfnisse des Menschen vorliegen, die durch technische Arbeit geweckt und befriedigt werden können. Wie dagegen die Maschinen, Apparate und Einrichtungen, mit denen er arbeitet, entstanden sind und sich allmählich zu dem entwickelt haben, was sie jetzt sind, interessiert ihn weniger. Höchstens,

wenn es sich darum handelt, neue Ideen schützen zu lassen, muß der Ingenieur notgedrungen Literaturstudien treiben, um zu sehen, ob das, was er als neu ansieht, auch wirklich neu ist. Bei dieser Gelegenheit wird er in der Regel erstaunt sein, feststellen zu müssen, daß vieles von dem, was er als eigenstes Geistesprodukt angesehen hatte, schon lange vorweggenommen war, und daß er lediglich nacherfunden hatte, was andere schon vor ihm erschaut oder geahnt hatten. Man mag sich noch so sehr

gegen diese Erkenntnis sträuben; Tatsache ist, daß wir auf den Schultern der früheren Generation genau so stehen, wie die späteren auf unseren Schultern stehen werden. Der ehrliche Mensch wird durch diese Erkenntnis in seiner eigenen Bewertung bescheidener und einsehen, daß eine, wenn auch an sich richtige Idee, soweit sie nicht weiter verfolgt, in die Tat umgesetzt wird und in der Technik ihre Feuertaufe besteht, für die Entwicklung noch keinen Fortschritt bedeutet, ja sogar — soweit sie geschützt ist — direkt hemmend wirken kann. Daß in der



Der Vorsitzende Herr Prof. Kühn bei seiner Ansprache.  
In der Mitte Herr Geheimrat Görges und Herr Prof. Kloss.

\*) Die Zahlen in [ ] beziehen sich auf das Schrifttum am Schluß der Arbeit.



Elektrotechnik solche Momente eine Rolle gespielt haben, wissen wir gerade aus den bereits erwähnten Vorträgen von Görges. Hatte doch z. B. die Fa. Helios in Köln als Lizenzträgerin von Ganz & Co. in Budapest Patente auf das Drehstrom-System genommen, ohne eine einzige Anlage dieser Art zu bauen. Vielleicht erinnert sich in diesem Zusammenhang der eine oder der andere, daß der verstorbene Geheimrat Ulbricht gelegentlich eines vor etwa drei Jahrzehnten in unserem Kreis gehaltenen Vortrages über sein Kugelphotometer erwähnte, daß jeder, der eine neue Sache vorbringt, die Verpflichtung hat, sie bis zu einer gewissen Reife zu verfolgen. Er verglich in seiner von trockenem Humor gewürzten Rede unsere neuen technischen Gedanken mit Kindern, die wir leichtfertig in die Welt gesetzt haben; auch hier hätten wir die Verpflichtung, sie zu betreuen, bis sie ihren Weg selbständig weiter zu verfolgen imstande sind. Wie viele Erfinder könnten sich diesen Standpunkt von Ulbricht zum Vorbild nehmen!

Wir sehen also, daß es sich doch lohnt, gelegentlich den Entwicklungsgang der Technik zu verfolgen. In unserem Falle kommt aber noch eins hinzu: In den bereits erwähnten zwei Vorträgen von Görges waren mir gewisse Lücken aufgefallen, die nur zum Teil eine Folge der beschränkten Zeit und der zu bewältigenden Stofffülle waren, zum Teil aber mit der allzu großen Zurückhaltung des Vortragenden gegenüber den durch seine eigenen Arbeiten erzielten Fortschritten zusammenhängen, so daß man zum mindesten leicht zu einem schiefen Bild kommen könnte. Es sei mir deshalb gestattet, gerade auf die Fragen etwas näher einzugehen, in denen Görges bahnbrechend gewirkt hat; und um dem Zwang zu entgehen, eine trockene Aufzählung aller seiner Arbeiten zu geben, wollen wir uns hierbei auf den Teil der Starkstromtechnik beschränken, der ihm am meisten verdankt, nämlich den Wechsel- und Drehstrom. Hierbei muß ich mich weiter auf seine Veröffentlichungen beschränken, während die vielen Anregungen, die er als Chefelektriker von Siemens & Halske, als Mitglied verschiedener Verbandskommissionen, als Diskussionsredner im VDE und im ehemaligen Elektrotechnischen Verein Berlin, und nicht zuletzt als akademischer Lehrer seinen Schülern gegeben hat, naturgemäß unberücksichtigt bleiben müssen.

### Transformatoren

Für die Technik wurde der Wechselstrom erst wichtig, als es mit Hilfe des Transformators gelungen war, die Höhe der Spannung ohne nennenswerte Verluste in weitesten Grenzen den Verhältnissen anzupassen. Den Werdegang des Transformators hat Schüler treffend in einer Abhandlung geschildert<sup>1)</sup>. Schüler macht darauf aufmerksam, daß der Transformator nicht durch einen einzelnen, sondern durch die Arbeiten einer größeren Zahl von Ingenieuren in der ersten Hälfte der 80er Jahre zu einem brauchbaren Apparat geworden ist, nachdem Physiker wie Faraday, Henry und Rühmkorff die wissenschaftlichen Grundlagen gegeben hatten. Gedankengänge, die uns selbstverständlich erscheinen, mußten sich erst herauskristallisieren, z. B. die Notwendigkeit der Nebeneinanderschaltung der Oberspannungsspulen der Transformatoren einerseits, der Stromverbraucher andererseits. Daß die Bewertung der Arbeiten der einzelnen Erfinder keineswegs einheitlich war, ersieht man am besten daraus, daß die von ihnen genommenen Patente in einzelnen Ländern trotz Anfechtung anerkannt, in anderen dagegen für nichtig erklärt wurden. Gisbert Kapp gab sodann bereits im Jahre 1888 eine überaus einfache und in großen Zügen zutreffende Beschreibung<sup>2)</sup> der Wirkungsweise des Transformators, indem er vom resultierenden Magnetismus ausging und die an sich bereits bekannte vektorielle

Darstellung von Strömen und Spannungen auf den Transformator übertrug. Kapp entwickelte auch die Grundformel, die die Beziehung zwischen der Netzspannung, dem Induktionsfluß, der Frequenz und der Windungszahl festlegt. In Ergänzung dieses Aufsatzes machte dann Görges im gleichen Jahr in einer mehr theoretischen Arbeit [1] darauf aufmerksam, daß sich die Ströme zeitlich wegen der Remanenz streng genommen nicht nach einer Sinusfunktion verändern können. Ferner berücksichtigte er die Verluste durch Ummagnetisierung und Wirbelströme.

### Topographisches Verfahren zur Behandlung von Wechselstromaufgaben

Mit der graphischen Darstellung zur Beschreibung der Erscheinungen und zur Lösung von Aufgaben auf dem Gebiet des Wechsel- und Drehstromes hat sich Görges viele Jahre hindurch beschäftigt, u. a. die sogenannte topographische Methode entwickelt und darüber auf einer Tagung des VDE vorgetragen [18]. Nach dieser Darstellung wird unter Voraussetzung eines sinusartigen Verlaufs der Spannungen und Ströme jedem Punkt eines Stromkreises ein Wechsellpotential zugeschrieben und die Spannung zwischen zwei Punkten als Differenz dieser Potentiale betrachtet. Diese Wechsellpotentiale werden durch Punkte  $P$  einer Ebene dargestellt, deren Abstand voneinander und von einem willkürlich gewählten Null-

punkt nach Größe und Richtung die Spannung zwischen ihnen und diesem Nullpunkt angibt. Diese Darstellung wird durch ein einfaches Modell noch anschaulicher: Eine waagerechte Tafel  $AB$  ist im festen Punkt  $O$  an einem senkrechten Stab  $CD$  befestigt, Bild 1. Sie kann sich um  $O$  um einen kleinen Winkel drehen, indem man das Ende des Stabes im Kreis her-

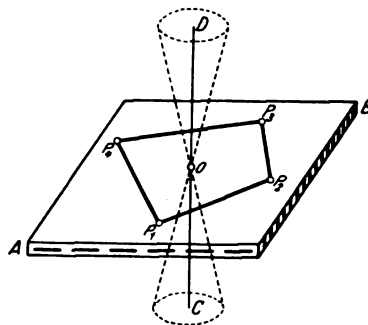


Bild 1. Modell-Darstellung des Wechsellpotentials.

umführt, so daß der Stab eine Kegelfläche beschreibt. Die Punkte der Tafel bewegen sich auf und ab. Die Höhe der Punkte über eine durch  $O$  gelegte waagerechte Ebene ändert sich mit der Zeit wie eine Sinusfunktion, wenn man den Stab mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Das Potential in jedem Punkt kann in jedem Augenblick durch diese Höhe dargestellt werden. Durch einen induktionsfreien Widerstand wird das Potential in Richtung des Stromvektors, durch eine Selbstinduktion oder eine Kapazität senkrecht zu ihm verschoben. Bei diesen geometrischen Abstraktionen bleibt Görges nicht stehen; ihm liegt daran, scheinbar wenig übersichtliche Erscheinungen mit Hilfe von geometrischen Gebilden in möglichst einfacher Weise darzustellen, zum Zweck, diese Erscheinungen zu deuten und zu beherrschen. Er zeigt u. a., wie sich mit Hilfe dieser Methode die Aufgabe elegant lösen läßt, eine Spannung zu erzeugen, die gegenüber der Netzspannung um  $90^\circ$  verschoben ist, eine Aufgabe, die bekanntlich bei Wechselstrom-Leistungszeigern und -Zählern eine große Rolle spielte. Man braucht nur eine Art Wheatstone-Viereck zu bilden, dessen vier Seiten aus zwei ohmschen und zwei induktiven Widerständen bestehen, Bild 2. Die Netzspannung wird an zwei Diagonalpunkte angelegt, die Spannung zwischen den zwei anderen Diagonalpunkten kann je nach der Größe der Widerstände und Induktivitäten jede beliebige Größe und Richtung haben. Diese Anordnung kann auch beim Anlassen von Einphasen-Induktionsmotoren verwendet werden. Dieses Verfahren ist besonders fruchtbar bei Drehstromaufgaben: So ergibt sich z. B., daß sich die drei Ströme  $I_a, I_b, I_c$  eines Dreh-

<sup>1)</sup> Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik Bd. I, Springer, Berlin 1928.

<sup>2)</sup> G. Kapp: Journal of the society of electr. Eng. and Electricians XVII, No 71.

stromsystems unabhängig von der Größe und der Art der Belastung zu einem Dreieck schließen lassen. Die Leistung eines Drehstromsystems mittels willkürlich gewählten Nullpunktes, der Spannungsabfall in der Fernleitung von Drehströmen infolge ohmscher und induktiver Widerstände und viele andere Beziehungen können ohne weiteres auf diese Weise graphisch festgelegt werden.

Wie das topographische Verfahren benutzt wird, um mannigfache Aufgaben aus dem Gebiet des Wechselstromes zu lösen, hat Görjes in der Folgezeit verschiedentlich gezeigt. Er gibt z. B. in einem Aufsatz an, wie diese Darstellung zur Festlegung der Lage des Erdpotentials in Drehstromanlagen angewandt werden kann [53]. Nach Angabe der allgemeinen, ziemlich unübersichtlichen Lösung werden einige Sonderfälle behandelt, z. B. die Lage des Erdpotentials bei konzentrischen Kabeln, die u. a. in der Zentrale Chemnitz verwandt wurden. Bei konzentrischen Kabeln ist die Kapazität des Außenleiters gegenüber Erde groß, die der Innenleiter sehr gering; infolgedessen legt sich das Potential des Außenleiters an Erde an. Wird nun das Kabel mit einer Freileitung verbunden, so ergeben sich eingreifende Störungen, da sich das Erdpotential in der Nähe der Freileitung auf die Mitte des Drehstromspannungsdreiecks einzustellen sucht; Ausgleichströme im Erdreich und Telefonstörungen sind die Folge. Noch schlimmer sind die Wirkungen dieser Ausgleichströme, wenn ein Außenleiter eines Stranges mit einem der zwei Innenleiter eines anderen Stranges verbunden wird. Weiter können große Überspannungen gegen Erde auftreten, wenn in den drei Zweigen eines Drehstromsystems Kapazität und Induktivität nebeneinander geschaltet sind. Die Gefahr ist besonders groß, wenn  $\omega(C_A + C_B + C_C) \cong \frac{1}{\omega}(\frac{1}{L_A} + \frac{1}{L_B} + \frac{1}{L_C})$  wird; um die Gefahrzone zu vermeiden, muß man daher  $\omega C \leq \frac{1}{\omega} L$  wählen. Vielfach wird der Isolationszustand einer Drehstromanlage mit Spannungsmessern überwacht, die zwischen je einen Leiter und Erde geschaltet sind. Die Kapazität der drei Leitungen gegenüber Erde ist im allgemeinen ungefähr gleich groß, von der Induktivität der Leitung werde abgesehen. Ist der Isolationszustand gut, so ist die Lage des Erdpotentials im wesentlichen durch die Kapazität festgelegt. In diesem Fall liegt es in der Nähe des Dreiecksmittelpunktes  $M$ . Die Spannungsmesser schlagen ungefähr gleich aus. Hat dagegen die eine Leitung  $\mathcal{A}$  einen größeren Isolationsfehler, so wandert der Punkt  $\Omega$  (Bild 3), der die Lage des Erdpotentials angibt, nicht etwa geradlinig auf  $\mathcal{A}$  zu, sondern auf dem Halbkreis über  $\mathcal{M}\mathcal{A}$ .

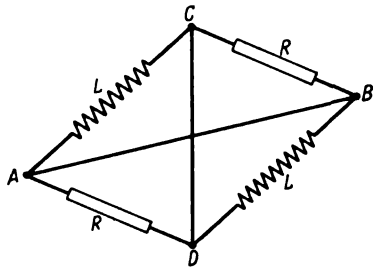


Bild 2. Viereck, bestehend aus 2 ohmschen Widerständen R und 2 Induktivitäten L.

zwischen den Nullpunkt der Anlage und der Erde geschaltete Drossel zu beseitigen. Görjes zeigt, wie das Erdpotential infolge des Erdschlusses vom Schwerpunkt des Spannungsdreiecks nach dem einen Eckpunkt auf einem Kreisbogen wandert, wenn der Erdschluß zunimmt, und von welchen Faktoren der Erdschlußstrom abhängig ist. Er kommt zum Ergebnis, daß die Erdungsdrossel ein überaus einfaches Mittel ist, um den Erdschlußstrom auf einen geringen Betrag zu erniedrigen. Da sie jedoch nicht verlustfrei gebaut werden kann, ist es nicht möglich, ihn ganz zum Verschwinden zu bringen.

Schließlich mag noch auf eine Arbeit hingewiesen werden, in der Görjes angibt, wie nach der topographischen Methode die Gleichgewichtszustände bei Reihenschaltung einer Spule mit Eisen und eines Kondensators dargestellt werden [56]. Für das Potential des Verbindungspunktes der Spule und des Kondensators ergeben sich zwei Lagen, die gefunden werden können, wenn man die Magnetisierungskurve und den Leistungsverbrauch der Drossel kennt. Versuche zeigen eine gute Übereinstimmung mit der Rechnung; desgleichen werden die Bedingungen für das Umkippen von der einen Gleichgewichtslage in die andere gegeben.

Motoren für Wechsel- und Drehstrom

Einen großen Teil seiner Arbeitskraft hat Görjes lange Zeit hindurch der Klärung der Erscheinungen in Wechselstrommotoren gewidmet, da ein wirklicher Fortschritt auf diesem Gebiete nur dann zu erwarten war, wenn man die Eigenschaften dieser Motoren auf physikalische Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen in der Lage war. Im Gegensatz zu den Gleichstrommotoren, die bereits in den 80er Jahren befriedigend arbeiteten, machte die Schaffung eines einfachen, betriebssicheren und wirtschaftlich arbeitenden Wechselstrommotors den Elektrotechnikern sehr viel Kopfzerbrechen. Zwar hatte u. a. die Fa. Ganz & Co. Wechselstrom-Reihenschlußmotoren konstruiert, die zur Vermeidung von starken Wirbelströmen ganz aus geblätternem Eisen bestanden und im übrigen wie Gleichstrom-Reihenschlußmotoren gebaut waren, aber die Funkenbildung am Kommutator war trotz Widerstandsverbindungen zwischen Wicklung und Kommutator groß, der Leistungsfaktor schlecht. Gelegentlich eines Vortrages auf dem internationalen Elektrotechnikkongreß in Frankfurt im Jahre 1891 gab Görjes an [5], daß bei Drehstrom-Reihenschlußmotoren die Bürsten derartig verschoben werden können, daß keine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung auftritt. Auf der gleichzeitigen Elektrotechnischen Ausstellung wurden Drehstrom-Induktionsmotoren von verschiedenen Firmen erstmalig vorgeführt. Das Drehfeldprinzip war in erster Linie von Ferraris und Tesla ausgesprochen worden. Zwar hatte Deprez bereits 1883 eine Arbeit über die Erzeugung eines magnetischen Drehfeldes durch das Zusammenwirken von zwei um 90° verschobenen Wechselströmen veröffentlicht, ohne jedoch diesen Gedanken technisch zu verwerten; er blieb daher eine Abstraktion und trug keine Früchte. Kleine Drehfeldmotoren, die zunächst kaum mehr als eine physikalische Spielerei bedeuteten, waren 1879 von Baily und 1885 von Ferraris gebaut worden. Die diesen Maschinen zugrunde liegenden Prinzipien wurden jedoch u. a. von Dolivo-Dobrowolsky, dem Chefelektriker der AEG, von Brown, dem damaligen Chefkonstrukteur der Maschinenfabrik Oerlikon und späteren Mitbegründer der Firma Brown-Boveri und von Haselwander aufgegriffen. Es gelang diesen Ingenieuren in sehr kurzer Zeit, nach dem Drehfeldprinzip einwandfreie Motoren zu bauen. Auch waren die hierbei auftretenden Erscheinungen relativ leicht zu überblicken.

Durch das Aufkommen des Wechsel- und Drehstromes kamen die städtischen Verwaltungen in Schwierigkeiten, die beabsichtigten, ein Elektrizitätswerk zu er-

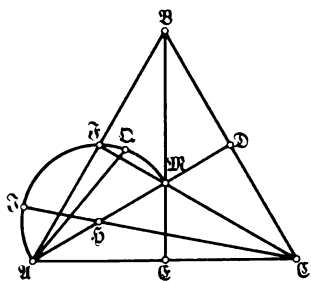


Bild 3. Wanderung des Erdpotentials M bei Erdschluß einer Drehstromphase A.

In einem anderen Aufsatz zeigt Görjes, wie die topographische Methode die Lösung der Frage gibt, wie groß der Schutzwert der Erdungsdrossel von Petersen in Drehstromanlagen ist [54]. Petersen hatte den Vorschlag gemacht, den Strom, der durch den Erdschluß einer Wechselstromleitung zur Erde fließt, durch eine

richten, da sie nicht wußten, für welches System sie sich entscheiden sollten; hier Gleichstrom mit Akkumulatoren, hier Wechselstrom mit Transformatoren, so lautete etwa der Kriegsruf. Sollte man bei Entscheid für das letztere System dabei 1-, 2- oder 3-Phasenstrom wählen? Für den Gleichstrom sprach die Möglichkeit einer stets einsatzbereiten Reserve durch die Akkumulatoren, für den Wechselstrom die leichte Transformierung; der Einphasenstrom bestach durch die Einfachheit der Leitungsführung, dagegen schieden die Motoren größerer Leistung aus; der Einphasen-Induktionsmotor war noch nicht bekannt. Für den Dreiphasenstrom sprach der wunderbar einfache Induktionsmotor, von Vielen wurde jedoch bei diesem System die Schwierigkeit einer Spannungsregelung bei ungleichmäßiger Belastung der drei Phasen befürchtet; auch war die Patenlage noch nicht geklärt. Nur so kann man verstehen, daß sich manche Firmen für den verketteten Zweiphasenstrom entschieden.

In einem Vortrag, den Görges ein Jahr nach der Frankfurter Ausstellung im Berliner Elektrotechnischen Verein hielt [6], zeigte er, daß der Raum für die Ankerwicklung bei Drehstromgeneratoren viel besser ausgenutzt wird als bei Einphasenstrom. In einem weiteren Vortrag [8] machte er auf die größere Wirtschaftlichkeit der ganzen Anlage bei Drehstrom aufmerksam. Unter diesen Umständen muß man sich wundern, daß Städte wie Frankfurt und Dresden schließlich doch das Einphasensystem wählten. Daß aber damals den städtischen Verwaltungen die Wahl schwer fallen mußte, zeigt am besten der Fall des Kraftwerkes Frankfurt; die Kommission, zu der Uppenborn, Kittler und Ferraris gehörten, kam überhaupt nicht zu einer endgültigen Entscheidung und beschränkte sich darauf, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme zusammenzustellen.

Bald nachdem der Drehstrom-Induktionsmotor seinen Siegeszug angetreten hatte, wurde an verschiedenen Stellen gefunden, daß dieser Motor bei Unterbrechung einer Phase, z. B. infolge des Durchschmelzens einer Sicherung, wenn also dem Motor einphasiger Wechselstrom zugeführt wurde, in der ursprünglichen Drehrichtung weiterlief, allerdings mit etwas größerem Schlupf und kleinerem Leistungsfaktor und Wirkungsgrad; ein Anlaufen des Motors in dieser Schaltung war jedoch unmöglich. Mannigfache Erklärungen wurden für dieses zunächst rätselhafte Verhalten gegeben; scherzweise wurde geäußert, daß die Tatsache am merkwürdigsten sei, daß der Motor überhaupt lief. Verschiedene Elektriker, wie Ferraris, Arnold, Blondel beschrieben die Wirkungsweise des Einphasen-Induktionsmotors rein rechnerisch unter Zuhilfenahme der Induktionskoeffizienten. Bald wurde von Ferraris als Arbeitshypothese das Wechselfeld des Motors durch zwei im entgegengesetzten Sinne kreisende Drehfelder ersetzt. Im Gegensatz hierzu beschrieben Potier und kurze Zeit später unabhängig von ihm Görges das Verhalten dieses Motors auf Grund eines bei der Drehung entstandenen Querfeldes [11]. Görges machte verschiedentlich auf die Schwierigkeiten bei der Durchführung der Drehfeldertheorie aufmerksam; auch läßt sich das Querfeld im Gegensatz zu den zwei fiktiven Drehfeldern der Größe und Richtung nach experimentell verfolgen. Der bei der Drehung im Läufer entstandene Strom erzeugt das Querfeld, das zusammen mit dem Wechselfeld der Ständerwicklung ein unvollkommenes Drehfeld zur Folge hat. Das Drehmoment, der Schlupf und die Verluste werden berechnet.

In einem späteren Aufsatz [31] werden die Diagramme des Einphasen-Induktionsmotors auf Grund des im Motor in der X- und Y-Achse auftretenden Magnetismus konstruiert. Als die Entwicklung des Einphasen-Kommutatormotors, namentlich unter der Wirkung des elektrischen Vollbahnbetriebes, bis zu einem gewissen Grad abgeschlossen war und sich das Bedürfnis nach

einer Klassifikation und einheitlichen Behandlung der Theorie dieser Motoren immer mehr geltend machte, teilte Görges in einem größeren Vortrag [38] die Wechselstrommotoren ganz allgemein nach dem Magnetismus und nach den durch die Wicklungen fließenden Strömen in vier Gruppen ein:

- in den ein- und mehrphasigen Induktionsmotor,
- in den Repulsionsmotor mit einem und zwei Bürstenpaaren,
- in den Winter-Eichberg-Latour-Motor oder Reihenschluß-Kurzschlußmotor und
- in den kompensierten Reihenschlußmotor.

Hierbei unterschied er scharf zwischen der EMK der Ruhe und der Bewegung, worüber er später eine besondere Arbeit veröffentlichte [57]. Daß seine Darstellungen auf fruchtbaren Boden fielen, erkennt man aus der lebhaften Diskussion im Anschluß an seine Vorträge, zum Teil auch aus den vielen Aussprachen im Briefkasten der ETZ. Es sei noch kurz erwähnt, daß Görges bereits 1896 bei Drehstrom- und auch bei Einphasen-Induktionsmotoren eine als Görges-Phänomen bekannte Erscheinung beschreibt [15]. Wenn der Motor in einachsiger Läuferwicklung geschaltet ist, indem z. B. bei Schleifring-Ankermotoren der eine Schleifring abgehoben wird, so gibt es zwei verschiedene Drehzahlen, bei denen er stabil läuft, und zwar einmal wie beim gewöhnlichen Induktionsmotor etwas unter der synchronen Drehzahl, sodann mit der Hälfte dieser Drehzahl. Das größtmögliche Drehmoment ist bei dieser letzteren Drehzahl größer als das Kippmoment bei der gewöhnlichen Schaltung. Görges erwähnte, daß die Deutung dieser Erscheinung nicht ganz einfach ist; sie zeige, daß es in der Wechselstromtechnik noch manche Dinge gibt, von denen sich unsere Schulweisheit nichts träumen läßt.

Auch das Verfahren, Drehstrom-Induktionsmotoren mit großem Anlaufmoment bei verhältnismäßig geringer Stromaufnahme ohne Schleifringe anlaufen zu lassen, stammt von Görges [7]. Bekanntlich schaltet er beim Anlauf zu diesem Zweck die Läuferwindungen in der Weise, daß sich deren EMKe zum Teil entgegen arbeiten; sobald der Motor beschleunigt ist, werden die einzelnen Läuferabteilungen durch einen Fliehkraftregler kurzgeschlossen. Der Motor arbeitet dann wie ein gewöhnlicher Schleifring-ankermotor mit kurzgeschlossenen Schleifringen.

Eine Arbeit von Görges sei hier noch genannt, da sie zum tieferen Verständnis der in Wechsel- und Drehstromwicklungen erzeugten Felder, Flüsse und EMKe sehr wichtig ist. In dieser Veröffentlichung [37] zeigte er, wie die AW auf die einzelnen Zähne des Ständers wirken und wie die Induktion, die Flüsse und die EMKe sich in jedem Augenblick einer Periode ändern.

Zu den Arbeiten von Görges über Elektromotoren gehören schließlich noch die Untersuchungen über die Bemessung der Anlasser bei den verschiedenen Motorgattungen. Er zeigte, daß die einzelnen Stufen nach Gliedern einer geometrischen Reihe abnehmen müssen, wenn der Strom beim Einrücken einer neuen Stufe auf den gleichen Maximalwert steigen soll [7, 36].

#### Schwingungserscheinungen bei parallel arbeitenden Wechselstrommaschinen

Eine Aufgabe aus dem Gebiet der Wechselstromgeneratoren, die um die Jahrhundertwende fast alle wissenschaftlichen Elektrotechniker auf den Plan rief, war die Beseitigung von Störungen, die beim Parallelarbeiten von Stromerzeugern auf ein gemeinsames Netz auftraten, wenn sie von Kolbenkraftmaschinen angetrieben wurden. Diese Störungen äußerten sich in Schwingungen der Strom- und Leistungszeiger sowie der Netzspannung;

in besonders schwierigen Fällen fielen die Maschinen außer Tritt und brannten die Sicherungen durch. Auch hier war es Görges vorbehalten, die ziemlich verwickelten Erscheinungen soweit physikalisch zu verfolgen, daß man voraussagen konnte, ob bei gegebenen elektrischen und mechanischen Daten der Maschinensätze und der angeschlossenen Synchronmotoren ein gefährliches Mitschwingen zu befürchten ist oder nicht [21, 22, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 39]. Es ist natürlich ausgeschlossen, an dieser Stelle auf diese grundlegenden Arbeiten im einzelnen einzugehen. Zwei Punkte will ich nur herausgreifen; zunächst den von Görges eingeführten Begriff der Leistungslinien, d. h. von Linien, die bei gegebener Netzspannung einer konstanten abgegebenen oder aufgenommenen Leistung entsprechen; diese Linien sind für das Verständnis der Erscheinungen besonders wichtig, die bei Vor- oder Nacheilung einer Maschine gegenüber dem Netzvektor auftreten. Auch der Begriff des Resonanzmoduls spielt eine große Rolle; er gibt an, wie stark die Schwingungen vergrößert werden, wenn sich die Eigenschwingungszahl einer Maschine und die durch den ungleichmäßigen Antrieb der Kraftmaschinen gegebenen erzwungenen Schwingungen einander nähern. Auf Anregung von Görges untersuchte einer seiner Schüler, Sarfert, die Frage, unter welchen Verhältnissen ein starkes Mitschwingen auftritt, wenn ein Generator von bekannter Eigenschwingungszahl  $Z_0$  aufs Netz geschaltet wird, dessen Generatoren von einer Anzahl voneinander unabhängiger Kolbenkraftmaschinen angetrieben wird<sup>3)</sup>. Sarfert kommt zu dem Ergebnis, daß von keinem der aufs Netz arbeitenden Generatoren eine erzwungene Schwingung ausgehen darf, deren Schwingungszahl in der Nähe von  $Z_0$  liegt.

Zur Erläuterung der beim Parallelbetrieb auftretenden Schwingungserscheinungen hat Görges auf einer Tagung des VDE einen von ihm entworfenen Demonstrationsapparat vorgeführt, der ganz besonders geeignet erscheint, ein gutes qualitatives Bild der Erscheinungen zu geben, insbesondere die Begriffe der Eigenschwingung, der erzwungenen Schwingung und der Dämpfung zu klären [30]. Eine Welle wird mittels Schubstange und Kurbel von einer gleichförmig kreisenden unteren Welle angetrieben. Die regelbare Schwingungswerte wird durch einen festen, mit der oberen Welle verbundenen Zeiger angegeben. Auf der schwingenden Welle ist eine Kupferscheibe mittels Kugellager gelagert und durch zwei Federn mit ihr elastisch gekuppelt. Es möge zunächst die obere Welle festgehalten und die Kupferscheibe aus ihrer Ruhelage gebracht werden. Die Kupferscheibe führt Eigenschwingungen aus, die durch Erregung eines die Scheibe umfassenden Elektromagneten gedämpft werden können. Versetzt man jetzt die obere Welle in schnelle Schwingungen, deren Zahl viel größer ist als die der Eigenschwingungen der Scheibe, so erfolgen die Eigenschwingungen, wie wenn die Welle in Ruhe wäre. Die Amplitude der erzwungenen Schwingung bleibt gering. Die Eigenschwingung wird ebenfalls durch den Elektromagnet gedämpft, sie kann jedoch durch alle möglichen Ursachen immer wieder von neuem angeregt werden. Wird jetzt die Drehzahl der unteren Welle herabgesetzt, so wird der Ausschlag der Kupferscheibe immer größer, die Schwingungen sind der Theorie entsprechend um  $180^\circ$  gegen die erregenden Schwingungen verschoben. Je langsamer die untere Welle gedreht wird, um so größer wird die Amplitude; auch jetzt wirkt die Dämpfung in dem Sinne, daß die Ausschläge kleiner werden. Bei noch weiterer Verminderung der Drehzahl der unteren Welle werden die Schwingungen der Scheibe wieder kleiner, ihre Bewegung erfolgt fast gleichsinnig mit der des Zeigers. Dieser Fall tritt auf, wenn die Drehzahl der Antriebswelle kleiner ist als die Eigenschwingungszahl der Kupferscheibe.

<sup>3)</sup> Sarfert, Forschungsheft 61, herausgeg. vom VDI 1908, Kommissionsverlag v. Springer, Berlin.

### Meßtechnische Arbeiten

Es wäre merkwürdig, wenn ein Elektrotechniker, der sich so viel wie Görges mit den Erscheinungen des Wechselstromes befaßt und zu ihrer Klärung beigetragen hat, nicht die Notwendigkeit empfunden hätte, sich durch Versuche von der Richtigkeit seiner Vorstellungen zu überzeugen und die von ihm untersuchten Fragen quantitativ zu verfolgen. Tatsächlich hat er sich bereits als junger Ingenieur von Siemens & Halske mit meßtechnischen Fragen beschäftigt. Die elektromagnetischen Meßgeräte, die jetzt Dreh- oder Weicheiseninstrumente genannt werden, mit einem in der Null-Lage nach unten gerichteten Zeiger hat er entwickelt und beschrieben [2], desgleichen die astatischen Stromdynamometer, bei denen man von fremden Magnetfeldern fast unabhängig ist [3]. Er war der Erste, der angab, wie unabhängig von Spezialschaltungen und Belastungsart die Gesamtleistung bei Drehstrom gemessen werden kann [4]. Aus den von ihm gegebenen Ausdrücken ergibt sich mittels ganz geringer Umformungen die Formel über die Leistungsmessung mit zwei Leistungsmessern. Unter seiner Leitung wurden später bei Siemens die Wechselstrom-Meßgeräte nach dem Drehfeldprinzip entwickelt, worüber sein Mitarbeiter Schrottke im Elektrotechnischen Verein vorgetragen und später in der ETZ berichtet hat<sup>4)</sup>.

Besonders interessant sind die experimentellen Untersuchungen, die Görges unter Zuhilfenahme optischer Gesetzmäßigkeiten durchgeführt hat. In einer Arbeit, die

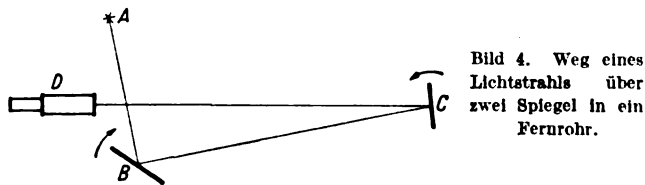


Bild 4. Weg eines Lichtstrahls über zwei Spiegel in ein Fernrohr.

er zusammen mit seinem Assistenten Weidig durchführte [43], zeigte er, wie man mit Hilfe zweier Spiegel, die auf zwei synchronkreisenden Wellen festgelagert sind, ferner einer Lichtquelle und eines Fernrohres den Vor- bzw. Nacheilungswinkel einer als Generator oder Synchronmotor laufenden Maschine gegenüber dem unbelasteten Zustand messen kann (Bild 4). Verschiebt sich die Lage des einen Spiegels relativ zum anderen, so fällt kein Licht mehr ins Fernrohr, man muß entweder die Lichtquelle oder das Fernrohr verschieben, damit das Licht wieder in das Fernrohr fällt. Auf diese Weise ist es gelungen, die Leistungslinien direkt aufzunehmen. Später gab Görges, ebenfalls zusammen mit Weidig, eine auf ganz ähnlichen Grundlagen aufgebaute Methode an, auf optischem Wege das übertragene Drehmoment zu messen [46]. Man braucht nur eine kurze elastische Welle zwischen der treibenden und getriebenen Maschine einzubauen und deren Verdrehung mittels zweier Spiegel zu messen.

Zu dieser Gruppe von Arbeiten gehören auch seine Untersuchungen über den Wechselstrom-Lichtbogen, über die er während des Weltkrieges in unserem Verein vortragen hat [52]. Um bei Wechselstrom die einzelnen Momente eines Lichtbogens herauszugreifen und für sich zu betrachten, kann man sich entweder, wie früher allgemein üblich, einer von einem Synchronmotor angetriebenen Scheibe mit radialem Schlitz oder eines auf der Welle eines solchen Motors befestigten Spiegels bedienen, der sich um eine in seiner Ebene liegende Achse dreht. Man entwirft mittels Sammellinse ein reelles Bild des Lichtbogens auf der Spiegelebene und kann dieses Bild entweder durch ein Fernrohr betrachten oder mittels einer zweiten Sammellinse hiervon ein weiteres reelles Bild auf einem Schirm entwerfen. Dieses letztere Verfahren wurde von Liebe, einem Schüler von Görges, im Dresdner Elektrotechnischen Institut ausgebildet.

<sup>4)</sup> Schrottke, ETZ (1901) S. 657.

Statt eines Synchronmotors kann man auch einen mit möglichst geringem Schlupf laufenden Asynchronmotor verwenden. Man sieht dann nach jedem Umlauf des Spiegels eine etwas andere Phase des Lichtbogens, man übersetzt also den Vorgang ins langsame und kann die Veränderungen bequem verfolgen. Es sei hierbei auch an den von Görges im Ausstellungsgebäude gelegentlich der Hundertjahrfeier der Dresdner Hochschule aufgestellten Quecksilberdampfgleichrichter erinnert, bei dem man nach demselben Verfahren das Zünden, das Arbeiten und das Erlöschen des Lichtbogens, oder wie man auch sagte, das Atmen des Lichtbogens sehr schön verfolgen konnte.

Schließlich dürfen die experimentellen Arbeiten von Görges über die Korona oder das Sprühen von Leitungen nicht unerwähnt bleiben, die er mit seinen Assistenten Weidig und Jaensch zunächst im Auftrage der Firma Lauchhammer gelegentlich der ersten 100 000 V Kraftübertragung in Europa ausführte [44]. Seine Assistenten haben später diese Arbeiten unter seiner Leitung fortgesetzt<sup>7)</sup> und nach sehr anstrengenden Untersuchungen das zunächst frappante Ergebnis festgestellt, daß die Korona innerhalb einer Periode des Wechselstromes bei um so niedrigeren Spannungswerten beginnt und desgleichen nach Überschreiten des Scheitelwertes der Spannung um so eher aufhört, je höher der Scheitelwert der Spannung ist. Ferner zeigten Rechnung und Versuch, daß die Sprühercheinungen und damit verbunden die Leistungsverluste infolge der Korona bei Einphasenstrom erst bei höheren Spannungswerten einsetzen als bei Drehstrom, weshalb in dieser Beziehung der Einphasenstrom dem Drehstrom überlegen ist.

Als Görges am Schluß seiner Tätigkeit bei Siemens & Halske gefeiert wurde, hat man in verschiedenen Ansprachen den Hörnerblitzableiter als eine seiner Großtaten erwähnt, worüber er im Elektrotechnischen Verein vortragen hatte [16]. Er lehnte jedoch die Vaterschaft dieser für die damaligen Größenverhältnisse der elektrischen Anlagen sehr wichtigen Schutzvorrichtung zugunsten seiner Mitarbeiter Oelschläger und Schrottko ab, obgleich er die Untersuchungen geleitet hatte, die zum Bau dieses Apparates führten.

Wir haben gesehen, daß Görges überall da mit in vorderster Linie stand, wo es darauf ankam, auf dem Gebiet des Wechselstromes das prinzipiell Wichtige herauszuschälen, Schwierigkeiten zu beseitigen und aufklärend zu wirken. Wenn auch im letzten Jahrzehnt das Interesse für den hochgespannten Gleichstrom zugenommen hat, so wird doch nach wie vor der Wechselstrom als Stromerzeuger und namentlich für die Heruntertransformierung auf die Gebrauchsspannung kaum aus seiner beherrschenden Stellung entfernt werden können. Aber auch mit den auf dem Gebiet des hochgespannten Gleichstromes zu lösenden Aufgaben haben sich frühere Schüler von Görges mit Erfolg betätigt. Ich brauche nur Ingenieure wie Schenkel und Marx zu nennen; ein Zeichen, daß überall seine Arbeiten und Untersuchungsmethoden auf fruchtbaren Boden gefallen sind.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergibt sich offenkundig, daß sich die Erfolge unseres Jubilars auf eine gleichmäßige Beherrschung von Theorie und Praxis gründen. In dieser Erkenntnis ist er den Spuren von Werner Siemens gefolgt, unter dessen direkter Leitung er mehrere Jahre gearbeitet hat. Mit seltener Zielstrebigkeit hat es Görges verstanden, auch verwickelte technische Probleme zu erfassen und auf Grund streng wissenschaftlicher Betrachtungen ihrer Lösung entgegenzuführen. Im bewußten Gegensatz zu allen denen, die nur den Wert der Praxis gelten lassen, möge uns das Leben dieses Gelehrten ein ständiger Ansporn sein zu einer harmonischen Durchdringung von Wissenschaft und Technik.

<sup>7)</sup> ETZ 34 (1913) S. 637 u. 954.

Wissenschaftlich-technische Arbeiten von Görges:

1. Über die Vorgänge im Transformator, ETZ 9 (1888) S. 514.
2. Spannungszeiger von Siemens & Halske, ETZ 11 (1890) S. 567.
3. Über ein neues Dynamometer für Spannungsmessungen von Siemens & Halske, ETZ 11 (1890) S. 694.
4. Über Drehstrom und seine Messung, ETZ 12 (1891) S. 213.
5. Mitteilungen über neuere Untersuchungen an Wechselstrommotoren, ETZ 12 (1891) S. 699.  
Ebenfalls abgedruckt in Berichten über die Verhandlungen des internationalen Elektr. Kongresses zu Frankfurt, II. Hälfte, S. 205.
6. Ausgiebigkeit der Ankerwicklung bei Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom, ETZ 13 (1892) S. 236.
7. Anlassen der Elektromotoren, speziell der Drehstrommotoren, ETZ 15 (1894) S. 644.
8. Vergleichende Betrachtungen über die Wirtschaftlichkeit des Ein- und Mehrphasenstromes, ETZ 16 (1895) S. 46.
9. Bemerkungen zur Geschichte und zum Wesen des sogenannten monozyklischen Systems, ETZ 16 (1895) S. 389.
10. Untersuchungen an Wechselstromlichtbogen, ETZ 16 (1895) S. 548.
11. Zur Theorie der asynchronen Wechselstrommotoren, ETZ 16 (1895) S. 750.
12. Drehstrom zu häuslichen Zwecken, ETZ 17 (1896) S. 177.
13. Über die Verkettung der Mehrphasenströme, Z. für Elektrotechn. Heft II, 1896.
14. Schutzvorrichtungen bei elektrischen Starkstromanlagen, ETZ 17 (1896) S. 511.
15. Drehstrommotoren mit verminderter Tourenzahl, ETZ 17 (1896) S. 517.
16. Über einen neuen Hochspannungsblitzableiter von Siemens & Halske, ETZ 18 (1897) S. 214.
17. Die Mehrphasenströme und der Drehstrom, Beiblatt zur Z. Instrumentenkde. 17 (1897) S. 41.
18. Graphische Darstellung des Wechselpotentials und ihre Anwendung, ETZ 19 (1898) S. 164.
19. Die praktische Berechnung der Dynamomasch., insbesondere für Gleichstrom Bd. VII der Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (1898) S. 97.
20. Seillampe von Siemens & Halske (zusammen mit Queisser), ETZ 20 (1899) S. 444.
21. Bemerkungen über den Parallelbetrieb mit Wechselstrommaschinen, ETZ 21 (1900) S. 29.
22. Über das Verhalten parallel geschalteter Wechselstrommaschinen, ETZ 21 (1900) S. 188.
23. Bericht der vom techn. Ausschuß des Elektrot. Vereins eingesetzten Patentkommission, ETZ 21 (1900) S. 350.
24. Über eine neue Spannungssicherung von Siemens & Halske, ETZ 22 (1901) S. 310.
25. Über den Parallelbetrieb bei Wechselstrommaschinen, ETZ 23 (1902) S. 1053.
26. Einheitliche Bezeichnung mechanischer und elektrischer Größen, ETZ 23 (1902) S. 993.
27. Über den Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen, ETZ 24 (1903) S. 49.
28. Über einige Diagramme zum asynchronen Wechselstrommotor, ETZ 24 (1903) S. 271.
29. Das Schwingen parallel geschalteter Wechselstrommaschinen, ETZ 24 (1903) S. 378.
30. Über den Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen, ETZ 24 (1903) S. 561.
31. Zur Theorie des asynchronen Wechselstrommotors, ETZ 24 (1903) S. 691.
32. Das Schwingen parallel geschalteter Wechselstrommaschinen, ETZ 24 (1903) S. 1023.
33. Bemerkungen zu den Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen § 25 b betr. Spannungssicherung für Niederspannungskreise, ETZ 26 (1905) S. 314, 357, 552.
34. Kommutatorwicklungen, ETZ 27 (1906) S. 301.
35. Sphär. und hemisphär. Lichtstärke, ETZ 27 (1906) S. 1009.
36. Die Abstufung der Anlasser, Elektr. Bahnen u. Betriebe 4 (1906) S. 249.
37. Die Berechnung der EMK von Mehr- und Einphasenwicklungen auf Grund eines Vektordiagrammes der Feldstärke, ETZ 28 (1907) S. 1.
38. Das Verhalten von Wechselstrommotoren in einheitlicher Betrachtungsweise, ETZ 28 (1907) S. 730.
39. Elektromagnete, Transformatoren und Dynamomaschinen im Hilfsbuch von Strecker gemeinsam mit W. Kübler 7 (1907) und folgende Aufgaben. Springer, Berlin.
40. Allgemeine Sätze über den Betrieb von parallel geschalteten Wechselstrommaschinen, Phys. Z. 9 (1908) S. 265.
41. Erläuterungen zur Begriffsbestimmung für Potential, Potentialdifferenzen, EMK, Spannung und Spannungsdifferenzen mit Rubens, ETZ 29 (1908) S. 746.
42. Elektr. Kraftübertragung auf große Entfernungen, Himmel u. Erde 20 (1908) S. 241.
43. Über die Messung der Vorellung parallel arbeitender Wechselstrommaschinen, ETZ 31 (1910) S. 332.
44. Über Versuche zur Bestimmung der Koronaverluste auf Freileitungen. Mit Weidig u. Jaensch, ETZ 32 (1911) S. 1071.
45. Zur Frage der Priorität für die Aronsche Schaltung, ETZ 33 (1912) S. 836, 966.
46. Über einen neuen Torsionsmesser zur Bestimmung des Drehmomentes rotierender Wellen. Weidig, ETZ 34 (1913) S. 701.
47. Untersuchung eines Schmelzwerfers, ETZ 34 (1913) S. 782.
48. Über die Bestimmung der Koronaverluste. Die elektrisierende Kraft an der Oberfläche runder Drähte, ETZ 34 (1913) S. 984, 1186, 1353.
49. Grundzüge der Elektrotechnik. Engelmann Leipzig, 1913.
50. Die dreifache Sprache des Ingenieurs. Antrittsrede bei Übernahme des Rektorats der kgl. Techn. Hochsch. Dresden, Z. VDI 58 (1914) S. 864.
51. Werner Siemens Verdienste um die Starkstromtechnik. Naturwiss. 4 (1916) S. 797.
52. Vorführung über das Flimmern der Lampen bei Wechselstrom, ETZ 37 (1916) S. 213.

53. Über die graph. Darstellung des Wechselfentials und die Lage des Erdpotentials in Drehstromanlagen. Arch. Elektrotechn. 6 (1917) S. 1.  
 54. Werner Siemens sein Leben und Wirken, ETZ 38 (1917) S. 73.  
 55. Über den Schutzwert der Erdungsdrosselspule im Nullfeld von Wechselstromanlagen, Arch. Elektrotechn. 7 (1918) S. 125.  
 56. Gleichgewichtszustände der Reihenschaltung von Spulen und Kondensatoren, ETZ 40 (1919) S. 101.  
 57. Die EMK der Ruhe und der Bewegung in Kommutatormaschinen, Wiss. Veröff. Siemens Konz. 2 (1922) S. 70

58. Über einige grundlegende Begriffe in der Elektrotechnik. Mitt. Ver. Elektr. Werke 21 (1922) S. 109.  
 59. Spaltfeld und Durchfutung der Wicklungsköpfe bei Mehrphasenmotoren von Emde-Görges. Elektrotechn. u. Masch.-Bau 40 (1922) S. 557.  
 60. Magnetische Feldgrößen, ETZ 43 (1922) S. 483.  
 61. Abschiedsvorlesung v. Prof. Görges, Verbandsmitteilungen der wissenschaftl. Bezirksvereine in Dresden u. Sachsen 25 (1930) Nr. 6 u. 7 S. 51.  
 62. Rückblick auf die Entwicklung der Starkstromtechnik. Sächs. Ing. Zeitschrift Bd. 27 (1932) Sonderdruck.

## Die Herstellung technischer Schaubilder höheren mathematischen Grades mittels einfacher geometrischer Beziehungen

Von E. Winkel, Wien

DK 518.2:515

**Übersicht.** Im folgenden wird eine Erweiterung von bekannten geometrischen Beziehungen gezeigt, die es gestattet, Kurven höheren Grades bequem punktweise zu ermitteln. Das Verfahren ist geeignet, von technischen Funktionen Schaubilder zu entwerfen und technische Zusammenhänge schnell aufzudecken. Zuerst werden die allgemeinen Verhältnisse des Verfahrens abgeleitet und hierauf an einigen praktischen Beispielen die Anwendungsmöglichkeiten für elektrotechnische Probleme gezeigt.

### A. Ableitung der allgemeinen Verhältnisse

#### I. Der Funktionsquotient und das Funktionsprodukt einfachsten Grades

Eine Reihe von bekannten Formeln der Elektrotechnik kennzeichnet sich durch die Tatsache, daß sie die Form von Quotienten und Produkten aufweisen, wobei Nenner

Verlauf der Kraftliniendichte in Abhängigkeit von der Stromwindungszahl. Gesucht wird die Kennlinie der Permeabilität. Man erhält folgende Formeln:

$$\mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H} = k' \mu \frac{AW}{\text{cm}}; \quad \mu = \frac{\mathfrak{B}}{AW} k.$$

Die letzte Form zeigt die Permeabilität oder einen proportionalen Anteil davon als Funktion, bestehend aus einem Nenner, den wir als veränderliche Größe unabhängiger Art annehmen, wogegen die Größe im Zähler selbst als eine, wenn auch mathematisch unbekannt Funktion der gleichen Veränderlichen anzusehen ist. Das Bild dieser unbekannt mathematischen Funktion haben wir jedoch als Schaubild im bestimmten Maßstab gegeben. Rechnungsmäßig punktweise bestimmt erhält man unter Berücksichtigung der Maßstäbe und der Konstanten  $k$  die Linie der Permeabilität, oder aber man wendet das schon bekannte zeichnerische Verfahren an.

Läßt man aber die Formel für die Kraftliniendichte als Gleichung bestehen, dann ergibt sich ein Produkt, dessen Faktoren nun wieder als unabhängige Variable und als deren Funktion zu erkennen sind. Die zeichnerische Lösung stellt dann den umgekehrten Vorgang der früheren Lösung dar. Beide Zeichnungsverfahren sind aus der Thermodynamik zur Ermittlung der Beziehungen zwischen Druck, Volumen und Temperatur eines Gases bekannt, wo das Volumen die unabhängige Variable vorstellt.

#### 1. Kurze mathematisch-geometrische Festlegung der Verhältnisse

Man nimmt eine beliebige Ausgangsfunktion  $y_0$  an und bezeichnet:

$$y_i = y_0 : x \quad y_u = y_0 \cdot x$$

$$y_0 = f(x) \quad y_0 = f(x)$$

(Division) (Multiplikation)

$y_i$  Funktionsquotient,  $y_u$  Funktionsprodukt.

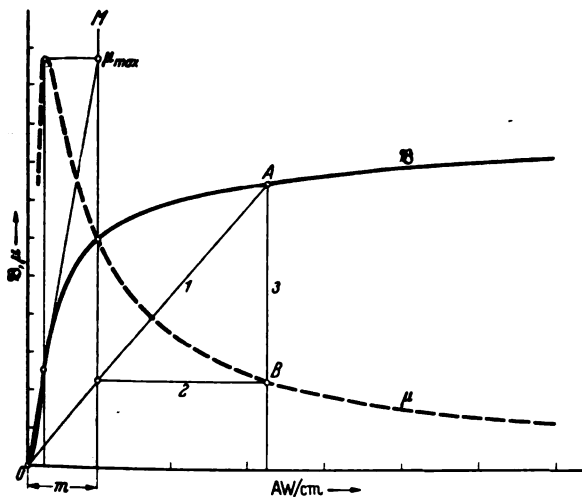
In Bild 2 erscheint  $y_0 = 1,5 - \frac{x}{4}$  als Gerade,

$$y_i \text{ wird dann } \frac{1,5}{x} - \frac{1}{4}, \quad y_u \text{ wird } 1,5x - \frac{x^2}{4}.$$

Die mathematischen Funktionen lassen wir aber außer Betracht, uns geht nur die Darstellung der beiden neuen Funktionen an. Bild 2 zeigt die geometrische Grundkonstruktion der einfachen Beziehungen ohne Maßstabverschiedenheit der Achsen.

Man wählt im Abstand 1 vom Ursprung eine Gerade  $M$  senkrecht zur  $x$ -Achse. Die allgemeinen Formeln für das Funktionsprodukt und den Funktionsquotienten lassen sich unschwer daran beweisen:

$$y_u : x = y_0 : 1, \quad y_i : 1 = y_0 : x.$$



Beispiel einer bekannten Quotienten-Beziehung:  
 $\mathfrak{B}$  magnetische Kraftliniendichte  
 $\mu$  magnetische Permeabilität  
 $\frac{AW}{\text{cm}}$  Stromwindungszahl für 1 cm Kraftlinienweg

Dargestellte Beziehung:  $\mu = \frac{\mathfrak{B}}{AW} k$

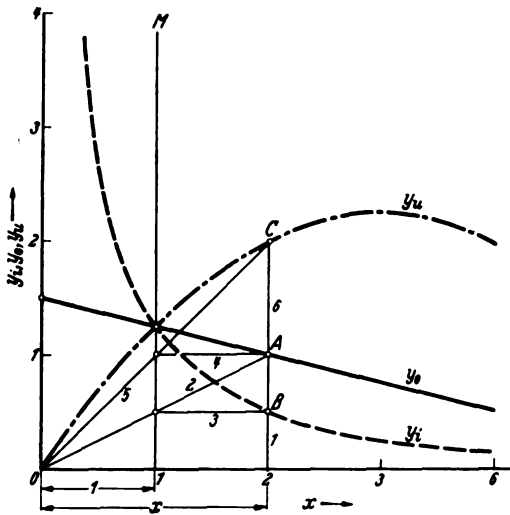
Bild 1. Zeichnerische Gewinnung der  $\mu$ -Linie aus der  $\mathfrak{B}$ -Linie für einen bestimmten magnetischen Werkstoff.

und Zähler oder die beiden Faktoren in einem bestimmten funktionellen Zusammenhang stehen: Der eine Teil kann als unabhängige, der andere als abhängige Veränderliche angesehen werden. Ein bekanntes Beispiel möge dies erläutern:

Bild 1 zeigt die Beziehung zwischen Permeabilität, Amperewindungszahl und magnetischer Kraftliniendichte bei einem ferromagnetischen Baustoff. Gegeben sei der

2. Berücksichtigung des Maßstabes

In der eben behandelten Form der Konstruktion liegt jedoch eine enge Beschränkung, weil nämlich nur solche Funktionen behandelt werden könnten, deren Bereich praktisch über einige Längeneinheiten darzustellen ist. Ohne Rücksicht auf den Maßstab der beiden Achsen will



- $y_0$  Ausgangsfunktion =  $1,5 - 0,25x$
- $y_i$  Funktionsquotient =  $\frac{1,5}{x} - 0,25$
- $y_u$  Funktionsprodukt =  $1,5x - 0,25x^2$
- M Hilfsgerade zur zeichnerischen Ermittlung

Die arabischen Ziffern im Bild geben den Gang der Ermittlung, die Großbuchstaben die Reihenfolge der Ergebnisse an.

- Maßstäbe:  $l_x = 1 = 15 \text{ mm}$ ;  $\epsilon_x = 15 \text{ mm/1}$
- $l_y = 1 = 15 \text{ mm}$ ;  $\epsilon_y = 15 \text{ mm/1}$

Bild 2. Ermittlung des Funktionsquotienten und des Funktionsproduktes aus dem Verlaufe einer gegebenen Ausgangsfunktion.

man für die M-Gerade einen zur Konstruktion passenden Abstand nehmen. In dieser Annahme müssen aber dann die Maßstabverhältnisse zwischen  $y_0$ ,  $x$ ,  $y_i$  und  $y_u$  allgemein festgelegt werden.

Wir bezeichnen:

- $l_G$  die Länge einer Strecke in mm, die eine bestimmte Größe darstellt,
- $G$  die darzustellende Größe,
- $\epsilon_G$  Streckenlänge in mm für die Einheit der darzustellenden Größe  $G$ .

Dann gelten folgende Beziehungen:

$$l_G = G \epsilon_G, \quad G = \frac{l_G}{\epsilon_G}, \quad \epsilon_G = \frac{l_G}{G}$$

Alle drei Gleichungen entsprechen einem besonderen Lesevorgang am Schaubild.

Diese Beziehungen verwenden wir nun zur Ableitung der gesuchten Maßstabverhältnisse.

Ausgangsformel  $y_i = \frac{y_0}{x}$ ,

Verhältnis der Strecken am Schaubild

$$l_{y_0} : l_x = l_{y_i} : m,$$

Verhältnis, ausgedrückt durch Größen und Maßstäbe

$$y_0 \epsilon_{y_0} : x \epsilon_x = y_i \epsilon_{y_i} : m,$$

nach Kürzung durch die Ausgangsformel

$$\epsilon_{y_0} : \epsilon_x = \epsilon_{y_i} : m.$$

Endlich sind die Maßstabsbeziehungen für beide Fälle

$$\epsilon_{y_i} = \frac{\epsilon_{y_0}}{\epsilon_x} m, \quad \epsilon_{y_u} = \frac{\epsilon_{y_0}}{m} \epsilon_x.$$

Dabei ist  $m$  in mm einzutragen.

Der Index 1 soll angeben, daß es sich um eine einfache Multiplikation oder Division handelt.

Angewendet auf Bild 3 errechnen sich die Maßstäbe, wie es der Text der Abbildung angibt<sup>1)</sup>.

In dem Falle einer mathematischen Funktion erhält der Maßstab die Dimension mm je Zahleneinheit. Behandelt man jedoch Größen, so wird er zu mm je Größeneinheit, wie anfänglich angenommen wurde.

Das Vorteilhafte dieser Konstruktionen besteht darin, daß bei gegebenem  $y_0$  jede weitere mathematische Betrachtung der Funktionen, außer Maßstabverhältnissen, entfällt, es braucht nicht einmal der mathematische Ausdruck von  $y_0$  vorhanden zu sein; denn  $y_0$  kann auch eine empirisch ermittelte Linie sein, wie es z. B. bei den Zusammenhängen zwischen Kraftliniendichte und Stromwindungszahl der Fall ist.

II. Das Funktionsprodukt und der Funktionsquotient höheren Grades

Zur Erklärung dieses Ausdruckes entwickeln wir folgende Formeln:

$$\begin{aligned} y_0 &= ax, & y_0 &= a - x, \\ y_{u1} &= ax^2, & y_{i1} &= \frac{a - x}{x}, \\ y_{u2} &= ax^3, & y_{i2} &= \frac{a - x}{x^2}. \end{aligned}$$

Mit anderen Worten: Fast jede algebraische Funktion, auch eine zusammengesetzte mit mehreren Gliedern, läßt sich in einer Kette von Funktionsmultiplikationen oder Divisionen erklären. Das Verfahren der einfachen Konstruktion, mehrfach wiederholt, muß dann aber auch zu den oben entwickelten Funktionen führen. Darin besteht die vom Verfasser entwickelte Anregung zur Verwertung in der Praxis.

Bei jeder Wiederholung einer Division oder Multiplikation tritt natürlich auch eine entsprechende Maßstabänderung auf, die zu berücksichtigen ist:

Für  $y_{i1}$  gilt die Gleichung  $\epsilon_{y_{i1}} = \epsilon_{y_0} \frac{m}{\epsilon_x}$ , für  $y_{i2}$  ist  $y_{i2}$  als Ausgangsfunktion  $y_{01}$  anzusetzen, daher

$$\begin{aligned} \epsilon_{y_{i1}} &= \epsilon_{y_{i1}} \frac{m}{\epsilon_x} = \epsilon_{y_0} \left(\frac{m}{\epsilon_x}\right)^2 \\ \epsilon_{y_{i2}} &= \epsilon_{y_0} \left(\frac{m}{\epsilon_x}\right)^n. \end{aligned}$$

Auf gleiche Weise ergibt sich die Maßstabformel für  $\epsilon_{y_u}$ .

$$\epsilon_{y_u} = \epsilon_{y_0} \left(\frac{\epsilon_x}{m}\right)^n.$$

Bei der zeichnerischen Darstellung ist es oft ratsam, für die Endfunktion gemäß dem auftretenden Maximalwert den Maßstab zu bestimmen und daher die Länge der Strecke  $m$  erst hinterher zu ermitteln, und zwar nach den umgeformten Gleichungen:

$$m_i = \sqrt[n]{\frac{\epsilon_{y_{i_n}}}{\epsilon_{y_0}} \epsilon_x}, \quad m_u = \sqrt[n]{\frac{\epsilon_{y_u}}{\epsilon_{y_0}} \epsilon_x}.$$

Bei einfachen Funktionen ist damit das Rüstzeug zu ihrer Ermittlung erschöpft. Sind jedoch zusammengesetzte Gleichungen oder gebrochene Funktionen mit zusammengesetzten Nennern darzustellen, dann kommen noch einige Kunstgriffe hinzu, die sich aber an den folgenden Beispielen leicht aufzeigen lassen.

(Schluß folgt.)

<sup>1)</sup> Bild 3 erscheint im Schlußteil, H. 14. Die Längenangaben gelten für die Zeichnungsoriginale.

## RUNDSCHAU

### Elektrische Maschinen

DK 621.313.322—82.045.7

**Nachträglicher Einbau von Dämpferwicklungen bei Generatoren des Wasserkraftwerks am Wilson-Dam.** [Nach R. B. George und B. B. Bessenes, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 166; 6 S., 7 B.]

Die in den Jahren 1925 bis 1926 im Wasserkraftwerk am Wilson-Dam aufgestellten großen Drehstromgeneratoren — 25 000 bzw. 32 500 kVA,  $\cos \varphi = 0,8$ , 12 000 V, 60 Hz, 100 U/min, mit senkrechter Welle — hatten in der damals üblichen Bauart keine Dämpferwicklung erhalten. Die bei Leitungskurzschlüssen beobachteten Überspannungen im Kraftwerk führten zu näheren Untersuchungen mit oszillographischen Aufnahmen. Diese zeigten, daß die Überspannungen erhebliche Ausmaße annehmen können. An einer 154 kV-Leitung, die zu Versuchszwecken aus dem Betriebe gezogen war, wurden bei Phasenkurzschlüssen an dem Leitungsende, das dem Kraftwerk abgekehrt ist, im Kraftwerk Spannungsspitzen bis zu 343 kV festgestellt. Um solche Spannungsanstiege zu vermeiden, die eine übermäßige Beanspruchung der Isolation bedeuten, wurde vorgeschlagen, die Generatoren nachträglich mit Dämpferwicklungen zu versehen. Nach Formeln theoretischer Untersuchungen über Spannungserhöhungen bei Phasenkurzschlüssen unbelasteter Maschinen von Wagner<sup>1)</sup> wurde für den gewählten Versuchsgenerator der Spannungsanstieg auf den 2,54fachen Wert der Nennspannung ohne und auf den 1,64fachen Wert mit Dämpferwicklung errechnet.

Die Herstellerfirma des Versuchsgenerators empfahl, die Dämpferwicklung mit fünf halbzölligen Rundstäben je Pol in geschlossenen Nuten auszuführen, um die Generator-Feldkurve möglichst wenig zu beeinflussen. Von dieser Ausführungsart wurde jedoch Abstand genommen, da sie bedingt hätte, daß die Pole hätten auseinander genommen werden müssen, was recht kostspielig und mit den Mitteln, die der Werkstatt des Kraftwerkes zur Verfügung standen, kaum durchzuführen gewesen wäre, da die Isolation des sich seit etwa 12 Jahren im Betriebe befindenden Generators anfang brüchig zu werden. Es wurden statt dessen schwalbenschwanzförmige Nuten mit einer möglichst geringen Nutöffnung gestoßen, in die die Kupferleiter eingeführt wurden, die nahezu den von der Herstellerfirma angegebenen Leiterquerschnitt haben (Bild 1). Diese Arbeiten konnten ausgeführt werden, ohne daß die Polspulen abgezogen werden mußten.

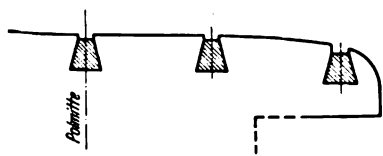


Bild 1. Schnitt durch den Polschuh mit den eingebauten Dämpferstäben.

Nach dem Einbau der Dämpferwicklung wurden die Messungen auf der 110 km langen Versuchsstrecke unter denselben Bedingungen wiederholt, wie zuvor ohne Dämpferwicklung: die Spannung wurde im Leerlauf auf den Nennwert gebracht, und die Leitung an dem dem Kraftwerk abgekehrten Ende kurzgeschlossen. Dabei trat, wie erwartet, eine geringere Überspannung auf als bei den Versuchen ohne Dämpferwicklung. Die Meßwerte sowohl mit als auch ohne Dämpferwicklung sollen mit den nach den angeführten Formeln errechneten Werten gut übereinstimmen, da zu berücksichtigen sei, daß für den Spannungsanstieg bei Leitungskurzschlüssen nicht die Maschinengrößen allein maßgebend sind. Von Untersuchungen über den Einfluß solcher Einzelheiten, die Änderungen im Spannungsanstieg mit sich bringen, wie z. B. Abstand des Kurzschlusses vom Kraftwerk, ist abgesehen worden. Die Zunahme des Spannungsanstiegs bei Belastung infolge der stärkeren Erregung kann aus der Generator-Spannungskurve errechnet werden. (Dem Aufsatz liegen Oszillogramme und Tafeln über die Versuchsmessungen bei.) *Wh.*

<sup>1)</sup> C. F. Wagner, Electr. Engng. 56 (1937) S. 1385.

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.165 : 621.311.22 (73)

**Entwurf und Inbetriebnahme neuer Turbinen in den V.S. Amerika im Jahre 1937.** [Nach V. Walker, Electr. Tms. 95 (1939) S. 695; 2½ S., 3 B.]

Nach dem amtlichen Bericht für 1937 wurden im Berichtsjahr insgesamt 317 Turbinen in Betrieb genommen, wovon 294 im Leistungsbereich von 20 000 bis 165 000 kW je Einheit mit Dampfdrücken unter 52 at und 17 im Bereich von 3360 bis 80 000 kW mit Dampfdrücken von 90 at und mehr liegen. Den 294 erstgenannten Turbinen des Berichtsjahres stehen 298 im Jahre 1936 gegenüber; auch die übrigen in einen Vergleich gestellten Werte weichen in den beiden genannten Jahren nicht viel voneinander ab. Der Anteil der Hochdruckmaschinen war 1936 etwas höher. Ferner werden Übersichten über die Verbrauchs- und Betriebswerte der Turbinenanlagen von 1937 angegeben. Die Häufigkeit der Beaufsichtigung der Dampfkraftwerke schwankt zwischen vier Jahren und einem Jahr. Bei Kondensationseinheiten zwischen 20 000 und 50 000 kW wird teilweise nach 10 000 Betriebsstunden eine Überprüfung durchgeführt, in anderen Fällen nach 5000, 6000, 8000 oder 12 000 Betriebsstunden. Allgemein wurden im letzten Jahrzehnt zahlreiche Vorschalt- oder Spitzenturbinen aufgestellt. Die Entwicklung dieser Turbinenbauart zielt auf Verminderung der Verluste, bessere Dampfstromleitung und elastisches Betriebsverhalten ab. Hinsichtlich der Größe der ausgeführten Einheiten traten im Berichtsjahr keine nennenswerten Veränderungen ein; für Einzylinder-Kondensationsturbinen blieben die Grenzen für 3600 U/min bei 25 000 kW und 100 000 kW bei 1600 U/min. Bei zweizylindrigen Ausführungen sind die Grenzleistungen 60 000 kW für die Maschinen mit der Drehzahl von 3600 U/min und 200 000 kW bei 1800 U/min; dabei ist bei der 60 000 kW-Einheit mit 3600 U/min die Grenze durch den Generator gegeben. Über die Dampferte von 90 at, 510° C wird selten hinausgegangen. Ferner wurde eine Gegendruckturbinen für 170 at, 505° C mit einem einzylindrigen Hochdruckteil für 22 500 kW mit wasserstoffgekühltem Generator für 3600 U/min und einem einzylindrigen Niederdruckteil für 45 000 kW mit luftgekühltem Generator für 1800 U/min gebaut. Bei Temperaturen von etwa 500° C zeigte mit Molybdän legierter Kohlenstoffstahl besseres Verhalten als der unlegierte Werkstoff. Bei diesen Temperaturen müssen die Wärmeverluste vermindert und der guten Schmierung besondere Sorgfalt gewidmet werden. Die Besonderheiten einer im Schnitt gezeigten Zwilling-Verbundturbinen bestehen in günstigeren Dampfwegen, verbesserter Schaufelausführung und Befestigung, stabilem Läuferkörper, verbesserten Düsen und starrer Läuferkupplung. Die Einzylinderanordnungen werden allgemein etwas bevorzugt, wenn dem nicht die Dampfbedingungen entgegenstehen. Bei einigen Maschinen für 3600 U/min traten an den Schaufeln Ermüdungsbrüche auf; aus Chromstahl hergestellte Schaufeln zeigten eine höhere Schwingungsfestigkeit und scheinen bei verbesserter Schaufelbefestigung diese Schwierigkeiten zu vermeiden. Die weiteren Fortschritte beziehen sich auf die Wärmeisolierung und Entlüftung. *an.*

DK 621.316.98.001.5 : 621.315.1

**Die Blitzschutzwirkung von Erdsellen bei elektrischen Leitungsanlagen.** [Nach H. Ziegler, Mitt. Rosenthal-Isolat. G.m.b.H. (1939) H. 23; 110 S., 59 B.]

Der Einschlag des Blitzes in Leitungsanlagen und Gebäude ist, vom Standpunkt der Hochspannung aus betrachtet, eine Stoßentladung gegenüber einer Mehr Elektrodenanordnung. Der Blitz stellt die spannungführende Elektrode dar, die Leiterseile (Erd- und Phasenseile) bzw. die Blitzableiter (Fangstangen, Fangleitungen) bilden die der Blitzelektrode gegenüberliegende, untereinander und mit der Erde verbundene Mehr Elektrodenanordnung. — Durch umfangreiche Modellversuche mit Stoßspannungen verschiedener Wellenform im Gebiete der höchsten, heute zur Verfügung stehenden Spannungen wurden die Gesetze dieser Mehr Elektrodenanordnung untersucht. Der



Blitz wurde dabei durch eine Stabelektrode nachgebildet, die Leiterseile durch Drähte mit verschiedenen Dicken und die Erde durch eine Metallplatte. Es ergaben sich dabei im wesentlichen folgende Gesetze: 1. Alle Drähte, die von der Stabelektrode gleichen Abstand haben, also auf einem Kreisbogen um die Spitze der Stabelektrode liegen, werden mit der gleichen Häufigkeit von den Entladungen getroffen. 2. Alle Drähte, die außerhalb des Kreisbogens liegen, der von der nächstliegenden Drahtelektrode mit der Stabspitze als Mittelpunkt gebildet wird, werden von den Entladungen nicht getroffen; die Entladungen aus der Stabelektrode schlagen also in den nächstliegenden Draht ein. Hierbei beträgt der Bereich der Schlagweitenstreuung nur einige Zentimeter und bleibt numerisch fast unverändert, nimmt demnach, auf die Schlagweite bezogen, mit dieser ab. 3. Die Anwesenheit einer Plattenelektrode hat auf den Durchschlag den Drähten gegenüber keinen praktisch zu beachtenden Einfluß, solange nicht die Platte selbst den kleinsten Abstand von der Stabelektrode aufweist und Einschlaglektrode wird. Es wurde auch der Fall berücksichtigt, daß die Platte mit einer nichtleitenden Sandschicht bedeckt ist.

Die Analyse der als zuverlässig geltenden Beobachtungen wirklicher Blitzschläge in die Erd- und Phaseile von Hochspannungsleitungen mit verschiedenen Mastbildern lehrt: 1. Die durch die Modellversuche gewonnenen Gesetze gelten in vollem Umfang auch bei den wirklichen Blitzentladungen. 2. Die tiefste Stellung des Blitzkopfes, von wo aus die Entscheidung hinsichtlich der Einschlagstelle erfolgt, liegt ungünstigsten Falles in der Höhe der Erdseile bzw. der Fangstangen. 3. Die Schlagweitenstreuung bewegt sich selbst bei diesen großen Schlagweiten in ähnlich engen Grenzen wie bei den Modellversuchen. — Daraus folgt für die Anordnung der Erdseile bzw. Fangstangen: Wenn diese die Blitzentladungen von den zu schützenden Bauwerken fernhalten sollen, dann müssen sie so angeordnet werden, daß sie selbst die dem Blitzkopf in seiner ungünstigsten Lage am nächsten liegenden Elektroden bilden. Sie nehmen dann alle Blitze auf und schützen die Bauwerke. Die Bauwerke liegen in diesen Fällen in den von den Fangvorrichtungen gebildeten Schutzräumen. Die Spuren der Schutzraumbegrenzungen sind die erwähnten Kreisbögen. Die von A. Schwaiger aufgestellte neue Schutzraumtheorie ist damit auch für die Gebiete der größten Schlagweiten und der natürlichen Blitzentladungen bestätigt. — Man ist nunmehr in der Lage, unter Beachtung der aus dieser Theorie abgeleiteten Regeln Blitzfangvorrichtungen (Blitzableiter) zu bauen, die den vollkommenen Blitzschutz gewähren. Die Anwendung dieses „Vollschutzes“ wird für wichtige Leitungsanlagen und für alle Gebäude empfohlen. Beim Vollschutz von Leitungsanlagen ist die gleiche Anzahl von Erdseilen (2 bis 3 Erdseile) nötig, wie bisher schon gefordert und als wirtschaftlich tragbar bezeichnet worden ist. Bei der Anwendung der neuen Regeln handelt es sich also nur um eine günstigere Anordnung der Erdseile. Man erhält damit zugleich auch einen sehr guten Schutz gegen die Wirkungen der fernen Blitzschläge. — Als Beispiel für den Vollschutz von Leitungsanlagen wird die Anordnung der Erdseile bei einigen gebräuchlichen Mastbildern gezeigt. *A. Schw.*

DK 621.316.925

**Die Schutzanlagen der Boulder-Dam-Leitung.** [Nach L. L. Draper, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 151; 8½ S., 3 B.]

Bei der Vorausbestimmung des Schutzes besaß man noch keine Werte der Leitungskonstanten der Boulder-Dam-Übertragungsleitung<sup>1)</sup>. Im Gegensatz zur Bestimmung der Verhältnisse bei symmetrischen Fehlern machte die Bestimmung der Verhältnisse bei Erdschlüssen Schwierigkeiten. Es wurden die ungünstigsten Fälle zugrundegelegt. Die Untersuchung ergab, daß der Kurzschlußstrom kleiner werden kann als der größte Laststrom. Als Schutz sind Vergleichsschutzarten mit Trägerfrequenz vorgesehen. Mehrere Arten dieses Schutzes wurden versuchsartig in einer 132 kV-Leitung eingebaut. Die eingebauten Schutzsysteme bewährten sich gut und ergaben die Brauchbarkeit für die Boulder-Dam-Leitung. Folgende Bedingungen wurden für den Schutz gefordert: Auslösung nicht über 0,15 s, kein Ansprechen bei Pendelungen und Schaltvorgängen. Eine Beschreibung des Stromvergleichsschutzes mit Trägerstrom wird angegeben und über die Art des Einbaues und Betriebserfahrungen berichtet. Als besondere Erfahrung ist angegeben, daß bei den verwendeten 60 Röhren ein Fehler im Jahr auftritt. Fehlanzeigen traten infolge Überschlages in veränderlichen Kondensatoren der Abstimmungskreise auf. Diese

1) S. a. ETZ 01 (1940) H. 2, S. 43.

wurden durch feste Kondensatoren und veränderliche Induktivitäten ersetzt. Die Erdschlußrelais sprachen bei Schaltvorgängen der Frequenz 120 bis 700 Hz an und machten eine vorübergehende Höhereinstellung des Schutzes erforderlich. Ein Filter wird entwickelt, der zur Vermeidung dieser Fehlauslösungen alle Frequenzen über 120 Hz vom Erdschlußrelais fernhält. Aufgetretene Fehler wurden in 3½ bis 10½ Perioden ordnungsgemäß abgeschaltet. *Tiz.*

DK 621.311.1.016.35

**Übertragungsstabilität und ihre Erfordernisse bei der Kraftübertragung.** [Nach A. M. Taylor, Electrician 122 (1939) S. 531; 4 S., 3 B.]

Bei der Energieübertragung auf weite Entfernungen steigen die Übertragungskosten beträchtlich mit Leistung und Entfernung an, weil dabei erhebliche Mittel gegen die Phasenverschiebung eingesetzt werden müssen. Derartige Aufgaben aus der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft lassen die Entwicklung von Anlagen für höhere Betriebsspannungen notwendig erscheinen; wie an Zahlenvergleichen nachgewiesen wird, fallen die durch die Übertragung bedingten Energieverluste mit steigender Betriebsspannung, so daß für die in ähnlicher Weise in Südafrika, Australien und Ägypten vorliegenden Aufgaben der Energieübertragung die Entwicklung von Großanlagen für 550 kV Betriebsspannung angestrebt werden muß. Die Übertragungsstabilität ist insbesondere von der Phasenlage der Eingangs- und Ausgangsklemmen und den der Leitung eigentümlichen Werten für Reaktanz und Resonanzverhalten abhängig. Hierfür werden die auftretenden Reaktanzen und Winkelabweichungen zwischen der Phasenlage an den Generator- und Verbraucherklemmen und die unter Berücksichtigung der Eigenfrequenz der Leitung auftretenden Resonanzerscheinungen behandelt, bei denen Regelvorgänge und Phasenwinkelverbesserungen zunehmende Bedeutung erlangen. Es werden die wichtigsten Verhältnisse für lange und mittellange Leitungen erörtert, wobei Ergebnisse der Boulder Dam-Anlage verwertet werden. Die grundsätzlichen Zusammenhänge der Übertragungsgrößen werden an Vektordiagrammen und Schaulinien ohne mathematische Behandlung veranschaulicht, wobei auch die wichtigsten Abhängigkeiten bei Kurzschlußvorgängen Berücksichtigung finden. Die strombegrenzende Wirkung von Drosselspulen und weiteren Schutzrichtungen wird dabei besonders deutlich; insbesondere ist die Einfügung von Reaktanzen während der Zeit bestehender Störungen notwendig. Es werden die Zahlenwerte für die Spannungsellipsen und Winkel einer Kraftübertragung für verschiedene Belastungen mit 975 MW Vollast und 237 kV Phasenspannung für rd. 1300 km Übertragungsentfernung angegeben. *an.*

### Fernmeldetechnik

DK 621.396.671

**Eine Antenne für breite Frequenzbänder.** [Nach S. Zisler, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 121; 6 S., 17 B.]

Bei der drahtlosen Übertragung modulierter Hochfrequenz können Fälle auftreten, bei denen eine normale Antenne das gewünschte Frequenzband nicht mehr verzerrungsfrei ausenden und empfangen kann. Die Arbeit beschreibt eine Antennenanordnung, mit der praktisch beliebig breite Frequenzbänder einwandfrei übertragen werden können. Die verwendete Schaltung stellt einen Schwingkreis dar, der mit der Antenne durch ein in den Schwingkreis geschaltetes Antennenstück so gekoppelt ist, daß eine doppelwellige Resonanzkurve entsteht. Das Ersatzbild der Antenne ist ein Parallelschwingkreis, dessen Konstanten mit Hilfe der Leitungstheorie bestimmt werden. Unter Anwendung der Bandfiltertheorie von Feldtkeller und Tam m werden die Zusammenhänge zwischen den Bandfiltereigenschaften, den Schaltgrößen und der Kopplung zwischen Schwingkreis und Antenne gezeigt. Unter anderem werden die Bandbreite, der Formfaktor und die Unsymmetrie in einem Beispiel abhängig von der Induktivität und der Dämpfung des Schwingkreises berechnet. Eine Erörterung des Frequenzganges des Eingangswiderstandes gibt Aufschluß über die Dämpfungs- und Phasenverzerrungen, wenn die Anordnung über ein Kabel gespeist wird. Eine zum Schluß angeführte Messung bei 38,5 MHz ergab eine Dämpfungskurve mit dem Formfaktor  $F = 1,0$ , einem Klirrfaktor von etwa 0,2 und einer Bandbreite von 27 % der Trägerfrequenz. Das in den Schwingkreis geschaltete Antennenstück war dabei  $\frac{1}{15}$  der Antennenlänge. *eb.*

DK 621.315.002.54

**Bauzeug für den Linienbau in oberirdischen Fernsprechnetzen.** [Nach Ray Blain, Telephony 116 (1939) H. 15, S. 15 u. H. 17, S. 11; 8 S., 16 B.]

In den letzten Jahren sind im oberirdischen Linienbau von allen an der Herstellung beteiligten Gesellschaften der V. S. Amerika erhebliche Verbesserungen beim Bau und Neuerungen beim Bauzeug eingeführt worden. Der Verfasser gibt in seiner Arbeit eine Übersicht über diese Verbesserungen, die er durch mehrere Abbildungen erläutert. Der Bau oberirdischer Linien hat trotz der Ausbreitung des Kabelnetzes in Amerika erheblich zugenommen, so daß die Bemühungen um eine Verbesserung des oberirdischen Linienbaus wohl berechtigt waren. Durch sorgfältige Auswahl der Baustoffe für das Bauzeug hat man nicht nur eine größere Standfestigkeit der Linien erreicht, sondern gleichzeitig trotz besseren Materials auch eine Senkung der Unkosten herbeiführen können. Die alte Bezeichnungweise der Stangen mit Buchstaben für die einzelnen Typen hat man aufgegeben und dafür Zahlen 1 bis 10 eingeführt, die eindeutig die Stangenart festlegen. Zur Verwendung kommen meist hölzerne Querträger, Stützen und Versteifungsvorrichtungen, wofür ausgezeichnete Hölzer der verschiedenen Fichtenarten zur Verfügung stehen. Vorwiegend werden Isolatoren aus Glas benutzt. Auch hier hat man die Glasarten in bezug auf Haltbarkeit und Isolationsfähigkeit erheblich verbessert. Man hat auch Masten aus Stahl verwendet. Hier mußten die einzelnen Teile, die sich durch die Erschütterungen des Gestänges leicht lockern, besonders gut verbunden werden. Für den blanken Leitungsdraht wird galvanisierter Eisendraht, Hartkupferdraht und Bronzedraht verwendet. Der erstgenannte Draht eignet sich besonders gut für lange Spannweiten in ländlichen Linien. Für alle Drahtsorten ist eine pflegliche Behandlung bei der Auslegung dringend notwendig. Der Durchhang ist auf Grund der Tabellen sorgfältig zu regulieren. Bei diesen Voraussetzungen kann mit einer langen Lebensdauer gerechnet werden. Mannigfaltig sind die Arten der isolierten Freileitungen. Hier wird neben der guten Isolation (vorwiegend Gummi) große mechanische Festigkeit besonders an den Aufhängestellen und ausreichende Wetterfestigkeit verlangt. Verschiedene Lösungen der Aufgabe werden angegeben. Die Isolation der Leitungen für die Innenführung in den Gebäuden ist geringer. Die Drähte müssen hier wasser- und feuerfest sein sowie unempfindlich gegen Alkalien, die aus den Wänden austreten könnten. Sie werden in allen Farben hergestellt, um sich den Wänden anzupassen. Für die Verbindung von Drähten verschiedenen Metalls sind lötlöse Verbindungsstücke vorgesehen. Im allgemeinen vermeidet man die Verbindung von solchen Drähten aus verschiedenen Metallen. Zum Schluß schildert der Verfasser noch einige Vorrichtungen, um im Mauerwerk Anker anzubringen, die allen Anforderungen gewachsen sein sollen. *Kbr.*

DK 621.315 + 621.395.44

**Anforderungen an den Linienbau im Zusammenhang mit der Entwicklung des Trägersystems für 12 Kanäle.** [Nach L. M. Ilgenfritz, R. N. Hunter und A. L. Withman, Bell Syst. Techn. J. 18 (1939) S. 363; 25 S., 14 B.]

Bei einem neuartigen Trägersystem für Telephonie auf oberirdischen Leitungen werden die Sprechkreise von 4 auf 16 vermehrt. Diese Vermehrung wurde durch Erhöhung der Hörschwingungsfrequenz von 30 auf 140 kHz erreicht. Die Frequenzerhöhung stellte auch an den Linienbau neue Forderungen, die in der vorliegenden Arbeit erörtert werden. Die Ableitung spielt bei den mit hohen Frequenzen betriebenen Leitungen eine besondere Rolle. Schon unter normalen Witterungsverhältnissen steigt die Ableitung mit der Frequenz. Bei Eisbildung auf den Leitungen, die bei den klimatisch ungünstigen Verhältnissen vieler Gegenden Amerikas oft eintritt, kann die Ableitung erhebliche Werte erreichen. Die Untersuchungen haben ergeben, daß die Verluste durch die Ableitung bei Eisbildung hauptsächlich durch Energieverluste im Eis selbst und weniger durch die Ableitung über die Isolatoren verursacht werden. Der Sprechverkehr in allen Kanälen muß durch selbsttätige Verstärker und Ausgleichvorrichtungen sichergestellt werden. Bei Führung von Leitungen mit verschiedenen Trägersystemen sind besondere Einrichtungen notwendig, die sich auf die Benutzung der einzelnen Kanäle in bestimmten Sprechrichtungen und den Einbau von Hoch- und Tiefpasfiltern beziehen, um die Übersprechmöglichkeiten herabzusetzen. Die Frage des Übersprechens wird eingehend untersucht und an Hand von Stangenbildern die Gruppierung und Kreuzung der Leitungen dargestellt. Wenn sich die Notwendigkeit herausstellt, die oberirdische

Führung durch Kabel zu unterbrechen, so sind Kabel besonderer Bauart erforderlich. Es wurden Kabel mit besonders geringer Kapazität entwickelt, die im Aufbau den Fernseekabeln ähneln. Dieses neue Trägersystem ist seit September 1938 eingeführt. *Kbr.*

DK 621.394.64

**Empfängerrelais für die Telegraphie auf Fernkabeln.** [Nach J.-H. Estoup, Ann. Post Télégr. Téléph. 28 (1939) S. 319; 43 S., 20 B.]

Für die Telegraphie auf Fernkabeln wurde ein neues, vom Verfasser entworfenes gepoltes Telegraphenrelais eingeführt. Zunächst werden grundsätzliche, im übrigen aber jedem Fachmann längst geläufige Betrachtungen<sup>1)</sup> über die Betriebs- und Arbeitsweise der Telegraphenrelais, ferner über den Einfluß der Relais, auf die Zeichenwiedergabe und die an ein Relais zu stellenden betrieblichen Forderungen sowie über die Bedeutung der Einstellmöglichkeiten eines Relais (Kontaktschlitten, Kontakthubveränderung) angestellt. Hauptforderung bei einem guten Relais ist neben einer hinreichenden Empfindlichkeit die abstandsgetreue Zeichenwiedergabe. Sie muß so vollkommen wie möglich sein und vor allem über längere Zeiträume — vom Verfasser werden zutreffend mindestens drei Monate angegeben — erhalten bleiben. Aus dieser Hauptforderung ergibt sich natürlicherweise eine Reihe von Nebenforderungen hinsichtlich der Relaiszeitwerte (z. B. Hubzeit, Prellzeit), der mechanischen und magnetischen Stabilität, des Funkenschutzes sowie des mechanischen Schutzes (Staubschutz usw.). Dem magnetischen Aufbau des neuen Relais liegt der Differentialkreis zugrunde. Der Dauermagnet besteht aus einer Al-Ni-Fe-Legierung. Die beiden Erregerwindungen tragen 4 Haupt(arbeits)wicklungen mit einem ohmschen Widerstand von je 45  $\Omega$  und 2 Hilfswicklungen mit je 160  $\Omega$  Widerstand. Die ersteren haben bei Erregung mit Sinusstrom und Reihenschaltung eine Induktivität von 6 H. Jede Wicklung hat 625 Windungen. Die Relaisanschlüsse sind in bekannter Weise als Bananenstecker ausgeführt. Der Anker ist mittels Federn gelagert. Die Polflanken des Ankers und des Elektromagneten an den Arbeitsluftspalten sind Zylinderflächen (Ankerdrehachse und Zylinderachsen liegen parallel zueinander), so daß die Arbeitsluftspalte sehr klein gehalten werden können (0,1 mm), wodurch wiederum die Streuung verringert wird. Diese Ausführung wird vom Verfasser als eins der Hauptmerkmale des neuen Relais bezeichnet. Der Anker ist mit Federkontakten ausgerüstet, die sich jedoch nicht unmittelbar gegenseitig berühren (nach Art der Federreibungskontakte), sondern nach dem Ende hin, in Richtung der Kontakttachse, gespreizt sind und unter dem Einfluß eines kleinen, freistehenden Hammers aus Aluminium stehen, der — als Ankerverlängerung — zwischen den Federkontakten verläuft und hauptsächlich zur Dämpfung von Prellbewegungen dient. Zur Erleichterung der Neutraleinstellung ist nicht der Kontaktaufbau, sondern das Magnetsystem schwenkbar. Außerdem läßt sich die magnetische Symmetrie des Relais durch Verändern der Kopplung zwischen dem Dauermagneten und dem Weicheisenkreis mittels eines exzentrisch gelagerten Bolzens regeln bzw. prüfen. Das Relais ist durch eine Kappe mit Schubverschluß an der Stirnseite gegen Staub geschützt. Bei einem Kontakthub von 0,02 mm beträgt der statische Ansprechstrom 0,5 mA; unter gleicher Voraussetzung ergibt sich für die Hubzeit des Ankers bei einer Prüferregung von 1,4 mA (eff.) ein Wert von etwa 8% bei 25 Hz und von etwa 11% bei 100 Hz. Das neue Relais soll, nach Angabe des Verfassers, weitgehend zur Vereinheitlichung der vorhandenen Relaisarten beitragen. *Schk.*

Physik

DK 537.53

**Über eine die Glühkathodenstrahlmission begleitende Materiestrahlung.** [Nach W. Reichelt, Phys. Z. 40 (1939) S. 387; 1 S.]

Wenn ein Elektronenstrahl, der von einem reinen Wolframlühdraht ausgeht, auf eine Metallfläche fällt, nachdem er durch elektronenoptische Linsen gebündelt wurde, so zeigt sich nach Beobachtungen des Verfassers bei Erhitzen des Metalles im Vakuum, daß die vom Elektronenstrahl getroffene Stelle weniger verdampft als die übrige Metalloberfläche. Dies wird auf einen dünnen Wolframbelag zurückgeführt, der die bestrahlte Oberfläche vor dem Verdampfen schützt. Die dünne Wolframschicht auf der bestrahlten Stelle entsteht dadurch, daß die

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. VDE-Fachberichte 10 (1938) S. 180. Telegr. u. Fernspr.-Techn. 26 (1937) S. 109. CCIT-Documents 1931, 1934, 1936.

Glühkathode nicht nur Elektronen, sondern auch ionisierte Wolframatomemittiert. Es ist wahrscheinlich, daß die vom Draht verdampfenden neutralen Wolframatomemittiert werden und so durch die elektrischen Linsen ebenso beeinflusst werden wie die Elektronen. Der Effekt war besonders deutlich an Kadmiumpmetallschichten zu beobachten.

Anm. d. Ber. Derartige Materiestrahlen ausgehend von Kathoden sind nicht neu und insbesondere bei Braunschen Röhren eingehender untersucht worden. So kann man zeigen, daß die pastierten Oxydkathoden der Fernseh- oder Oszillographenröhren nicht nur Sauerstoffionen sondern auch Barium- und Bariumoxyd-Ionen emittieren. Auch hier handelt es sich um verdampfte Bestandteile der Kathode, die in der Raumladung vor der Kathode negative Ladungen aufnehmen. *Std.*

### Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.614-7

**Elektrische Untersuchungen an Splinfasern.** [Nach F. Weidmann, Kunststoffe 29 (1939) S. 133; 3 1/2 S., 4 B.]

Mit Hilfe eines elektrometrischen Brückenverfahrens wurde bei Gleichspannung der Isolationswiderstand einer Anzahl Kunstseidenproben, und zwar von Viskose-, Kupfer- und Azetatkunstseide in Abhängigkeit von der rel. Luftfeuchtigkeit ermittelt. Die Versuche haben gezeigt, daß es nicht möglich ist, eine Art spezifischen Widerstand für diese Stoffe anzugeben, da offenbar die kapillar zwischen den einzelnen Fasern gehaltenen Wasserschichten sich keiner Gesetzmäßigkeit unterordnen. Eine Umrechnung des Widerstandes auf einen Faden eines bestimmten Titers ist daher falsch. Auch die Probenform, Einzelfaden oder mehrere Fäden in Parallelschaltung, bedingt einen Unterschied im Meßergebnis, der sich ebenfalls nicht gesetzmäßig erfassen läßt. Wurden die Proben verschiedenen relativen Luftfeuchtigkeiten, ausgehend vom Waschen in destilliertem Wasser und Lagern in 80 % rel. Feuchtigkeit, ausgesetzt, so zeigen die Kurven sowohl des elektrischen Widerstandes als auch des Feuchtigkeitsgehaltes eine Hysterese, d. h. die Zeitdauer bis zur Einstellung eines Gleichgewichtes zwischen rel. Feuchtigkeit der Luft und der Fäden scheint sehr hoch zu sein. Die von Weidmann gemessenen Werte des Isolationswiderstandes ergeben bei steigenden und fallenden Feuchtigkeiten Unterschiede um etwa den Faktor 2. Der Widerstand bei 43 % rel. Feuchtigkeit sinkt um etwa zwei Größenordnungen bei Erhöhung der rel. Feuchtigkeit auf 80 %. Dies gilt für alle untersuchten Proben. Von Viskose-Kunstseidenfäden von 120 den<sup>1)</sup> verschiedener Färbung wurde die ungefärbte Probe als elektrisch am hochwertigsten festgestellt. Die Unterschiede des Isolationswiderstandes sind bei der schwarz gefärbten Probe am größten und betragen hier etwa den Faktor 2. Bei konstanter rel. Luftfeuchtigkeit von 65 % wurde schließlich der Einfluß der Temperatur auf den Isolationswiderstand der Proben untersucht. Diese Messungen wurden nur bei steigender Temperatur ausgeführt. Die Temperatur wurde in Stufen von 5° bis 50° und darüber bis 70° in Stufen von 10° gesteigert. Der Widerstand aller Proben nimmt mit der Temperatur ab. Bei Baumwolle, Viskose- und Kupferseide ist dieser Einfluß verhältnismäßig gering, bei Azetatseide und Naturseide beträgt die Änderung in dem untersuchten Temperaturbereich bereits eine Größenordnung und darüber.

*Pfj.*

DK 621.793.6 : 621.36

### Die Elektropistole

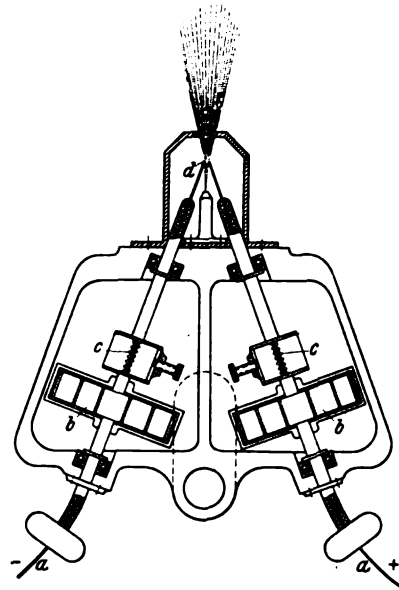
Die Bemühungen und Versuche, mit der sogenannten Metallisatorpistole zur Herstellung von Metallüberzügen den Schmelzvorgang vermittelst elektrischem Strom zu bewerkstelligen, sind vorläufig zum Abschluß gekommen.

Bei dem neuen Gerät werden zwei stromführende Drähte kurzgeschlossen (Bild 2 und 3), wobei der sich bildende Schmelztropfen mit Preßluft fein zerteilt und auf den Gegenstand geschleudert wird. An der Unterbrechungsstelle bildet sich ein kleiner Lichtbogen, der das weitere Abschmelzen der mit einer Luftturbine nachgeschobenen Drähte besorgt. Interessant ist die Tatsache, daß der kleine Lichtbogen bestehen bleibt, trotzdem auf ihn ein Preßluftstrom von 8 bis 10 atü gerichtet wird. Wie Prof. Korda feststellte, wird die Stabilität durch die beträchtliche Ionisation sowie durch die große Dichte des Metaldampfes

1) den ist der Titer in Denier.

im Innern des Lichtbogens bedingt. Auch dürfte die Tatsache mitsprechen, daß wegen des geringen Elektroden-Querschnittes (1 bis 2 mm<sup>2</sup>) der Lichtbogen nicht wandern kann.

Für die Bestrahlung von 1 m<sup>2</sup> Eisenblech mit Zink sind 2 min erforderlich und zwar bei 180 A und 50 V Gleich- oder Wechselstrom. Die Anzahl der in der Zeiteinheit erfolgenden



- a a die stromführenden Metalldrähte
- b b Luftturbine für den Drahtvorschub
- c c rotierendes Gewinde
- d d Schmelzort u. Lichtbogen

Bild 2. Querschnitt durch die Elektropistole.

Kurzschlüsse und Lichtbogen läßt sich in einfacher Weise dadurch ermitteln, daß man einen schwarzen Papierstreifen schnell durch den Strahlkegel hindurchzieht, wobei sich das aufgestrahlte Metall in gleichmäßige und rasch aufeinanderfolgende „Spritzflecken“ auflöst. Noch besser kann man den Vorgang mit dem Stroboskop beobachten.

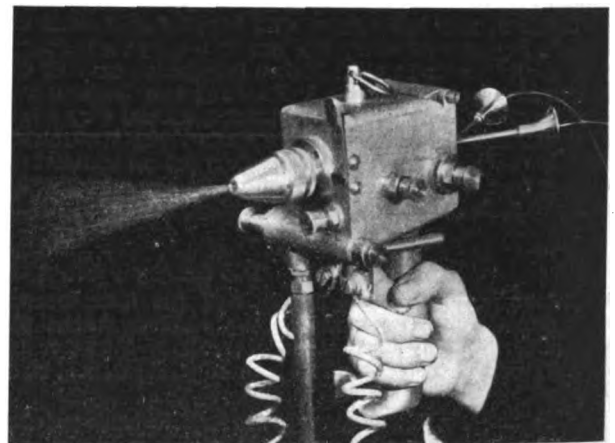


Bild 3. Elektropistole.

Die Temperatur des Lichtbogens beträgt 4000° C und darüber, es ist somit verständlich, daß die Metallteilchen des Strahlkegels eine höhere Temperatur aufweisen, als bei der Normalpistole mit Preßgas. Wird z. B. eine Glasplatte mit Aluminium metallisiert, so sind die Al-Teilchen beim Auftreffen so heiß, daß ein Einschmelzen in die Glasoberfläche erfolgt und sich ein Abtrennen des Al-Überzuges unter keinen Umständen mehr ermöglichen läßt. Als ein Nachteil des Elektroverfahrens ist zu bezeichnen, daß infolge der überaus starken Emission von ultravioletten Strahlen mit dunkler Schutzbrille gearbeitet werden muß. Ohne Beachtung dieser Schutzmaßregel treten gesundheitliche Schäden ein.

Auch die schwer schmelzbaren Metalle wie Wolfram, Molybdän, Chrom können mit der Elektropistole aufgetragen werden.

M. U. Schoop

VERSCHIEDENES

BEKANTMACHUNGEN

Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

Fachversammlung

des Fachgebiets: „Röhrentechnik“, Leiter: Dir. Dr. phil. H. Kerschbaum VDE.

Vortrag

des Herrn Dr. R. Theile, Berlin, am Donnerstag, dem 4. April 1940 um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Über Kathodenstrahlröhren in der Fernsehtechnik unter besonderer Berücksichtigung der Bildgeberröhren“

Inhaltsangabe:

- Elemente der Kathodenstrahlröhren
- Prinzip der Fernsehübertragung
- Bildwiedergaberöhren:
  1. für direkte Betrachtung des Schirmbildes
  2. für die Großprojektion von Fernsehbildern.

Bildgeberröhren:

1. Bildgeberröhren mit Leuchtschirmabbildung
2. Sondenbildgeberröhren
3. Speichernde Bildgeberröhren mit Mosaikphotoschicht
4. Speichernde Bildgeberröhren mit Bildwandler
5. Bildgeberröhren mit innerem lichtelektrischen Effekt
6. Bildvorlagengeberöhren und Elektronenabtaster.

Eintritt und Kleiderablage frei.

Fachversammlung

des Fachgebiets: „Elektrizitätswerke und Unterwerke“, Leiter: Dir. Dr.-Ing. E. Krohne VDE.

Vortrag

des Herrn Dir. Dr.-Ing. H. Freiburger VDE, Frankfurt/Main, am Dienstag, dem 9. April 1940 um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Lichtbogenwanderung in Schaltanlagen“

Eintritt und Kleiderablage frei.

Gemeinschaftsveranstaltung

des Vereins Deutscher Bergleute Bezirk Berlin, der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft Bezirk Berlin und des VDE Bezirk Berlin am Donnerstag, dem 11. April 1940, 17<sup>30</sup>, Saal EB 301 der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorträge über das Thema:

„Licht und Leistung im Bergbau“

Es sprechen die Herren: Dipl.-Ing. L. Schneider DLTG, VDE, Berlin, über:

„Die lichttechnischen Bedingungen im Bergbau“ und Dr.-Ing. H. Bohnhoff VDE, Berlin, über:

„Der heutige Stand der Beleuchtungstechnischen Anlagen im Bergbau über und unter Tage“  
Eintritt und Kleiderablage frei.

Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE

2. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

Vortragsreihe: „Bremsen“. „Gleich- und Wechselstrom-Nutzbremsen“

Vortragender: Prof. Dr.-Ing. P. Müller VDE.

VDE Bezirk Berlin vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer

Burghoff

Sitzungskalender

**VDE Bezirk Ostpreußen, Königsberg.** 1. 4. (Mo), Inst. f. Experimentalphys.: „Die neuere Entwicklung der Freileitungsisolatoren unter bes. Berücks. des Lichtbogenschutzes“. Dr.-Ing. F. Obenaus VDE.

**VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz.** 29. 3. (Fr), 18<sup>00</sup>, Staatl. Akademie für Technik: „Schallplattenaufnahmen großer Ereignisse“ (m. Vorführ.). Prof. Dr. Bangert VDE.

**Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien.** 3. 4. (Mi), 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Gleislose elektrische Fahrzeuge“. Dipl.-Ing. V. Horwatsch (m. Lichtb.).



Staatliches Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem

Unter den Eichen 87. Fernsprecher: 76 27 51

Bekanntmachung über typisierte und überwachte Preßstoffe

(Schluß von Seite 304)

Firma	Firmen- Kennzeichen i. Überwach- zeichen	Typ												
		11	12	M	0	S	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K	
Richard Rinker G. m. b. H., Menden (Krs. Iserlohn)	X0	—	—	—	—	Isoller- preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	32	Hares F1	Hares F2	Ralo- text	—	Hares S	Hares L1	Hares L2	Hares L3	Deuroh- lit Z1	Deuroh- lit Z2	Deuroh- lit Z3	Resopal	
Hermann Ros, Coburg	66	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
G. Rövenstrunk & Co., Elspe bei Brügge i. Westf.	X4	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Georg Rüger & Co., vorm. Elektra G. m. b. H., Elektrotechnische Fabrik, Essen-Heidhausen	3U	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Adolf Ruoff, Kunststoff-Presswerk, Radevormwald (Rhld.)	Y8	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Elektro-, Glimmer- und Preßwerke Scherb & Schwer K.-G. vorm. Jaroslaw, Berlin-Weißensee	T6	Jaro- plast 11	Jaro- plast 12	Jaro- plast M	Jaro- plast 0	Jaro- plast S	—	Jaro- plast T2	Jaro- plast T3	—	—	Jaro- plast Z3	—	
Schieck-Instrumente Wilhelm Wolkersdorf, Berlin SO 16	1E	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Schmachtenberg & Türck, Sollingen-Wald	Y5	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—	
Holnrich Schmidberger, Wien XVI.	Z7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Preß- stoff Typ Z2	

Firma	Firmen- kennzeichen i. Überwach- zeichen	Typ											
		11	12	M	0	S	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K
Schmidt & Co. K. G. Metallwaren- fabrik, Schwelm i. Westf.	3E	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	Preß- stoff Typ Z2	—	—
Schriever & Co., Kunststoffpresserei, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	2W	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Ludwig Schröder, Schalksmühle i. Westf.	U9	—	—	—	—	Bonallit	—	—	—	—	—	—	—
Ferdinand Schuchhardt, Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk, Aktiengesellschaft, Berlin SO 16	Y1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
F. F. A. Schulze, Metallwarenfabrik, Berlin N 54	1H	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Max Schulze, Meißen i. Sa.	F5	—	—	—	—	Schullit S	—	—	—	—	—	—	—
Fabrik isolierter Drähte u. Schnüre, Schulze, Schneider & Dort G. m. b. H., Schönow, Post Bernau bei Berlin	H9	Preß- stoff Typ 11	Preß- stoff Typ 12	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	—
Seckelmann & Co., Lüdenscheid i. Westf.	59	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Karl Friedr. Selter K.-G., Bollwerk i. Westf., Post Oberbrügge	0X	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Ernst Albert Senf, Kunstharz- presserei, Bautzen i. Sa.	W7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Sieling, Metallwaren-Fabrik und Kunstharz-Presswerk, Lüden- scheid i. Westf.	3L	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Siemens-Schuckertwerke Aktien- gesellschaft, Abteilung Isolierstoffe (SK 4), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	Eshalit Typ 11	Eshalit Typ 12	Eshalit Typ M	Eshalit Typ 0	Eshalit Typ S	Eshalit Typ T1	Eshalit Typ T2	Eshalit Typ T3	Eshalit Typ Z1	Eshalit Typ Z2	Eshalit Typ Z3	Eshalit Typ K
Siemens-Schuckertwerke Aktien- gesellschaft, Wiener Maschinen- und Apparate-Werke, Wien 20	M2	—	—	—	—	Eshalit Typ S	—	—	—	—	—	—	Eshalit Typ K
Wilhelm Sihm Jr., Niefern i. Baden	U7	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Singer Nähmaschinen Aktiengesell- schaft, Fabrik Wittenberge, Wittenberge, Bez. Potsdam	1F	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Spindler, Betr.-Kom.-Ges., Köppelsdorf i. Thür.	E7	Preß- stoff Typ 11	Preß- stoff Typ 12	Preß- stoff Typ M	Preß- stoff Typ 0	Preßstoff Typ S	Preß- stoff Typ T1	Preß- stoff Typ T2	—	Preß- stoff Typ Z1	Preß- stoff Typ Z2	Preß- stoff Typ Z3	Preßstoff Typ K
Starkstrom-Apparatebau G. m. b. H., Berlin SO 36; Presserei: Zweigwerk Buschullersdorf bei Reichenberg (Reichsgau Sudetenland)	2T	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Franz Stauch, Presswerk, Unter- rodach i. Ofr.	F2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Kurt Steidel, Berlin N 65	86	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
W. Stiefeling, Berlin SO 36	X1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preß- stoff Typ T2	—	—	—	—	—
Elektrotechnische Metallwarenfabrik Storch & Stehmann G. m. b. H., Buhla i. Thür.	M8	—	Preß- stoff Typ 12	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Strauss & Co., Schmölln i. Thür., Abteilung Kunstharzpresserei, Auma i. Thür.	W5	—	—	Preß- stoff Typ M	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Süddeutsche Isolatoren-Werke G. m. b. H., Freiburg im Breisgau	25	—	Preß- stoff Typ 12	Preß- stoff Typ M	—	Preßstoff Typ S	Preß- stoff Typ T1	Preß- stoff Typ T2	—	—	Preß- stoff Typ Z2	—	—
Röhrenwerk Johannes Surmann G. m. b. H., Arnshausen i. Westf.	2Z	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Sursum Elektr.-Gesellschaft Leyhausen & Co., Nürnberg-N	N1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Paul Telch, Berlin O 17	82	—	—	—	—	Teasit S	Teasit T1	Teasit T2	—	—	—	—	—
Telefonbau und Normalzeit G. m. b. H., Frankfurt a. Main 17	3N	—	—	—	—	—	Preß- stoff Typ T1	—	—	—	—	—	—
Thega-Kontakt G. m. b. H., Berlin SW 65	94	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Thiel & Schuchardt, Metallwaren- fabrik Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Buhla i. Thür.	13	—	Tundes 12	—	—	Tundes S	Tundes T1	—	—	—	—	—	—
Bernhard Thormann, Berlin C 2	90	—	—	—	—	Thor- malan S	—	—	—	—	—	—	—
Trolltan-Presswerk, Weiskirchen (Bez. Trier)	Z3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Helm. Ubricht's Wwe. Ges. m. b. H., Kaufing b. Schwandenstadt, Ober- donau	3X	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwachungszeichen	Typ											
		11	12	M	0	S	T1	T2	T3	Z1	Z2	Z3	K
Karl Unger & Sohn, Metall- und Kunstharz-Presswerk, Gablonz a. Neiße (Reichsgau Sudetenland)	1Z	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Gebr. Wedder K.-G., Schalkmühle i. Westf.	84	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Vereinigte Isolatorenwerke Aktiengesellschaft (Viacowwerke), Berlin-Pankow	31	—	Am-broin 12	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—
Vereinigte Telefon- & Telegrafenerwerke Aktien-Gesellschaft, Wien, 20	0U	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—
Max Volkenrath, Ing., Wipperfürth (Rhld.)	X2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Volkenrath & Co., Schwenke i. Westf.	A3	—	Preßstoff Typ 12	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	Preßstoff Typ Z1	—	—	Preßstoff Typ K
Gebr. Vollmerhaus, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	50	—	—	—	—	Vollmerit S	—	—	—	Vollmerit Z1	—	—	Vollmerit K
Vossloh-Werke G. m. b. H., Werdohl i. Westf.	E2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	Preßstoff Typ K
Wacker & Doerr, Niederramstadt bei Darmstadt	62	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Carl Walther, Waffenfabrik, Zella-Mehlis i. Thür.	V7	—	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—
Heinrich Wänder, Gablonz a. Neiße (Reichsgau Sudetenland)	2L	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Karl Wegner, Berlin SW 29	T3	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T1	—	—	—	—	—	—
Weisse & Co., Gräfenenthal i. Thür.	V0	—	—	—	—	Welpalit	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Wellborn & Wernicke, Berlin SO 16	0A	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—
„Welt“ Gesellschaft Pless & Co., Kunstharz-Presswerk und Fabrik elektrotechnischer Installationsartikel, Wien, V.	3V	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
L. Adolf Werneburg, Sürth bei Köln	1L	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—
Westdeutsche Metallindustrie Wilhelm Kötter, Unna i. Westf.	T0	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Wester, Ebbinghaus & Co., Hanau a. Main	F9	—	—	—	—	Wecollt Typ S	—	—	—	—	—	—	Wecollt Typ K
Westfälische Metallwaren-Fabrik Christophery G. m. b. H., Iserlohn	2V	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	Preßstoff Typ T1	Preßstoff Typ T2	—	—	—	—	—
Bruno Wetzstein, Plauen i. Vogtl.	Z2	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Casp. Arn. Winkhaus, Carthausen i. Westf.	H1	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	Preßstoff Typ Z2	—	—	Preßstoff Typ K
Erich Wippermann, Halver i. Westf.	46	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—
Wirth & Schirp, Presswerk, Rodt-Müllenbach über Marienheide (Bez. Köln)	3W	—	—	—	—	—	Preßstoff Typ T1	—	—	—	—	—	—
Wolf & Co., Abt. Pressmaterial, Walsrode	33	Preßstoff Typ 11	Preßstoff Typ 12	Preßstoff Typ M	—	Preßstoff Typ S	—	Preßstoff Typ T2	—	Preßstoff Typ Z1	—	—	Preßstoff Typ K
Alois Zettler, Elektrot. Fabrik G. m. b. H., München 5	U3	—	—	—	—	Zeton S	—	Zeton T2	—	—	—	—	Zeton K
F. G. Zieger, Rosswein i. Sa.	0W	—	—	—	—	Preßstoff Typ S	—	—	—	—	—	—	—

Tafel II

Firma	Firmen-Kennzeichen i. Überwachungszeichen	Typ									
		6	7	8	A	2	3	4	Y	X	
Gebrüder Adt Aktiengesellschaft, Wäntersbach H.-N.	36	—	—	—	—	—	—	Australit R. Australit F	—	—	—
Agallwerk Milspe, Kattwinkel & Co., Milspe i. Westf.	T8	—	Preßstoff Typ 7	—	—	—	—	Agalit	—	—	—
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fabriken Hennigsdorf, Hennigsdorf (Osthavelland)	38	—	Tenacit Typ 7	Tenacit Typ 8	Tenacit Typ A	Tenacit Typ 2	Tenacit Typ 3	Tenacit Typ 4	Tenacit Typ Y	Tenacit Typ X	
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fabriken Annaberg, Annaberg i. Erzgeb. Presswerk Scheibenberg i. Erzgeb.	38A	—	„	„	„	„	„	„	„	„	

Firma	Firmen-Kennzeichen i. U. überwach.-zeichen	Typ									
		6	7	8	A	2	3	4	Y	X	
Bisterfeld & Stolting, Inhaber: Ernst Bisterfeld, Badevormwald (Rhld.)	70	—	Werkstoff Typ 7	Werkstoff Typ 8	—	—	—	—	—	—	—
Deutsche Legrit-Ges. m. b. H., Berlin O 17	A4	—	—	—	Legrit A	—	—	—	—	—	—
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid- und Kunststoff-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	43	—	—	—	Trolit W	—	—	—	—	—	—
„Feba“ Fabr. elektr. Bedarfsartikel Stückrath K.-G., Berlin-Köpenick	U1	—	—	—	Spritzstoff Typ A	—	—	—	—	—	—
Christian Geyer, Nürnberg-8	83	—	Norit 7	Norit 8	—	Norit 2	—	—	—	—	—
Hellowatt-Werke, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Berlin-Charlottenburg 4	35	—	Hellowatt 7	Hellowatt 8	—	Hellowatt 2	—	—	—	—	—
Isola Werke A.G., Birkesdorf-Düren (Rhld.)	40	—	—	—	—	Fermit Typ 2	—	—	—	—	Fermit Typ X
Signalapparatefabrik Julius Krücker Aktiengesellschaft, Berlin SW 61	V8	—	—	—	Spritzstoff Typ A	—	—	—	—	—	—
H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	32	—	Hellosit spezial	Hellosit	—	Resistan	—	—	—	—	Resistan E
Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Abteilung Isolierstoffe (SK 4), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	—	Eshalit Typ 7	Zeterit C	Eshalit Typ A	Eshalit Typ 2	—	Eshalit Typ 4	—	—	Eshalit Typ X
Kurt Steidel, Berlin N 65	86	—	Preßstoff Typ 7	—	—	—	—	—	—	—	—
Süddeutsche Isolatoren-Werke G. m. b. H., Freilburg im Breisgau	25	—	Ricolit Typ 7	Ricolit Typ 8	—	Ricolit Typ 2	—	—	—	—	—
Vereinigte Isolatorenwerke Aktiengesellschaft (Viacowerke), Berlin-Pankow	31	Ambroin 6	Ambroin 7	Ambroin 8	—	Margollt 2	—	—	—	—	—

Tafel III

Firma	Firmen-Kennzeichen i. U. überwach.-zeichen	Typ				Firma	Firmen-Kennzeichen i. U. überwach.-zeichen	Typ			
		0*	S*	K*	A*			0*	S*	K*	A*
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fabriken Hennigsdorf, Hennigsdorf (Osthavelland)	38.	—	Tenacit Typ 8*	—	Tenacit Typ A*	Meirowsky & Co. Aktiengesellschaft, Pors a. Rhein	L4	—	Pertinit 8*	—	—
Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Fabriken Annaberg, Annaberg i. Erzgeb. Presswerk Schelbenberg i. Erzgeb.	38A	—	—	—	—	Radio H. Mende & Co., Abt. Presswerk „Mendelith“, Dresden-N. 15	56	—	Mendelith 8*	—	—
Apparatebauanstalt Schneider & Co., Bredlau-Gr. Ohlewiesen	U4	—	Escolith 8*	—	—	Gebrüder Merten, Gummersbach (Rhld.)	24	—	Preßstoff Typ 8*	—	—
Sachmann & Leichsenring, Berlin-Neukölln	V4	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	Mix & Genest Aktiengesellschaft, Berlin-Schöneberg	68	—	Mixit 8*	—	—
Bezet-Werk Hermann Buchholz, Molsen (Krs. Teltow)	76	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	Otto Mettelbeck, Berlin O 17	V2	Preßstoff Typ 0*	—	—	—
Bisterfeld & Stolting, Inhaber: Ernst Bisterfeld, Badevormwald (Rhld.)	70	—	Werkstoff Typ 8*	—	—	New-York Hamburger Gummi-Waaren Compagnie, Hamburg 33	21	—	Formollt Typ 8*	—	—
Dralowid-Werk der Steatit-Magnesia-Aktiengesellschaft, Teltow bei Berlin	W3	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	Presstoffwerk Nürnberg, Gebrüder Klein, Nürnberg-O	V9	—	Preßstoff Typ 8*	—	—
Dynamit-Actien-Gesellschaft vormals Alfred Nobel & Co., Abteilung Celluloid- und Kunststoff-Fabrik, Werk Troisdorf (Bez. Köln); Verkauf durch Venditor, Kunststoff-Verkaufsges. m. b. H., Troisdorf (Bez. Köln)	43	—	Trolitan SD*	Pollapas	Trolit W	Presstoffwerk Schöppenstedt, Paul Schnake, Schöppenstedt	81	—	Preßstoff Typ 8*	—	—
Ernst Gomolka, Zehdenick (Mark)	X8	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	Wilhelm Quante, Spezialfabrik für Apparate der Fernmeldetechnik, Inhaber: Hermann Quante, Wuppertal-Elberfeld	73	—	Wecullit 8*	—	—
Julius Karl Görler, Transformatorfabrik, Berlin-Charlottenburg 1	X6	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	H. Römmler Aktiengesellschaft, Spremberg (Nd.-Lausitz)	32	—	Hares 8*	—	—
Kunsthars-Presswerk der Manf., Jute- u. Textil-Industrie A.G., Wien I.	0L	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	Ferdinand Schuchhardt, Berliner Fernsprech- und Telegraphenwerk, Aktiengesellschaft, Berlin SO 16	Y1	—	Preßstoff Typ 8*	—	—
Signalapparatefabrik Julius Krücker Aktiengesellschaft, Berlin SW 61	V8	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft, Abteilung Isolierstoffe (SK 4), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	Eshalit Typ 0*	Eshalit Typ 8*	—	—
Krone & Co., Berlin-Baumschulengeweg	L6	—	Preßstoff Typ 8*	—	—	Heinrich Wander, Gablonz a. Neiße (Reichsgau Sudetenland)	2L	—	Preßstoff Typ 8*	—	—
						„Wellit“ Gesellschaft Pless & Co., Kunsthars-Presswerk und Fabrik elektrotechnischer Installationsartikel, Wien, V.	3V	—	Preßstoff Typ 8*	—	—

Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes

Prof. Dr. G. Brion VDE, Freiburg i. S., Herzog-Heinrich-Str. 1.  
 Prof. Dipl.-Ing. E. Winkel, Wien 65, Blindengasse 7/33.  
 Dr.-Ing. h. c. M. U. Schoop, Zürich 5, Hardturmstr. 78.

Abschluß des Heftes: 21. März 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
 G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
 H. Hase VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 4. April 1940

Heft 14

## An die deutschen Ingenieure

Das gesamte deutsche Volk wird in einmaliger Geschlossenheit am Geburtstage seines Führers diesem Dank und Vertrauen zum Ausdruck bringen. Technik und Wirtschaft werden es sich nicht nehmen lassen, in diesem edlen Wettstreit an der Spitze zu marschieren. Ich habe deshalb im Anschluß an den Appell des Generalfeldmarschalls Ministerpräsident Hermann Göring an die Führer der deutschen Betriebe den Ruf gerichtet, durch restlose Erfassung der in den Fabriken und Werkstätten vorhandenen freien Metallmengen zum Gelingen dieses Werkes beizutragen.

Du, deutscher Ingenieur, bist in erster Linie Träger dieser so bedeutsamen Aktion. Dein Ehrgeiz muß es sein, über bereits eingeleitete Maßnahmen hinaus auch die letzte Möglichkeit zu erschöpfen, die dazu beitragen kann, unsere Rohstoffgrundlage zu stärken. In Fabriken, Werkstätten, Hallen und Plätzen, draußen in den Versorgungsnetzen, auf den Strecken oder unter Tage, kurz an allen Stätten, an denen der Pulsschlag der Technik geht, sind noch große Mengen wertvoller Metalle auffindbar. Diese so schnell wie möglich vollständig zu erfassen, soll der Beitrag des deutschen Ingenieurs zum Geburtstagsgeschenk des Führers sein. Ich erwarte von jedem deutschen Ingenieur, daß er in engster Zusammenarbeit mit seinem Betriebsführer sich voll und ganz einsetzt. Wir deutschen Ingenieure wollen erneut unter Beweis stellen, daß wir selbstlos und einmütig in bewährter Kameradschaft Großes zu leisten vermögen. Wir haben bisher dem Führer mit Herz und Hand geholfen, „neue“ Stoffe zu schaffen, heute wollen wir helfen, die entbehrlichen „alten“ ihm zu schenken.



## Zur Metallspende des deutschen Volkes

Ministerpräsident Generalfeldmarschall Göring hat das deutsche Volk zu einer freiwilligen Metallspende aufgerufen, die den Dank der Nation zum Geburtstag des Führers am 20. April zum Ausdruck bringen soll. Durch die Sammlung kriegswichtiger Metalle wird eine Reserve geschaffen, die der wirtschaftlichen Rüstung eine erhebliche Stärkung bringt, den Blockadeversuchen des Feindes aber die passende Antwort erteilt.

Zu diesem Werk findet sich die ganze Nation in nationalsozialistischer Opfergemeinschaft zusammen: Mil-

lionen deutscher Haushaltungen stellen freudigen Herzens überflüssige Metallgegenstände zur Verfügung, die Betriebe, die Stätten deutscher Arbeit, werden nicht zurückstehen, sondern auch hier in vorderster Front kämpfen. An alle Fabriken und Büros ergeht deshalb die Aufforderung, nach besten Kräften zu dem Erfolg der Sammlung beizutragen.

Die Metallspende stellt eine vorsorgliche Maßnahme dar, die zusätzlich zu der schon eingelaufenen Vorratswirtschaft Deutschlands Unabhängigkeit von Einfuhren



sichern soll. Es handelt sich nicht etwa um eine von der Not diktierte Maßnahme, die jedes erreichbare Metallteil einschmelzen will, sondern der Metallspende sollen nur wirklich entbehrliche Gegenstände zugeführt werden, die für den einzelnen nutzlos sind, als zusammengefaßte Reserven aber größten Wert erhalten. Die Sammlung wird daher in erster Linie die Verwaltungsgebäude mit ihren Büros, Sitzungs- und Direktionszimmern und Empfangsräumen sowie die Kantinen und Aufenthaltsräume der Gefolgschaft betreffen. In Werkstätten und Lagern sind überflüssige Metallgegenstände durch die übliche Altstoffverwertung schon erfaßt. Sollten dennoch entbehrliche metallische Gegenstände vorhanden sein, so sind sie ebenfalls zur Verfügung zu stellen.

Die Sammlung soll nur kriegswichtige Metalle erfassen, die aus dem Ausland bezogen werden. Es sind daher nur die Sparstoffe

Kupfer, Zinn, Blei, Nickel  
und ihre Legierungen

der Metallspende zuzuleiten. Nicht erwünscht sind die Edelmetalle Silber und Gold und die Heimstoffe Eisen, Zink, Aluminium und Magnesium.

Für die Metallsammlung ist es wichtig, die vier Metalle genau voneinander zu trennen; wenn möglich sind auch reines Kupfer und die Kupfer-Legierungen getrennt zu halten. Zu den wichtigsten Kupfer-Legierungen gehören Messing, Tombak, Rotguß, Bronze und Neusilber. Die Neusilber-Legierungen sind vielfach unter dem Handelsnamen Alpaka, Argentan, Nickel in und China-Silber bekannt. Wichtige Legierungen sind ferner das Britannia-Metall, das hauptsächlich Zinn enthält, das Lettern-Metall mit Blei und das Monel-Metall mit Nickel als Hauptbestandteil. Alle Gegenstände, die hauptsächlich aus den erwähnten Metallen und Legierungen bestehen, sind der Sammlung zuzuführen. Vor der Ablieferung müssen jedoch Bestandteile aus anderen Stoffen, wie Holz, Glas und Preßstoff, entfernt werden. Bei Plattierungen und galvanischen Überzügen, wie Vernickelungen, Verzinnungen und Verkupferungen, ist die Menge des aufgetragenen Metalls so gering, daß seine Wiedergewinnung bei der Metallsammlung nicht lohnt. Weißblech, also zinnplattiertes Eisenblech, sowie vernickeltes Gußeisen kommen für die Metallsammlung daher nicht in Frage. Gehört jedoch das Grundmetall, auf das der Überzug aufgebracht ist, zu den sammelfähigen Sparmetallen oder Legierungen, so sind auch plattierte Gegenstände für die Sammlung erwünscht.

Bei vielen Gegenständen wird es nicht ohne weiteres möglich sein, die Vollwertigkeit für die Metallsammlung zu entscheiden. In allen Zweifelsfällen ist der Gegenstand ruhig zur Aufnahmestelle zu bringen und die letzte Entscheidung den Fachleuten zu überlassen. Zink wird häufig vom Zinn schwer zu unterscheiden sein. Auch wird Zink oft bräunlich gefärbt und kann dann leicht mit Bronze verwechselt werden. Ebenfalls liegt es nahe, Stanniol-Folien, das sogenannte Silberpapier, mit Aluminium-Folien zu verwechseln, die ebenfalls für Verpackungszwecke verwendet werden. In der Regel wird es sich aber bei dünnen Folien um Aluminium handeln, weil Zinn für diese Zwecke in den letzten Jahren kaum noch verfügbar war.

Wenn auch Gegenstände aus Edelmetall, aus den Leichtmetallen und aus Zink und Eisen nicht für die Sammlung geeignet sind, so ist es doch ratsam, bei Gelegenheit dieser Sammlung gleichzeitig Altmaterial und entbehrliche Gegenstände aus diesen Metallen getrennt zu erfassen und dem Altmetall- oder Schrotthandel zuzuführen.

Der Sammlung sollen alle entbehrlichen und überflüssigen Gebrauchs- und Ausstattungsgegenstände unterliegen. Entbehrlich sind solche Gegenstände, deren Entfernung die Leistungsfähigkeit des Betriebes nicht beeinträchtigt. Überflüssig sind vor allem unbrauchbar gewordene Gegenstände und Geräte. Es ist selbstverständlich, daß vorhandene Lager- oder Warenbestände nicht angegriffen werden dürfen. Bereitstellen sind vielmehr alle Ausstattungsgegenstände sowie entbehrliche Hilfsmittel für büro- und verwaltungsmäßige Tätigkeit, also einerseits alle losen Gegenstände, wie Aschenbecher, Tischaufsätze, Zierstücke, Wandschmuck, Kannen, Tablets, Trinkgeräte, Flaschenkapseln, Medaillen, Schlüssel und Taschenmesser, andererseits alle Gegenstände, die ohne Inanspruchnahme von Fachleuten ausgebaut werden können und nicht ersetzt zu werden brauchen, wie Türschilder, Beschläge, Haken, Konsolen, Gitter, Geländer, Figuren, Wappen, Reliefs, Verkleidungen, Wand- und Türplatten.

Auch solche Gegenstände sind der Sammlung zuzuführen, die zwar unter Inanspruchnahme des Handwerks ausgebaut werden müssen, für die aber kein Ersatz notwendig ist. Hierbei ist jedoch genau zu überlegen, ob diese Gegenstände tatsächlich entbehrlich sind. Denn keinesfalls soll durch die Sammelaktion eine Schädigung der Fabrikation eintreten. Beim Ausbau solcher Gegenstände muß auch überlegt werden, ob die Arbeitszeit der Gefolgschaftsmitglieder in Anspruch genommen werden muß oder ob es nicht möglich ist, durch freiwillige Leistung am Sonntag Vormittag oder nach der normalen Arbeitszeit den Ausbau vorzunehmen.

Bei der hohen Schätzung, der sich Kunstgewerbe und Kunstschöpfungen im Dritten Reich erfreuen, bedarf es keines besonderen Hinweises, daß Gegenstände von hohem künstlerischen oder historischen Wert, gleichgültig aus welchen Werkstoffen sie bestehen, niemals Notmaßnahmen zum Opfer fallen sollen. Infolgedessen sind auch solche Gegenstände von dieser Sammlung ausgeschlossen.

In jedem Betrieb ist der Betriebsführer für die Sammlung verantwortlich; der Betriebsobmann und der Schrottkommissar unterstützen den Betriebsführer bei der Durchführung. Die Sammlung wird in der Zeit vom 26. März bis 20. April 1940 abgehalten.

Die gesammelten Gegenstände sind in den von den Gemeinden bezeichneten Sammelstellen abzuliefern. Dabei ist aber besonders darauf hinzuweisen, daß sie durch einen gewerblichen Betrieb erfolgt und in die Liste B der Sammelstelle einzutragen ist. Bei Gegenständen, die nur unter Mithilfe des Handwerks oder durch freiwilligen Einsatz der Gefolgschaftsmitglieder ausgebaut werden können, ist für den Ausbau häufig längere Zeit erforderlich. Solche Gegenstände können auch nach dem 20. April 1940 noch den Sammelstellen zugeleitet werden.

Georg Goldbach

## Die Eigenschwingungen der einstufigen Stoßanlage

Von Fr. Lehmann VDE, Berlin

DK 621.313.12.015.33

**Übersicht.** Für die einstufige Stoßanlage wird das Ersatzbild abgeleitet und die aus diesem Ersatzbild sich ergebenden Schwingungsformen für Leerlauf und verschiedene Belastungsfälle mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen nachgewiesen.

### Einleitung

Für Wanderwellenversuche hat sich eine Stoßschaltung (Bild 1 a) bewährt, die schon Toepler<sup>1)</sup> für seine Funkenuntersuchungen benutzt hat. Ihrer Vorteile wegen wurde sie auch vom Verfasser für Untersuchungen über die Stoßdurchschlagfestigkeit von Isolierstoffen<sup>2)</sup> im Institut für Hochspannungstechnik der Technischen Hochschule Dresden angewandt. Wie das Oszillogramm zeigte, traten jedoch an dem unmittelbar an die Stoßanlage angeschlossenen Prüfling Schwingungen auf, deren Ursache geklärt werden sollte. Die bisherigen Arbeiten über die Schwingungen einstufiger Stoßanlagen<sup>3)</sup> behandeln vorwiegend die Anlage im Zusammenhang mit einer angeschlossenen Wanderwellenleitung. Erst der Kathodenstrahl-Oszillograph ermöglichte eine weitergehende Untersuchung der Stoßanlagenschwingung, weil er im Gegensatz zu einer angeschlossenen Wanderwellenleitung den Vorgang selbst kaum beeinflusst.

Bei der theoretischen Betrachtung der Stoßanlagen kann im wesentlichen auf den Ergebnissen der Arbeiten von Krug aufgebaut werden, der davon ausgeht, daß die Kondensatoren der Stoßanlage eine räumliche Ausdehnung besitzen. Zur Erklärung der Schwingungen führt Krug den Begriff der „Querkapazität“ zwischen den Stoßkondensatoren ein. Die räumliche Ausdehnung der Anlage wird durch eine Ersatz-Selbstinduktion berücksichtigt. Aus den als konzentriert gedachten Werten der Querkapazität und der Selbstinduktion wird die Eigenschwingung der Stoßanlage berechnet. Harald Müller faßt die „Querkapazität“ bereits als eine kurze Wanderwellenleitung auf, betrachtet aber die Stoßkapazität noch als konzentriert. Er weist darauf hin, daß theoretisch auf der Wanderwellenleitung eine stark gedämpfte Schwingung vierfacher Kondensatorenlänge auftreten müßte. Die Ausdehnung der Kondensatoren, die Größe ihrer wirklichen Beläge und die Abmessung der Induktivität bildenden Schleife liegen aber in der Größenordnung der Eigenschwingungswellenlängen, so daß es nicht mehr zulässig ist, mit konzentrierten Werten zu rechnen.

### I. Aufstellung des Ersatzbildes

Auf Grund von Versuchen und Ueberlegungen werden nachstehend die Eigenschwingungen als Wanderwellenvorgänge erklärt, die die beobachteten Erscheinungen völlig begründen. Das Ersatzbild der Stoßanlage ist in Bild 1 a gezeichnet. Die Kondensatoren sind als konzentrische in Hartpapier eingebettete Zylinder dargestellt und liegen parallel nebeneinander.

Außer den Kapazitäten  $C_I$  und  $C_{II}$  der beiden Kondensatoren selbst ist auch die „Querkapazität“  $C_q$  zwischen den Außenbelägen der Kondensatoren vorhanden. Unter

Annahme konzentrierter Kapazitäten kann die Anordnung durch das Ersatzbild 1 b dargestellt werden. Durch den Symmetriewiderstand  $R_s$  verteilt sich die Ladegleichspannung auf beide Kondensatoren  $C_I$  und  $C_{II}$ ; die Querkapazität  $C_q$  bleibt ungeladen und auf Erdpotential. Vom Augenblick des Ansprechens der Zündfunkenstrecke an kann  $R_s$  wegen seines nach Megohm zählenden Widerstandes außer Betrachtung gelassen werden. Bricht die Spannung an der Funkenstrecke zusammen, so muß, damit die Summe aller Spannungen in dem Kreis Null bleibt, die Querkapazität — im stationären Zustande — auf die volle Spannung der Funkenstrecke vor dem Ansprechen kommen. Dieser Vorgang zerfällt in zwei Teile:

1. muß der Querkapazität eine Ladung zum Aufbau ihres Feldes zugeführt werden,
2. muß diese dazu notwendige Ladung den Kondensatoren über die Funkenstrecke entnommen werden.

Da die Kondensatoren  $I$  und  $II$  gegenüber der Querkapazität groß sind, ist ihr Spannungsabfall durch die Entnahme der Ladung für das Querfeld gering. Bei der endlichen Ausdehnung der Kondensatoren erfolgt die Aufladung der Querkapazität jedoch nicht plötzlich, sondern schreitet als Wanderwelle — im Bild 1 a von links nach rechts — fort. Am Ende, d. h. an den Klemmen der Stoßanlage, reflektiert die Spannung auf den doppelten Wert, läuft bis zum linken Ende der Außenbeläge zurück, wo von den Kondensatoren wieder die dort herrschende Spannung, d. i. etwa der einfache Spannungswert, aufgezwungen wird, so daß eine Entladewelle in das Querfeld einzieht usw.

Die Entladung der Kondensatoren zum Aufbau des Querfeldes kann ebenfalls nur durch eine Wanderwelle erfolgen, deren Amplitude im Vergleich zur Gesamtspannung klein ist. Auch diese Welle schreitet zuerst von der Funkenstrecke aus von links nach rechts in die Kondensatoren hinein.

In dem Ersatzbild 1 a ist noch der der Stoß- und der Querkapazität gemeinsame Kondensatorbelag zusammengefaßt. Da beide Wanderwellenvorgänge sowohl für die Kondensatoren als auch für die Querkapazität von den Punkten  $P$  der gemeinsamen Beläge ausgehen, können wir die Kondensatoren um  $180^\circ$  um diese Punkte gedreht zeichnen, so daß jetzt beide Kapazitäten getrennte Beläge haben, ohne daß an dem Vorgang selbst sich etwas ändert. Die erste Entladewelle zieht von  $P$  aus nach links in die Kondensatoren, die erste Ladewelle nach rechts in die Querkapazität.

Die Stoßanlage wird demnach durch eine Leitung dargestellt, die von zwei anderen mit kleinerem Wellenwiderstand, an die sie angeschlossen ist, aufgeladen wird (Bild 1 c und d). Die zwei Leitungen können aber auch, wie in Bild 1 e, in einer Leitung zusammengefaßt werden. Am Knotenpunkt geht der Ladungsausgleich über die Funkenstrecke vor sich. Die Querkapazität erweist sich somit als eine Leitung zwischen den eigentlichen, ebenfalls als Leitung zu behandelnden Stoßkondensatoren und der Stoßanlagenbelastung.

Aus diesen Überlegungen folgt, was aus dem Vergleich der Oszillogramme bestätigt wird, daß der Span-

<sup>1)</sup> Toepler, Arch. Elektrotechn. 14 (1924) S. 305.

<sup>2)</sup> Fr. Lehmann, Arch. Elektrotechn. 32 (1938) S. 281.

<sup>3)</sup> Harald Müller, Arch. Elektrotechn. 15 (1925) S. 97; Krug, ETZ 50 (1929) S. 681; Schilling, ETZ 52 (1931) S. 7; Binder, Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage. Julius Springer, Berlin 1928.

nungsverlauf an den Klemmen dem an der Funkenstrecke nicht entspricht, wenn nicht die Stoßanlage mit dem Wellenwiderstand der Querkapazität belastet ist.

man die Verlängerung so erklären, daß der Wanderwellenstrom erst die Kapazität auf volle Spannung aufladen muß, bevor Reflexion eintreten kann, während bei offenem

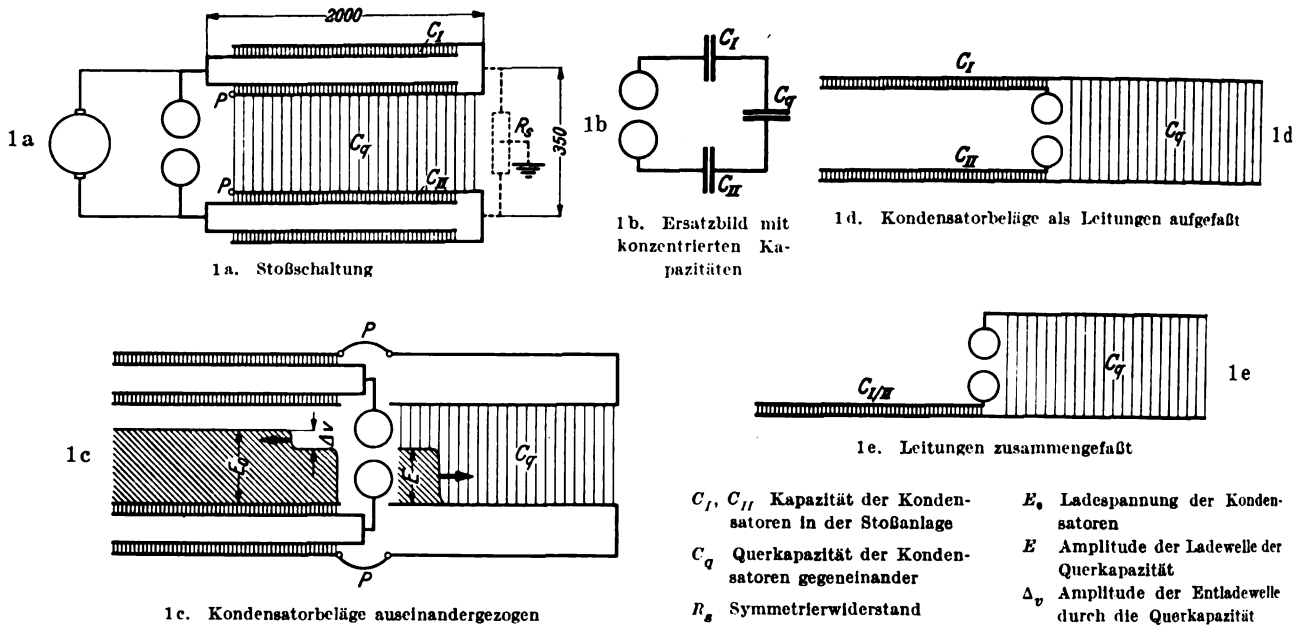


Bild 1. Stoßschaltung mit Ersatzschaltbildern.

II. Nachweis durch Versuche

Die vorbeschriebenen Vorgänge konnten durch Aufnahmen mit den Kathodenstrahl-Oszillographen nachgewiesen werden.

1. Unbelastete Stoßanlage

Die Schwingung an den Klemmen der unbelasteten Stoßanlage zeigt Bild 2. Als Schwingung der Quer-

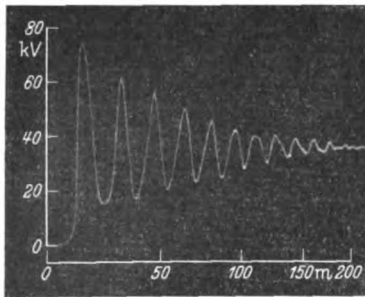


Bild 2. Schwingung an den Klemmen der unbelasteten Stoßanlage bei großem Kondensatorenanstand (35 cm).

kapazität ist ihre Wellenlänge im wesentlichen durch die Länge der Außenbeläge bestimmt. Die Kondensatoren selbst haben allerdings trotz ihres erheblich kleineren Wellenwiderstandes auf die Schwingungslänge auch einen Einfluß. In erster Annäherung bleibt ihre Spannung beim Auftreffen der rückläufigen Spannungswelle fast starr, so daß sie einem Kurzschluß entsprechen und unmittelbar eine vollkommene Reflexion in die Querkapazität bewirken.

Daß die Schwingung länger als die vierfache Länge der Kondensatoren ist, liegt einmal daran, daß die erhöhte Kapazität am Ende sonst homogener Leitungen die Eigenschwingung über die vierfache Leitungslänge hinaus vergrößert<sup>4)</sup>. Stärker ist aber der Einfluß der Stoßkapazität. Faßt man sie im Grenzfalle als konzentriert auf, kann

Leitungsende die Welle sofort reflektiert wird. Im Oszillogramm zeigt sich diese Erscheinung dadurch, daß die negative Halbwellen mehr abgerundet und daher länger ist als die positive.

Der Schwingungsvorgang der Stoßkondensatoren selbst ist erkennbar in Bild 3, das die Spannung an der Funkenstrecke zeigt. Bis zum Ansprechen hat die Funkenstrecke volle Spannung, bricht dann zusammen und zeigt anschließend die hin- und herlaufende Entladewelle mit

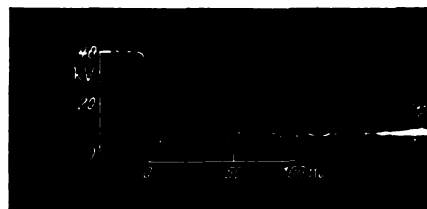


Bild 3. Schwingung an den Stoßkondensatoren bzw. Spannung an der Funkenstrecke.

kleiner Amplitude, die um so größer ist, je kleiner der Kondensatorenabstand ist. Das wird nachgewiesen durch einen Vergleich der Oszillogramme der Stoßspannung für weiten (35 cm bei Bild 2) und nahen (21 cm bei Bild 4) Kondensatorenabstand. Bei kleinem Kondensator ist der Wellenwiderstand der „Querkapazität“ kleiner; bei gleicher Spannung fließt also ein größerer Strom, wodurch die Amplitude der einziehenden Entladewelle der Kondensatoren größer wird und die Kondensatorschwingung stärker gegenüber der Schwingung der Querkapazität hervortritt.

Als Schwingungslänge tritt die vierfache Länge der Kondensatoren unter Berücksichtigung der geringen Laufgeschwindigkeit im Hartpapier-Dielektrikum auf. Diese Schwingung zum Verschwinden zu bringen ist praktisch kaum möglich; denn das Abgleichen des Kondensatorendes mit dem Wanderwellenwiderstand macht eine Aufladung des Kondensators unmöglich, und ein Vermeiden der Reflexionen am Knotenpunkt erfordert einen gleichen Wellenwiderstand der Querkapazität, wodurch aber die

<sup>4)</sup> Zdrale k, Arch. Elektrotechn. 17 (1927) S. 16.

Spannungsabsenkung der Kondensatoren zu groß und die Gesamtstoßanlage in größerer Wellenlänge schwingen würde. Widerstände vor der Funkenstrecke verlangsamen die Entladung der Kondensatoren und setzen infolge-

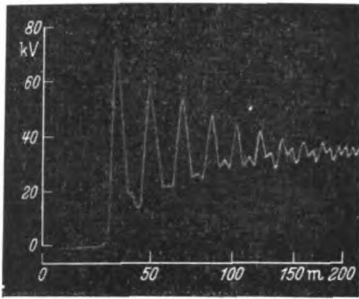


Bild 4. Schwingung an den Klemmen der unbelasteten Stoßanlage mit kleinem Kondensatorenabstand (21 cm).

dessen die Amplitude der Schwingung sowohl der Kondensatoren als auch der Querkapazität herab, allerdings unter Verlust an Steilheit.

2. Stoßanlage bei Belastung

Wird die Stoßanlage durch Prüflinge, Wanderwellenleitungen u. dgl. belastet, so kann ebenfalls der Spannungsverlauf aus dem abgeleiteten Ersatzbild erklärt werden.

a) Widerstandsbelastung

Die Querkapazität verhält sich auch bei Belastung sowohl mit einer unendlich langen oder abgeglichenen Leitung als auch mit einem ohmschen Widerstand wie eine Wanderwellenleitung. Daher kann die Eigenschwingung durch Abgleich am Ende der Querkapazität mit einem Wellenwiderstand unterdrückt werden. Bild 5 zeigt die

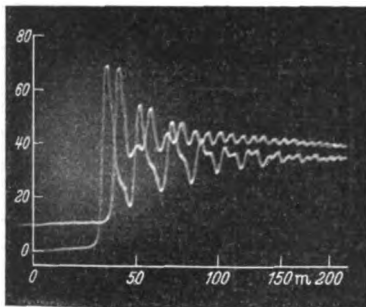


Bild 5. Schwingung an den Klemmen der Stoßanlage bei verschiedener Dämpfung am Ende der Querkapazität  
o bere Kurve: Wellenwiderstand 400 Ω,  
untere Kurve: Wellenwiderstand 2000 Ω.

Wirkung eines Widerstandes von 400 Ω (obere Kurve) und von 2000 Ω (untere Kurve)<sup>5)</sup>. Bei dem kleineren Widerstand erkennt man, wie die Schwingung der Querkapazität schnell verlöscht und die Schwingung der Kondensatoren selbst übrig bleibt. Nachteilig ist die Dämpfung aber dadurch, daß die Widerstände gleichzeitig auch den Stoßwellenrücken verkürzen.

b) Belastung mit Kapazität

Daraus, daß die Stoßanlage als eine zusammengesetzte Leitung aufzufassen ist, folgt weiter, daß auch die größte erreichbare Steilheit am Prüfling beim unmittelbaren Anschluß an die Stoßanlage begrenzt ist.

Sieht man von den nachfolgenden Reflexionsvorgängen ab, kann der Spannungsverlauf des größten Teiles der Stoßspannungsstirn der unbelasteten Anlage gut angenähert dargestellt werden durch:

$$u_0 = U (1 - e^{-t/T_0}).$$

Die Konstante  $T_0$  ist das Maß für die Abweichung der tatsächlichen Stirn vom senkrechten Spannungsanstieg. Im wesentlichen ist sie durch den Funkenwiderstand und dadurch bedingt, daß die Stoßkondensatoren nicht den idealisierten Verhältnissen entsprechen (endliche Ausdehnung der Anlage). Ist an die Spannungsquelle mit

diesem Spannungsverlauf über den Wanderwellenwiderstand  $Z$  der „Querkapazität“ der Prüfling mit der Kapazität  $C_{pr}$  angeschlossen, so ist der Spannungsverlauf  $u$  am Prüfling gegeben durch die Differentialgleichung

$$U_0 (1 - e^{-t/T_0}) = C_{pr} Z \frac{du}{dt} + u = T_1 \frac{du}{dt} + u$$

mit der Lösung:

$$u = U_0 \frac{T_1}{1 - T_1/T_0} \left( e^{-t/T_0} - \frac{T_1}{T_0} e^{-t/T_1} \right).$$

Das bedeutet eine weitere Verflachung der Stoßstirnbeanspruchung am Prüfling gegenüber der Leerlaufspannung, da  $T_1$  meist größer als  $T_0$  ist. Die maximale Stirnsteilheit ist also vorwiegend von den Wellenwiderständen der Anlage und der Kapazität des Prüflings abhängig.

Eine Kapazität hinter der Stoßanlage verlängert auch die Eigenschwingung der Querkapazität von rd. 17 m Länge, und zwar bei unmittelbarem Anschluß von  $135 \cdot 10^{-12}$  F auf etwa 40 m. Die Verlängerung der Wanderwellenschwingung durch den Anschluß einer Kapazität an die Leitung wurde bereits weiter oben erörtert.

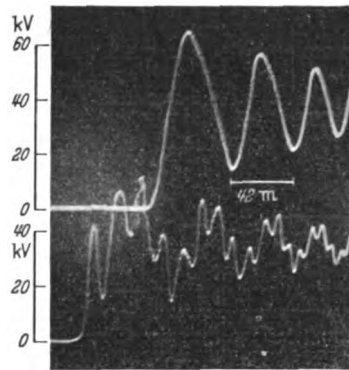


Bild 6. Schwingung der Stoßanlage mit über Widerstände angeschlossener Kapazität  
obere Kurve: an der Kapazität,  
untere Kurve: an den Klemmen der Anlage.

Auch die aufgenommenen Oszillogramme (Bild 6), bei denen die Kapazität ( $135 \cdot 10^{-12}$  F) über zwei kleine Widerstände von je 30 Ω angeschlossen war, geben eine Bestätigung der Wanderwellenvorgänge. Der obere Verlauf in Bild 6 zeigt immer noch rein sinusförmige Spannung an der Kapazität. Die Wellenlänge ist allerdings gewachsen, denn jetzt dauert die Aufladung der Kapazität über die vorgeschalteten Widerstände länger, und damit setzt die Reflexion erst später ein. Die Stelle, wo die Widerstände an die Stoßanlage angeschlossen sind, stellt außerdem einen Knotenpunkt dar, von dem ein Teil der Spannungswelle zurückgeworfen und der andere Teil durchgelassen wird. Infolgedessen setzt sich die Spannung am Knotenpunkt aus einer Schwingung von der Wellenlänge der Stoßanlage selbst und der durch die Anschaltung der Kapazität mit Widerstand verlängerten Stoßanlagenschwingung zusammen, wie der untere Kurvenverlauf von Bild 6 zeigt. Diese letzte Schwingung verschwindet, wenn die Widerstände die Größe des Wanderwellenwiderstandes der Querkapazität übersteigen; im Belastungskreis tritt dann keine Schwingung mehr auf.

Zusammenfassung

Das Ersatzbild der einstufigen Stoßanlage ist als eine Wanderwellenleitung mit über die Zündfunkenstrecke angeschlossener Leitung größeren Wellenwiderstandes dargestellt. Es schwingen im unbelasteten Zustande beide Leitungen. Die Spannung an der Funkenstrecke entspricht nicht der Spannung an den Klemmen der Anlage. Der Wanderwellenwiderstand der „Querkapazität“ bewirkt, daß bei angeschlossenem Prüfling die Stoßspannung gegenüber der bei unbelasteter Anlage flacher verläuft und die maximale Steilheit herabgesetzt wird.

<sup>5)</sup> So ist es auch erklärlich, daß Harald Müller (a. a. O.) auch an der Wanderwellenleitung die Stoßanlageneigenschwingung nicht nachweisen konnte.

# Die Herstellung technischer Schaubilder höheren mathematischen Grades mittels einfacher geometrischer Beziehungen

Von E. Winkel, Wien  
(Schluß von S. 312)

## B. Praktische Beispiele

Man kann, abgesehen von der Gleichungsform, drei Gruppen von Aufgaben unterscheiden: 1. die stufenweise, unmittelbare Gewinnung von zusammenhängenden Beziehungen, 2. die Gewinnung von zusammenhängenden Beziehungen unter Zwischenschaltung von Behelfsgleichungen und endlich 3. die Ermittlung einer höhergradigen Funktion unter Aufspaltung der gegebenen Funktion in Zwischengleichungen.

### I. Die unmittelbare stufenweise Gewinnung von Zusammenhängen

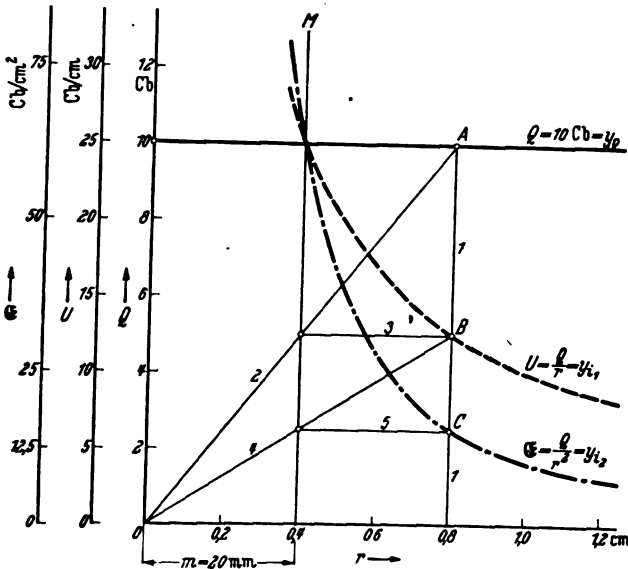
- Gegeben sei eine punktförmig geballte Ladung von 10 Coulomb, gesucht ist das Schaubild des Potentials und der Feldstärke in Abhängigkeit von der Entfernung.

Das ergibt drei zusammenhängende Gleichungen:

$$Q = 10$$

$$U = \frac{10}{r}, \text{ allgemein } U = \frac{Q}{r}, \quad \mathcal{E} = \frac{Q}{r^2}$$

$$\mathcal{E} = \frac{10}{r^2}$$



$v_0 = Q = 10 \text{ Cb}$  gegebene Ladung,  
 $v_{i1} = U = \frac{Q}{r}$  Potential in Cb/cm,  
 $v_{i2} = \mathcal{E} = \frac{Q}{r^2}$  elektrische Feldstärke in Cb/cm<sup>2</sup>,  
 $r$  Abstand des Feldpunktes von Q in cm.

Maßstäbe:

$$\epsilon_r = 50 \text{ mm/1 cm}, \quad \epsilon_u = \frac{\epsilon_Q}{\epsilon_r} m = 2 \text{ mm/Cb}$$

$$\epsilon_Q = 5 \text{ mm/Cb},$$

$$m = 20 \text{ mm}, \quad \epsilon_{\mathcal{E}} = \epsilon_Q \left( \frac{m}{\epsilon_r} \right)^2 = 0,8 \text{ mm/Cb/cm}^2$$

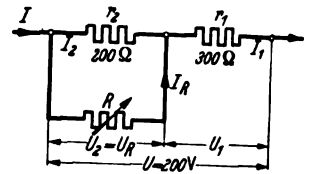
M Hilfsgerade

Bild 3. Herstellung der Schaubilder für Potential und elektrische Feldstärke als Funktion der Entfernung von einer Ladung.

Bild 3 zeigt die Lösung. Aus dem Text der Abbildungen ist das Nötige zu entnehmen. Die erste Division ergibt

das Schaubild des Potentials, die darauffolgende unmittelbar das Bild des Feldstärkeverlaufes. Die ermittelten Maßstäbe vollenden das Bild zur quantitativen Ausschöpfung.

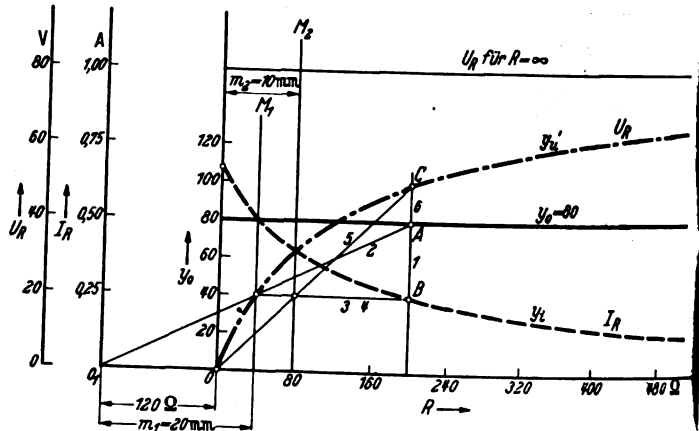
$r = r_1 + r_2$  Gesamtwiderstand = 500  $\Omega$   
 $r_1 = 300 \Omega, r_2 = 200 \Omega$ ; Teilwiderstände  
 $R$  Widerstandsbelastung an der Abnahmestelle als unabhängige Veränderliche  
 $U$  Gesamtspannung, mit 200 V gegeben



$I_1, I_2, I_R$  Ströme in den gleichnamigen Widerständen  
 $U_1, U_2, U_R$  Spannungen an den gleichnamigen Widerständen

Bild 4. Bezeichnungen am Spannungsteiler.

- Gegeben sei ein Spannungsteiler mit den aus Bild 4 zu entnehmenden Verhältnissen. Gesucht ist der Zusammenhang zwischen dem Strom und der Spannung an der Abnahmestelle in Abhängigkeit von dem Belastungswiderstand. Die Lösung zeigt Bild 5.



O Ursprung für das Schaubild und die Konstruktion des Verlaufes von  $U_R$   
 $O_1$  Hilfsursprung zur Ermittlung der Stromstärke  $I_R$  (infolge des zweigleedrigen Nenners)  
 $m_1, m_2$  Abstände der Hilfsgeraden  $M_1, M_2$  von dem jeweiligen Konstruktionsursprung

Maßstäbe:

$$\epsilon_Q = 0,125 \text{ mm}/\Omega \quad \epsilon_{I_R} = \frac{\epsilon_{v_0}}{\epsilon_Q} m_1 = 40 \text{ mm}/\text{A}$$

$$\epsilon_{v_0} = 0,25 \text{ mm}/\text{V}, \quad \epsilon_{I_R} = \frac{\epsilon_{I_R} \epsilon_Q}{m_2} = 0,5 \text{ mm}/\text{V}$$

Bild 5. Ermittlung der Abnahmespannung und des Belastungsstromes in Abhängigkeit von dem Belastungswiderstand am Spannungsteiler.

Für beide Größen gelten die nachfolgenden Formeln<sup>2)</sup>:

$$I_R = \frac{U}{r_1 + r + \frac{R}{r_2}}$$

$$U_R = I_R R = \frac{U R}{r_1 + r + \frac{R}{r_2}}$$

<sup>2)</sup> Winkel, Der ohmsche Widerstand als Spannungsteiler Z. Fernmeldetechn. 20 (1939) S. 1.

Nach kleiner Umformung:

$$I_R = \frac{U \frac{r_2}{r}}{r_1 r_2 + R}; \quad U_R = \frac{U R \frac{r_2}{r}}{r_1 r_2 + R}$$

und endlich mit den Zahlenwerten:

$$I_R = \frac{80}{120 + R}; \quad U_R = \frac{80 \cdot R}{120 + R}$$

Bei der Konstruktion geht man von dem Werte 80 aus. Wenn man zuerst die Division vornimmt, hat man nur darauf zu achten, daß der Nenner zusammengesetzt ist und daher eine behelfsmäßige Verschiebung des Ursprunges nach links verlangt, und zwar um die Länge für den Widerstand von 120 Ω. Die darauffolgende Multiplikation, allerdings mit neuem *m*-Wert, geht wieder normal vor sich.

II. Zusammenhänge mit notwendiger Zwischengleichung

Gegeben sei ein Kondensator von der Größe *C*. Gesucht wird das Schaubild der Ladung und der aufgespeicherten Energie in Abhängigkeit von der angelegten Spannung *U*.

Die drei Gleichungen lauten:

$$C = k; \quad Q = UC; \quad A = \frac{CU^2}{2}$$

Während das Bild für die Ladungsmenge sofort ermittelbar ist, braucht das Bild für die Energie die Zwischenfunktion

$$y_0 = \frac{CU}{2}$$

Die Aufgabe sei nur ohne Maßstab qualitativ gelöst, s. Bild 6.

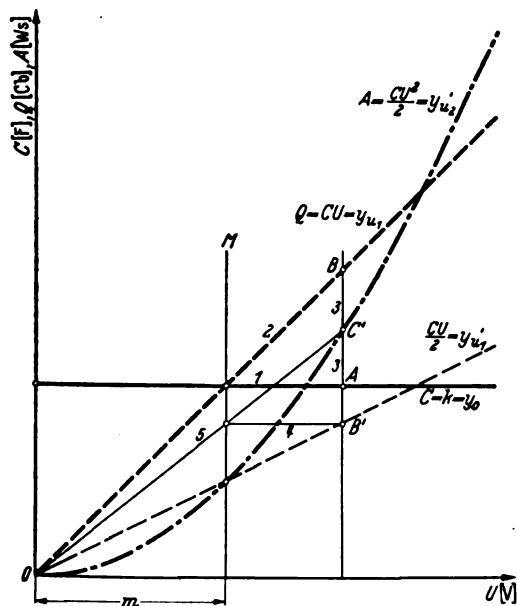


Bild 6. Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Kapazität, Spannung, Ladung und aufgespeicherter Energie in einem Kondensator.

Einfache qualitative Untersuchung ohne Berücksichtigung des Maßstabes. Beispiel unter Zuhilfenahme einer Zwischenfunktion  $y_0$ , *U* Spannung als unabhängige Veränderliche in *V*, *C* Kapazität des betrachteten Kondensators in *F*, *Q* aufgenommene Ladungsmenge in *As*, *A* aufgespeicherte Energie in *Ws*.  
 $y_0 = C U, \quad y_{u1} = \frac{C U}{2}$

Bild 6. Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Kapazität, Spannung, Ladung und aufgespeicherter Energie in einem Kondensator.

III. Ermittlung von Schaubildern höheren Grades unter Aufspaltung der Gleichung

Im allgemeinen kommen in der Elektrotechnik höchst selten algebraische Gleichungen mit einem höheren als

dem zweiten Grade vor. Um aber als Beispiel eine höhergradige Funktion behandeln zu können, sei auf die dynamischen Verhältnisse beim Zugbetrieb hingewiesen und daraus eine theoretische Aufgabe gestellt.

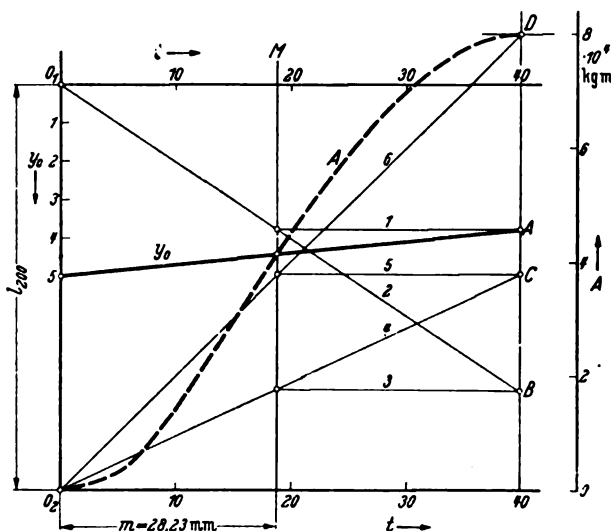
Eine Lokomotive fahre einen Zug mit einer Gewichtslast von 100 t derart an, daß sie mit einer Anfangszugkraft von 2000 kg beginne und gleichmäßig in der Zeit damit auf Null abfalle, und zwar innerhalb von 40 s. Unter Berücksichtigung der dynamischen Gesetze und beim Außerachtlassen sämtlicher Verluste ergibt sich eine Reihe von Gleichungen, von denen die höchstgradige weiter behandelt werden soll, wobei zur Vereinfachung der Endbeschleunigung  $g \sim 10 \text{ m/s}^2$  gesetzt ist:

Zugkraft	$P = 2000 - \frac{2000}{40} t$
Beschleunigung	$b = 0,2 - 5 \cdot 10^{-3} t$
Geschwindigkeit	$v = 0,2 t - 2,5 \cdot 10^{-3} t^2$
Leistung	$N = 400 t - 15 t^2 - 0,125 t^3$
Weg	$s = 0,1 t^2 - \frac{2,5}{3} \cdot 10^{-3} t^3$
Arbeit	$A = 200 t^2 - 5 t^3 + \frac{t^4}{32}$

Die letzte Gleichung spalten wir folgendermaßen auf:

$$A = \left[ 200 + \left( \frac{t}{32} - 5 \right) t \right] t^2$$

(s. Bild 7.)



Aufgewendete Arbeit eines gesetzmäßigen Beschleunigungsvorganges bei einem Zugantrieb.

*A* Arbeit in mkg, *t* Zeit in s.

Das Auftreten eines zweigliedrigen Ausdrucks veranlaßt eine Verschiebung der Zeitachse um den entsprechenden Betrag des konstanten Gliedes. (Bestimmung der Maßstäbe ausführlich im Text.)

Bild 7. Darstellung einer Funktion 4. Grades durch Aufspaltung in Stufenfunktionen.

Man errechnet zuerst den zu erwartenden Maximalwert am Ende der Beschleunigungsperiode zu

$$A = 8 \cdot 10^4 \text{ mkg}$$

und wählt dafür eine Strecke von 60 mm<sup>3</sup>, womit man den Maßstab festgelegt hat:

$$\epsilon_A = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ mm/1.}$$

$y_0$  tritt als Gleichung ersten Grades in der runden Klammer auf. Auch dafür bestimmt man nach Probe des Maximalwertes den Maßstab:

$$\epsilon_{y_0} = 5 \text{ mm.}$$

<sup>3)</sup> Während der Konstruktion können die Größendimensionen außer acht bleiben.

Dafür muß nun der Wert für  $m$  errechnet werden:

$$m = \sqrt[3]{\frac{\epsilon_{y_0} \epsilon_x}{\epsilon_{y_{u_2}}} \epsilon_x} = \sqrt[3]{\frac{5}{0,75 \cdot 10^{-3}} \cdot 1,5} = 28,23 \text{ mm.}$$

Als erstes ermittelt man dann das rechte Glied in der eckigen Klammer durch eine normale Multiplikation. Die nächste Stufe erfordert jedoch noch die Miteinbeziehung des Gliedes 200 links in der eckigen Klammer. Das bedeutet nichts anderes als eine Verschiebung der Zeitachse nach unten um die für 200 entsprechende Strecke. Dazu braucht man den Maßstab der ersten Stufe:

$$\epsilon_{y_{u_1}} = \frac{\epsilon_{y_0} \epsilon_x}{m} = \frac{5 \cdot 1,5}{28,23} = 0,263 \text{ mm.}$$

Die Verschiebungslänge wird dann

$$l_{200} = 200 \cdot 0,265 = 53,1 \text{ mm.}$$

Mit dem neuen Ursprung  $O_2$  kann jetzt die doppelte Multiplikation durchgeführt werden, die zur Endfunktion führt. Trotz der mehrfachen Konstruktion bleibt die erzielbare Genauigkeit befriedigend. Auf ähnliche Weise lassen sich nun die übrigen Gleichungen behandeln und verwerten.

### Zusammenfassung

Das dargestellte Verfahren ordnet einer algebraischen — oder beliebigen, auch empirischen — Funktion eine Reihe anderer Funktionen zu, die analytisch streng in einem einfachen Zusammenhang stehen, ähnlich wie die Ableitungen und Integrale, wenn auch wesentlich elementarer. Das Reich der Funktionen erhält dadurch eine eigenartige Betrachtungsweise, die sich gewiß noch weiter ausschöpfen und vertiefen ließe.

Das gezeigte Verfahren zur Ermittlung von Funktionsquotienten und -produkten dürfte auch für den Unterricht von Wert sein, wo es darauf ankommt, aus der toten Formel ein anschauliches und vertiefendes Schaubild zu gewinnen. Nicht zuletzt kann auch der Praktiker Nutzen daraus ziehen, wenn es sich darum handelt, technische Beziehungen und Zusammenhänge oder empirische Untersuchungen ohne viel rechnerische Belastung zu überschauen, sei es nun durch einfache Aufdeckung qualitativer Verhältnisse oder genauer quantitativer zahlenmäßiger Festlegung, also unter Mitberücksichtigung des Maßstabes. Das Erfreuliche an dem Verfahren sind die einfachen Grundlagen und die Leichtigkeit der mechanischen Durchführung.

## Magnetische Streuungen an den Spulenköpfen der verteilten Wicklungen

DK 621.313.3.013-5

Der Verfasser<sup>1)</sup> befaßt sich mit dem Problem der magnetischen Stirnstreuungen an den Spulenköpfen der verteilten Ankerwicklungen bei elektrischen Maschinen. Die Arbeit besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil wird der Fall behandelt, daß die Spulenköpfe des Ständers und Läufers verhältnismäßig weit voneinander liegen, so daß ihre gegenseitige Wirkung vernachlässigbar ist. Zur Ermittlung der Stirnstreuung wird der bekannte Laplacesche Satz verwendet, mit dem man den magnetischen Fluß eines endlichen Leiters feststellen kann. Auf Grund dieses Satzes läßt sich ein einfaches graphisches Verfahren ableiten, woraus sich der magnetische Fluß bzw. der Selbstinduktionskoeffizient einer beliebigen Polygonalspule ermitteln läßt. Der elementare magnetische Fluß, herrührend von einem Abschnitt eines geraden elektrischen Leiters, der durch eine beliebige Fläche fließt, ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$\Delta \Phi = i (\Delta r_0) \left[ \left( \frac{1}{\sin \alpha_2} - \frac{1}{\sin \alpha_1} \right) - \left( \frac{1}{\sin \beta_2} - \frac{1}{\sin \beta_1} \right) \right], \quad (1)$$

wobei ist:

$i$  Stromstärke des Teilleiters,

$(\Delta r_0)$  Breite eines elementaren Streifens, der durch zwei nebeneinanderliegende Parallelen mit dem Leiter begrenzt ist.

$\alpha_1, \alpha_2$  sind die Winkel, die die Strahlen, die aus dem Anfangspunkt des Abschnittes des Leiters ausgehen und diesen mit dem Anfangs- und Endpunkt des Streifens verbinden, mit dem Teilleiter bilden,

$\beta_1, \beta_2$  sind die Winkel, die die Strahlen aus dem Endpunkt des Abschnittes des Leiters, die durch den Anfangs- und Endpunkt des Flächenstreifens gehen, mit dem Teilleiter bilden.

Die Gl. (1) läßt sich in vielen Fällen zur Ermittlung der magnetischen Stirnstreuung bei elektrischen Maschinen verwenden, bei denen der gegenseitige Einfluß von Ständer und Läufer gering ist. Auf diese Weise wird der eigene magnetische Stirnstreufluß von einer Spule und zugleich auch die gegenseitige Wirkung von zwei und mehreren Nachbarspulen bestimmt.

Weiter befaßt sich der Verfasser mit der Frage des Eiseneinflusses. Dazu studiert er den Fall, wo der elektrische Leiter zur Grenzfläche zwischen Luft und Eisen geneigt ist. Er zeigt,

daß das Eisenmedium keinen Einfluß auf das magnetische Feld einer zur Grenzfläche senkrechten Stromkomponente ausübt. Dagegen entsteht bei einer parallelen Stromkomponente die bekannte magnetische Spiegelung. Falls der Neigungswinkel zwischen dem elektrischen Leiter und der Grenzfläche dem Werte  $\beta$  entspricht, läßt sich der Einfluß des Eisens beinahe dadurch ermitteln, daß man dem wirklichen elektrischen Leiter ein Spiegelbild zur Grenzfläche beifügt, durch das ein Strom  $i \cdot \cos^2 \beta$  fließt, wenn man mit  $i$  die Stromstärke des wirklichen Leiters bezeichnet. Hiermit wird dann der magnetische Stirnstreufluß einer Spule unter der Wirkung des Eisens und der gegenseitige magnetische Fluß zwischen zwei Nachbarspulen ermittelt. Diese Ergebnisse ermöglichen die Angabe der magnetischen Stirnstreuungen bei Gleichstrom- und Synchronmaschinen.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die magnetische Stirnstreuung bei den Induktionsmaschinen behandelt. Bei diesen Maschinen liegen die Spulenköpfe des Ständers und Läufers sehr nahe, so daß die Größe der Stirnstreuung dadurch begrenzt ist. Bei der Berechnung hat der Verfasser angenommen, daß der Raum zwischen den Spulenköpfen fast den ganzen magnetischen Widerstand bildet. Unter dieser Voraussetzung bestimmt er für die einzelnen Stirnarmlänge die entsprechenden elektromotorischen Kräfte. Daraus wird eine einfache Formel zur Berechnung der Stirnstreuung bei den Induktionsmaschinen entwickelt:

$$\lambda_s = 0,2 \pi m \kappa_1^2 \frac{6 \Delta + 5 \Delta_1}{6 \tau \sin \beta}. \quad (2)$$

In der Gl. (2) ist

$m$  Phasenzahl,

$\kappa_1$  Wicklungsfaktor der Grundharmonischen bei vollem Wicklungsschritt,

$\Delta$  Abstand der Spulenköpfe des Ständers und Läufers in cm,

$\Delta_1$  Radialdicke der Wicklung in cm,

$\beta$  Neigungswinkel der Spularme mit Bezug auf die Tangente,

$\tau$  Polteilung in cm.

Für eine dreiphasige Wicklung mit dem Wicklungsfaktor  $\kappa_1 = 0,96$  und  $\beta = 40^\circ$  vereinfacht sich Gl. (2) zu:

$$\lambda_s = 0,45 \cdot \frac{6 \Delta + 5 \Delta_1}{\tau}. \quad (3)$$

ed.

<sup>1)</sup> J. Kučera, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 338 u. 364; 15 S., 16 B.

## Normen für elektrische Haushalterde

VDE-Ausschuß für Elektrowärmegeräte

DK 621.369.5 : 643.33

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

April 1940

Elektrowärmetechnik

## Elektrische Haushalterde

Richtlinien

DIN

Entwurf 1  
VDE 4913

Elektrotechnik

Einspruchsfrist: 1. Mai 1940

## 1. Geltungsbereich

Diese Richtlinien gelten für elektrische Vollherde.

## 2. Aufbau

Sämtliche Aufbauteile der Herde müssen innen und außen mit einem zuverlässigen Rostschutz versehen sein. Einfache Lackierung oder Aluminiumanstrich genügt nicht.

Die Füße der Herdgestelle dürfen keine scharfen Kanten aufweisen und sollen so ausgebildet sein, daß tiefe Eindrücke in Linoleumfußböden vermieden werden.

Bei Herden mit nicht verbreiteter Herdplatte müssen rechts und links, bei Herden mit hochgebautem oder seitlichem Bratofen auf der freien Seite Anbringungsmöglichkeiten für zusätzliche Abstellplatten vorhanden sein. Es muß gewährleistet sein, daß die Abstellplatten auf die Dauer mit der Herdplatte in einer Ebene liegen.

Die Oberfläche der Herdplatte muß gegen die bei der Speisenzubereitung vorkommenden chemischen Einwirkungen geschützt sein. Der Schutz muß ausreichend stoßfest sein.

Bei Herden mit durchgehenden Zwischenböden, die als Auffangschale (Herdmulde) ausgebildet sind, muß die Herdplatte ohne Werkzeug abnehmbar oder aufklappbar sein. Die Herdplatte muß in ihrer Lage gesichert sein.

Durchgehende Zwischenböden sollen als Auffangschale (Herdmulde) so ausgebildet sein, daß Ecken und Kanten (Schmutzwinkel) vermieden sind. Die Zwischenböden sind zu emaillieren oder auf andere Weise rosticher auszuführen und so auszubilden, daß ein Eindringen von Kochgut (z. B. durch Schraublöcher) in das Innere des Herdes, insbesondere aber Überfluten spannungsführender Teile, unmöglich ist.

Bei Herden ohne durchgehende Zwischenböden, bei denen die Steckvorrichtungen für die Kontaktplatten auf Querträgern oder ähnlichen Bauteilen befestigt sind, ist ein herausziehbares Auffangblech vorzusehen, das emailliert oder mit anderen gleichwertigen Rostschutzmitteln versehen sein muß. Gegen Eindringen von Kochgut in das Innere des Herdes, insbesondere gegen Überfluten spannungsführender Teile, auch bei herausgezogenem Auffangblech, muß Vorsorge getroffen sein. Die über dem Ausziehblech liegenden Teile des Herdes sind so anzuordnen, daß sie gegen das Eindringen von überlaufendem Kochgut geschützt sind.

Es ist Vorsorge zu treffen, daß beim Überlaufen der Herdmulde weder die Schalter noch die Anschlüsse überflutet werden. Ebenfalls ist zu vermeiden, daß dem Bratofen entweichende Dämpfe an die Kochplatten gelangen und sich dort niederschlagen.

Die Schalter sind so anzuordnen, daß die Ausschaltstellung 0 oben liegt und die Regelstellungen 3—2—1 im Uhrzeigersinn folgen.

Die Herde müssen VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte“ entsprechen.

## 3. Abmessungen und Anschlüsse

## Abmessungen

Höhe vom Fußboden bis Oberkante Herdplatte 800 ± 5 mm.

Herdkochplatten nach DIN VDE 4910.

Aufnahmestellen für Herdkochplatten nach DIN VDE 4912.

Für fest eingebaute Kochplatten gelten die Festlegungen für Herdkochplatten nach DIN VDE 4910 sinngemäß.

Bratöfen und Einschubteile nach DIN VDE 4916.

Die Regelschalter müssen DIN VDE 9280 (in Vorbereitung) und VDE 0630 „Vorschriften für Geräteschalter“ entsprechen.

## Anschlüsse

Die Anschlußstelle muß den Anschluß des Herdes sowohl an ein Netz von 380/220 V als auch an ein solches von 3 × 220 V oder 2 × 220 V ermöglichen. Für abweichende Spannungen gilt sinngemäß das gleiche. Ein Anschluß- oder Schaltbild des Herdes soll in dauerhafter Ausführung (z. B. Metall geätzt) am Herd in unmittelbarer Nähe der Anschlußstelle angebracht sein. Die Anschlußstelle soll leicht zugänglich sein, so daß der Herd vom Installateur ohne Sonderschulung angeschlossen werden kann. Beim Anschluß an ein Drehstromnetz sind die einzelnen beheizten Teile des Herdes möglichst gleichmäßig auf die drei Hauptleiter aufzuteilen. Diejenigen Klemmen, an die der Bratofen angeschlossen ist, sind zu diesem Zweck besonders zu kennzeichnen. Auch sind Hauptleiter- und Sternpunktsteckerklemmen im Schaltbild deutlich zu bezeichnen.

Jeder Herd muß den Anschluß einer Schutzleitung ermöglichen. Um eine sichere Verbindung der Kochplattenoberfläche mit der Schutzleitung zu gewährleisten, muß die Hülse der Steckdose für den Mittelstift der Kochplatte oder bei fest eingebauter Kochplatte die Kochplatte selbst mit der Anschlußstelle der Schutzleitung in gut leitender Verbindung stehen.

Um den Anschluß des Herdes durch eine bewegliche Leitung zu ermöglichen, soll die Anschlußstelle mit Zugentlastung und Verdrehungsschutz ausgerüstet sein.

## 4. Bratöfen

## Abmessungen und Ausführung

Die Bratöfen müssen VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte“ entsprechen.

Abmessungen des Bratofens und der Einschubteile nach DIN VDE 4916.

Beim Bratofen muß eine Lüftung des inneren Ofenraumes vorgesehen sein. Diese Lüftung kann entweder durch den Aufbau des Bratofens oder durch eine besondere Vorrichtung erfolgen. Die Bratofenmuffel muß schwaden dicht sein. Von der Vorderseite des Herdes aus feststellbar soll die Leistungsaufnahme des Bratofens, getrennt nach Ober- und Unterhitze, angegeben sein.

## Regelung

Ober- und Unterhitze des Bratofens müssen durch zwei Viertakt-Regelschalter getrennt regelbar sein.

Die Schalter von Bratöfen in Vollherden müssen DIN VDE 9280 (in Vorbereitung) entsprechen.

## Temperaturverteilung

Der Bratofen muß eine gleichmäßige Temperaturverteilung aufweisen. Die Gleichmäßigkeit der Temperatur wird durch eine praktische Backprobe ermittelt (Mürbe- teig). Das Backblech wird bei dieser Probe auf die mittlere Leiste des Bratofens eingeschoben. Die Prüfung ist bei Nennspannung mit der höchsten Aufnahme der Ober- und Unterhitze vorzunehmen. Eine etwa vorhandene zusätzliche Beheizung für besondere Zwecke (z. B. Grillen) wird hierbei nicht mit eingeschaltet.

## 5. Anforderung an Kochplatten

## Verbrauchszahlen

Der Ankochverbrauch ist nach Einbau der Kochplatten im zugehörigen Herd festzustellen. Der Ankochverbrauch soll bei Erwärmung einer bestimmten Wassermenge die in nachstehender Zahlentafel festgestellten Werte für den Höchstverbrauch nicht überschreiten. Die



Verbrauchswerte sind für jede Kochplatte gesondert zu bestimmen (Erwärmung des Wassers von 20 auf 95°).

Für die Prüfung sind handelsübliche Aluminium-Kochtöpfe mit glänzender Oberfläche und metallisch blankem Boden zu verwenden. Die größte Abweichung der Böden von der tangierenden Ebene muß weniger als 0,05 mm betragen.

Die Nutzfläche der Kochplatte darf durch Einschläge und Aufschriften (Firmenbezeichnungen usw.) nicht beeinträchtigt sein.

**Ausführung**

Herdkochplatten nach DIN VDE 4910.

Aufnahmestellen für Herdkochplatten nach DIN VDE 4912.

Die Steckvorrichtungen sollen so ausgebildet sein, daß auch im Dauerbetrieb ein Festfressen oder ein Erhitzen der federnden Kontakte ausgeschlossen ist.

Die Stützpunkte der Kochplatten müssen durch Werkzeug in der Höhe derart verstellbar sein, daß auch auf die Dauer ein genaues Einstellen der Plattenhöhe gewährleistet ist. Abnehmbare Stützvorrichtungen müssen zwangsläufig geführt sein, um Verwechslungen zu verhüten.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Platten-dmr. mm	Topf-boden-dmr. mm	Topf-höhe innen mm	Boden-dicke mm	Nenn-inhalt l	Nutz-inhalt l	Topf-gewicht ± 10% kg	Zulässiger Höchst-verbrauch	
							kalt Wh	warm Wh
145	150	110	8	2.2	2	0,78	310 (270)	230 (220)
180	200	130	8	4	3,5	1,15	510 (450)	400 (380)
220	240	150	10	6.7	5.5	1,87	790 (700)	620 (580)

(Die Werte in Klammern werden zur Zeit geprüft.)

**Ebenheit**

Nach der Überlastungsprüfung nach VDE 0720 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte“ darf der Mehrverbrauch gegenüber den bei der Anlieferung ermittelten Verbrauchszahlen folgende Werte nicht überschreiten:

- 145 mm-Kochplatte . . . 15 Wh Mehrverbrauch
- 180 „ „ . . . 30 Wh „
- 220 „ „ . . . 60 Wh „

**Oberflächentemperatur der Kochplatten**

Die Kochplatten nach DIN VDE 4910 sollen in ihrer Nutzfläche eine möglichst gleichmäßige Temperatur aufweisen. Beim Trockengehen soll die Kochplattennutzfläche, abgesehen von einem 10 mm breiten Außenrand, keine größeren Temperaturunterschiede als 20% der aufgetretenen Höchsttemperatur haben.

**Nennaufnahmen**

Normale Nennaufnahmen der Kochplatten sind:

1	2	3	4
Plattendmr. mm	Größte Schaltstufe W	Mittlere Schaltstufe W	Kleinste Schaltstufe W
145	800	400	200
180	1200	870	240
220	1800	1420	300

Die Schaltung der Heizwicklung der Kochplatten ist so zu treffen, daß bei größter Schaltstufe beide Heizwicklungen parallel, bei mittlerer Schaltstufe die größere Heizwicklung allein, bei kleinster Schaltstufe beide Heizwicklungen in Reihe geschaltet sind nach folgenden Schaltbildern:



Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.369.5 : 643.33

Anwendung der noch nicht endgültigen Entwürfe auf eigene Gefahr

April 1940

**Elektrowärmetechnik**  
**Elektrische Haushaltherde in Sonderbauart, Einzel- und Doppelkochplatten, Tischherde, Einzelbratöfen u. dgl.**

Richtlinien

Elektrotechnik

DIN

Entwurf 1  
VDE 4914

Einspruchsfriert: 1. Mai 1940

**1. Geltungsbereich -**

Diese Richtlinien gelten für Elektrohaushaltherde in Sonderbauart (z. B. Einbauten in Kachelherde), für Einzel- und Doppelkochplatten, Tischherde, Einzelbratöfen u. dgl.

**2. Allgemeines**

Die Geräte müssen den jeweils gültigen VDE-Bestimmungen entsprechen.

DIN VDE 4913 „Elektrische Haushaltherde: Richtlinien“ gilt sinngemäß.

**3. Sonderbauarten**

Für Sonderbauarten von Herden sind Abweichungen von DIN VDE 4913 „Elektrische Haushaltherde: Richtlinien“ zulässig, soweit sie sich aus dem Zweck oder der Eigenart der Bauart ergeben.

**4. Anschluß**

Die Anschlußstelle kann so ausgebildet sein, daß nur Anschluß an 2 Leiter möglich ist; ebenso sind Geräte mit einer Anschlußstelle für Anschluß an 3 Leiter zulässig.

**5. Kochplatten**

Fest eingebaute Kochplatten sind zulässig, jedoch müssen sie so befestigt sein, daß sie vom Fachmann ohne Sonderschulung ausgewechselt werden können. Abmessungen und Leistungen der Kochplatten richten sich nach DIN VDE 4910 und 4913.

Falls bei fest eingebauten Kochplatten Stützpunkte vorgesehen sind, brauchen diese nicht nachstellbar eingerichtet zu sein.

Für die Möglichkeit, das Gerät von übergelaufenem Kochgut leicht reinigen zu können, ist auch bei fest eingebauten Kochplatten Sorge zu tragen.

**6. Einzelbratöfen**

Bratöfen und Einschubteile müssen DIN VDE 4916 entsprechen.

**7. Schalter**

Regelschalter in Herden müssen DIN VDE 9280 (in Vorbereitung) und VDE 0630 „Vorschriften für Geräteschalter“ entsprechen.

Die Schalter sind so anzuordnen, daß sie vom Fachmann ohne Sonderschulung ausgewechselt werden können und daß übergelaufenes Kochgut und Tropfwasser nicht in den Schaltraum eindringen kann.

Schalter in Einzel- und Doppelkochplatten, Tischherden, Einzelbratöfen usw. können einpolig und müssen bezüglich ihrer Leistung dem Gerät angepaßt sein. Es müssen Schalter 8 oder 9 nach VDE 0630 „Vorschriften für Geräteschalter“ verwendet werden.

Für die Regelung gilt DIN VDE 4913 „Elektrische Haushaltherde: Richtlinien“ sinngemäß. Die Schalter sind so anzuordnen, daß die Ausschaltstellung 0 oben liegt und die Regelstellungen 3—2—1 im Uhrzeigersinn folgen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

## RUNDSCHAU

### Fernmeldetechnik

DK 621.396.615.1.032.42

**Luftgekühlte Senderöhren.** [Nach M. van de Beek, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 129; 7 S., 7 B.]

Obgleich Senderöhren mitunter mit einem recht guten Wirkungsgrad arbeiten (u. U. bis zu 80%), ist stets ein beachtlicher Verlust gegeben, der eine starke Erwärmung der Anode zur Folge hat. Eine weitere gewisse Wärmemenge wird auch von den Heizfäden usw. erzeugt. Mit zunehmender Frequenz tritt ferner eine zusätzliche Erhitzung des Glases durch die im Glas hervorgerufenen dielektrischen Verluste und die zwischen den Zuleitungen fließenden kapazitiven Ströme ein. Eine energische Kühlung ist also im Interesse der Lebensdauer dringend notwendig.

Es hat sich gezeigt, daß die Kühlung bei Leistungen zwischen 1 und 10 kW durch Luft und bei größeren Leistungen durch Wasser bewerkstelligt werden kann. An sich ist zwar die Wasserkühlung erheblich wirksamer, sie macht aber gewisse Schwierigkeiten, z. T. dadurch, daß die Anode der Röhre

Hochspannung führt, während das Wasser mit Erdpotential zur Verfügung steht.

Es wird dann die konstruktive Durchbildung der Luftkühlung für eine Senderöhre beschrieben, die insgesamt eine Leistung von 12 kW aufnimmt. Der

eigentliche Kühlmantel weist 76 Rippen auf, zwischen denen die Schlitze für den Luftstrom ausgespart sind. Durch den Kühler wird ein Luftstrom von 14 m<sup>3</sup>/min geschickt, wobei die mittlere Geschwindigkeit 32,4 m/s beträgt (Bild 1). Der Luftstrom wird von einem Lüfter geliefert, der unmittelbar unter dem Kühler angebaut ist.

Nwg.

DK 621.395 + 621.394.625

**Fernsprechen und Fernschreiben.** [Nach K. Küpfmüller u. P. Storch, Europ. Fernsprechdienst (1939), 51. Folge, S. 5; 13 1/2 S., 18 B.]

In der Arbeit wird zunächst kurz die technische Entwicklung der Telegraphie als ältestes Anwendungsgebiet der Elektrotechnik behandelt. Im Anschluß daran werden die schnelle Sonderentwicklung des Fernsprechers und die technischen und betrieblichen Zusammenhänge beider Gebiete erläutert, die in der neuzeitlichen Leitungstechnik besonders deutlich zum Ausdruck kommen. In einem den Übertragungstechnischen Fragen gewidmeten Abschnitt werden dann die Fragen des Frequenz-

und Werkstoffbedarfs und die sich daraus ergebenden Vorteile der telegraphischen (Fernschreib-)Übertragung besprochen und die verschiedenen Anforderungen untersucht, die die Fernsprech- und Fernschreibübermittlung an die Genauigkeit der Übertragung stellen.

Die folgenden Untersuchungen wirtschaftlicher Art betreffen vor allem den mit dem Fernsprechdienst betrieblich vergleichbaren Fernschreibteilnehmerdienst. Sie führen zu dem nach den Übertragungstechnischen Anforderungen der Fernschreibübermittlung und der dadurch möglichen besseren Ausnutzung der Drahtleitungen gegenüber der Fernsprechübertragung zu erwartenden Ergebnis, daß über größere Entfernungen, wo die verhältnismäßig hohen Anschlußkosten (Fernschreibmaschine) nicht mehr ausschlaggebend sind, Fernschreiben billiger als Fernsprechen ist. Auch die Wirtschaftlichkeit von festen Dauerverbindungen (Mietleitungen) wird untersucht.

Die viel graphische und Zahlenmaterial enthaltende Arbeit bringt zum Schluß eine kurze Beschreibung der im In- und Ausland für den fernschriftlichen Nachrichtenaustausch zwischen privaten Fernschreibstellen benutzten Betriebsweisen und endet mit einer Zusammenstellung der für einen Vergleich zwischen Sprech- und Schreibübermittlung wichtigen Gesichtspunkte sowohl vom Standpunkt des Benutzers, wie auch des Betriebs und der Technik. rin.

DK 621.395.623.7

**Klangzerstreuer in Lautsprechern.** [Nach J. de Boer, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 136; 4 1/2 S., 9 B.]

Es ist bekannt, daß die hohen Frequenzen von den Lautsprechern stark gerichtet abgestrahlt werden, dabei ist die Richtwirkung um so ausgeprägter, je höher die jeweilige Frequenz ist. Abgesehen von den wenigen Fällen, wo eine Richtwirkung, z. B. zum Zweck der Verbesserung der Hörsamkeit großer Räume, durchaus erwünscht sein kann, ist die Richtwirkung eine unerwünschte Erscheinung. Dies gilt besonders dann, wenn es sich um einen für Wohnräume bestimmten Lautsprecher handelt. In einem solchen Fall ist die Richtwirkung deshalb unangenehm, weil die hohen Frequenzen fast nur hörbar sind, wenn man sich in der Verlängerung der Lautsprecherachse vor dem Lautsprecher befindet, während bei mehr seitlicher Stellung mit einem anderen Klangbild zu rechnen ist. Außerdem werden selbstverständlich auch Störgeräusche, in denen die hohen Frequenzen zu überwiegen pflegen, in besonderer „Konzentrierung“ gerade vor dem Lautsprecher hörbar.

Die vorgenannten Nachteile üblicher Lautsprecher können beseitigt werden durch in den Weg der Schallwellen gebrachte Körper (Kegelstumpf in dem Lautsprecherkonus), die die Schallwellen zerstreuen. Es werden u. a. Meßergebnisse mitgeteilt, die bei einem Lautsprecher mit einem Konuswinkel von 104°, einer Konustiefe von 6,4 cm und einem Konushalbmesser von 10 cm durchgeführt wurden. Dabei zeigte sich, daß bereits mit einem Kegelstumpf mit einem Scheitelwinkel von 50° und einer Höhe von nur 6 cm eine hinreichende Streuung zu erhalten ist, und zwar besonders dann, wenn der Kegelstumpf noch etwas höher gewählt wird, so daß er also etwas aus dem Konus herausragt. Die Wirkungsweise eines solchen Klangzerstreuers wird u. a. auch an Hand von Wellentankbildern bei verschiedenen Frequenzen gezeigt. Statt eines Kegelstumpfes oder dgl. können auch Leisten als Klangzerstreuer dienen, die in senkrechter Stellung vor dem Lautsprecher im Gehäuse eingebaut werden und den Schall natürlich nur in einer waagerechten Ebene zerstreuen. Für die in Wohnzimmern üblichen Lautsprecher genügt dies natürlich vollauf, da sich ja die Köpfe der Hörer sämtlich etwa in der gleichen Höhe befinden.

[Anm. d. Ber.: Zur Funkausstellung 1939<sup>1)</sup> brachten mehrere Firmen Geräte mit Lautsprechern heraus, bei denen die angeführten Mittel der Klangzerstreuung gebraucht wurden. Dabei wird z. T. ein Kegelstumpf mit ovalem Querschnitt benutzt, der nur eine seitliche Streuung bewirkt; nach oben und unten findet also eine Streuung nicht statt.] Nwg.

<sup>1)</sup> H. Salow, ETZ 60 (1939) S. 1174.

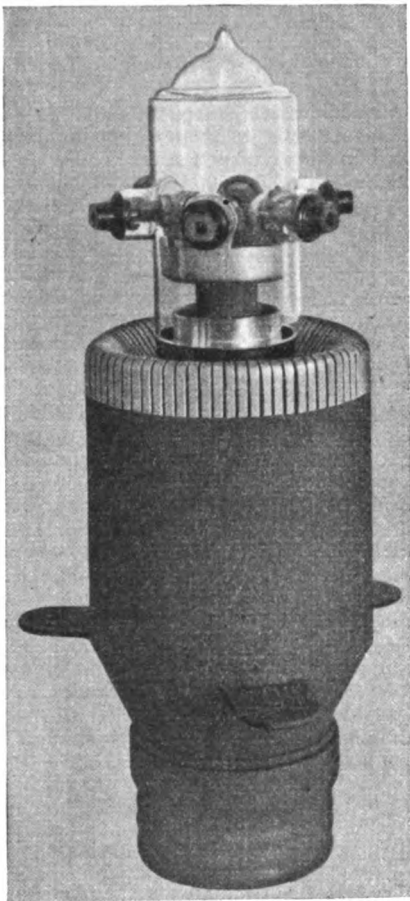


Bild 1. Luftgekühlte Senderöhre.

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.9 : 621.316.35

**Bericht des Unterausschusses der AIEE über Erfahrungen mit Sammelschienen-Schutzeinrichtungen.** [Nach Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 206; 6 S., 2 Taf.]

Im Laufe der letzten Jahre vorgekommene Störungen mit Brandschäden in Schaltanlagen lenkten in Amerika das Interesse zunehmend auf neuzeitliche Schutzeinrichtungen der Sammelschienenanlagen. Auf Grund ausgewerteter Umfragen bei 34 dortigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen wird ein zusammenfassender Bericht über die Betriebserfahrungen und den Entwicklungsstand mit eingehender Statistik über die verwendeten Arten und Bewährung des Sammelschienen-Schutzsystems gegeben. Als die drei hauptsächlich verwendeten Schutzsysteme werden a) der gewöhnliche Differentialschutz mit Stromwandlergleichgewicht, b) der Schienenfehlerschutz mit Ansprechen von Gliedern, die an einen zwischen Schiene und Erde gelegten Wandler angeschlossen sind, und c) der teilweise Differentialschutz mit an Wandlern liegenden Schutzrelais zur Überwachung einzelner Sammelschienen- oder Schaltanlagen-teile angewendet. Der überwiegende Teil der Gesellschaften hat bei den Anlagen die Schutzart nach a) angewendet, wie aus der angegebenen statistischen Übersicht mit Zahlenwerten hervorgeht. Aber auch die übrigen beiden Schutzverfahren werden bisweilen eingebaut. Wichtig ist die kleine Übersicht über die festgestellten Ursachen unordentlichen Ansprechens, von denen die meisten Fälle auf unsachgemäße Verdrahtung, Isolationsfehler u. ä. zurückzuführen sind. Die Überwachung der Schutzeinrichtungen wird bei den einzelnen Unternehmen recht verschieden gehandhabt. Sie findet in Zeitabständen von 3 bis 24 Monaten statt; meist wird dabei zwischen einfacher Nachprüfung und genauer Untersuchung der Einrichtung unterschieden. Durch die Erfahrungen mit den drei Schutzsystemen ergeben sich wertvolle Hinweise für den Entwurf von weiteren Schutzanlagen und die benutzten Stromwandler, Relais und Gestaltung der Einrichtung. Die Übersetzungsverhältnisse und die für notwendig erachteten Genauigkeiten der Stromwandler schwanken in sehr weiten Grenzen, worüber Einzelheiten angegeben sind. Es wurden die verschiedenen Bauarten von Differentialrelais verwendet, wobei sich keine eindeutige Bevorzugung einer Ausführung ergab. Der Einbau von zeitabhängigen Ansprechelementen zur Vermeidung des Relaisansprechens bei vorübergehenden Zuständen der Schaltanlage hat sich bewährt. Eingehend wird über die Erfahrungen bei Innenraum- und Freiluftanlagen berichtet. 29 von den 34 Gesellschaften sind mit der Arbeitsweise der Sammelschienen-Schutzeinrichtungen zufrieden, 2 berichten über nennenswerte Ausfälle in der Stromlieferung durch Relaisversager. Die Anwendung der Prüfkreise hat sich bewährt. Wandlerstörungen sind verhältnismäßig wenig zu verzeichnen. Insgesamt ergibt sich, daß sich die Sammelschienen-Schutzeinrichtungen bewährt haben und die drei hauptsächlich verwendeten Schutzsysteme etwa gleichwertig sind; meist wird der gewöhnliche Differentialschutz angewendet. Die Überwachung der benutzten Schutzrelais ist von der sonstigen Relais nicht wesentlich verschieden. Gewöhnliche Stromwandler erweisen sich als ausreichend; dagegen sind bei hochempfindlichen Relais Sondereinrichtungen gegen unbeabsichtigtes Ansprechen der Anlage vorzusehen. Die zum Schluß der Arbeit angegebenen Stellungnahmen beziehen sich auf einzelne Sonderfälle, Versager und weitere Betriebserfahrungen mit Sammelschienen-Schutz. an.

DK 621.311.21 (485)

**Das Kraftwerk Långhag.** [Nach S. Malmfors, Tekn. T. 69 (1939) S. 313; 6 1/2 S., 7 B.]

Seit Jahrhunderten betreibt die Stora Kopparbergs Bergslags-Gesellschaft Rohstoffgewinnungs- und Veredelungsanlagen in Mittelschweden. Als die Kupferbodenschätze der Grube Falun erschöpft waren, stellte man sich auf Eisen und Holz um. Frühzeitig wurde dabei Wasserkraft verwertet, und zwar durch direkten Antrieb der Arbeitsmaschinen. Unmittelbare Kupplung zwischen Wasserturbinen und Holzschleifern bzw. einer Walzenstraße ist heute noch in der Papierfabrik Kvarnsveden und im Eisenwerk Domnarvet vorhanden. Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts wurde elektrische Energie zunächst als Gleichstrom für Lichtzwecke, später als Drehstrom mit 60 Hz eingeführt. Eine allgemeine Umstellung auf 50 Hz wurde in 16 Jahren durchgeführt. Die Verbrauchsstellen befinden sich zum Teil am Dalälvenfluß in der Umgebung der Stadt Falun, z. T. aber auch an der unteren Fluß-

strecke und an der Ostseeküste südlich von der Stadt Gefle. An der letztgenannten Strecke befinden sich mehrere Gefälle, die vom Staate, der Stadt Stockholm und dem obigen Konzern getrennt oder gemeinsam verwertet werden. Die bedeutendsten Gefällestrecken sind aber im Innern des Landes. Die bis vor kurzem vorhandene ausgebaute Leistung von 85000 kW wurde kürzlich durch das neue Kraftwerk Långhag nach Aufstauung einer Gefällestrecke von 7 km Länge und 13 m Gesamthöhe erweitert. Die Wasserführung beträgt mindestens 75, höchstens 2000 und im Durchschnitt während 11 Monaten im Jahr 150 m<sup>3</sup>/s. Der Ausbau ist für 400 m<sup>3</sup>/s vorgesehen, obwohl diese Wassermenge nur während 3 1/2 Monaten im Jahr verfügbar ist. Dies wurde damit begründet, daß die Belastungsschwankungen im Netz durch Stahllöfen und Walzenstraßen sehr bedeutend sind (sie betragen 5000 bis 15000 kW), was nur durch entsprechende Leistungsregelung der elektrischen Dampfkessel der Papierfabrik Kvarnsveden bzw. der elektrischen Hochöfen im Eisenwerk Domnarvet ausgeglichen werden konnte. Das neue Kraftwerk ist bei einer Maschinenleistung von 45000 kW für die Abgabe von rd. 200 Mill kWh jährlich vorgesehen. Der Fluß wurde mit einem Stauwehr von 15 m Höhe abgesperrt. Von den sechs Öffnungen dienen vier zum Abführen der Hochflut im Frühling, zwei dagegen zum Holzflößen. Die beiden Einheiten des Kraftwerkes haben eine Turbinenleistung von je 30000 PS entsprechend 200 m<sup>3</sup>/s. Es wurden Kaplan-turbinen mit senkrechter Welle und drehbaren Laufradschaufeln aus rostfreiem Stahl gewählt. Die Eisgitter des Einlaufkanals können elektrisch beheizt werden. Die Bedienung des Werkes wurde weitgehend vereinfacht; im normalen Betriebe sind je ein Meister für die zentrale Überwachung und ein Hilfsarbeiter gleichzeitig im Dienst. Die Stromerzeuger sind mit den Transformatoren ohne Schalter verbunden. Die Phasengleichheit wird an der Oberspannungsseite des Umspanners hergestellt. Zur Vermeidung einer Wartung der Hilfsantriebe in Form von Wasser- oder Ölpumpen haben die Transformatoren mit je 23000 kVA Selbstkühlung. Das große Traglager der Stromerzeuger ist wassergekühlt. Lager und Ölkühler befinden sich in solcher Höhe im Verhältnis zur Wasseroberfläche des Flusses, daß der Überdruck den Wasserrücklauf gewährleistet. Die Betätigungs- und Überwachungseinrichtungen sind wie üblich in einer Schalttafel oder in einem Schaltpult zusammengefaßt, wodurch die Bedienung erleichtert wird. Der Turbinenregler wird auch nicht mittels Riemen, sondern von einem besonderen Pendelstromerzeuger mit Dauermagneten angetrieben, wodurch die Wartung dieses sonst empfindlichen Gerätes einfacher wird. Besondere Sorgfalt wurde der Ausführung der Betonarbeiten gewidmet und außerdem noch eine Umbaumöglichkeit während des Betriebes vorgesehen. Die Dichtungen der Wasserbauteile wurden besonders sorgfältig durchgeführt. Um festgefrorene Wehrverschlüsse abtauen zu können, wurden in Beton eingegossene Flachrohre vorgesehen, durch die bei Bedarf mit Hilfe eines elektrisch beheizten Ölkessels und einer Kreiselpumpe warmes Öl hindurchgeleitet wird. Die Baukosten des Werkes betragen rd. 6 Mill RM. Hldn.

## Meßgeräte und Meßverfahren

**Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfmäster.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

„Bekanntmachung Nr. 529

(Reichsministerialblatt Bd. 68 (1940) S. 58)

Auf Grund des § 9 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) ist der von dem Städtischen Elektrizitätswerk in Cottbus nach den Vorschriften der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt errichteten Prüfstelle die Genehmigung erteilt worden, als Elektrisches Prüfmät 68 amtliche Prüfungen und Beglaubigungen von Elektrizitätszählern und elektrischen Meßgeräten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom	bis 200 A	600 V,
mit Wechsel- und Drehstrom	bis 1500 A	20 000 V.

Berlin, den 6. 2. 1940.

Der Reichsminister für Wissenschaft, Erziehung und Volks-

bildung

Im Auftrage

Mentzel"

**Bergbau und Hütte**

DK 621.365.2 : 669.16

**Elektrische Verhüttung.** [Nach Stahl u. Eisen 59 (1939) S. 576; 1/2 S., 2 B.]

Die elektrische Verhüttung von Eisenerzen nimmt, trotzdem der Blashochofen viel wirtschaftlicher arbeitet, immer mehr zu. An die Stelle des Elektrohochofens tritt der elektrische Niederschachtofen, welcher heutzutage eine Gesamtleistungsfähigkeit von etwa 1000 t/24 h hat. Die mittlere Belastung eines großen Ofens liegt bei etwa 10 000 kW und hat eine Leistung bei Verwendung von reichem und gutem Erz von etwa 100 t Roh-eisen/24 h.

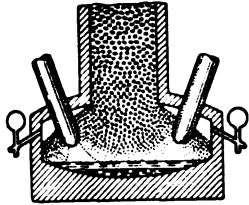


Bild 2. Elektrohochofen.

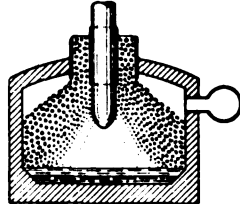


Bild 3. Tysland-Ofen (1925).

Die Bilder 2, 3 und 4 stellen die Entwicklung des elektrischen Schmelzofens dar, und zwar Bild 2 den Elektrohochofen mit seitlich angebrachten Elektroden, also in der Form des Blashochofens nachgebildet. Im Jahre 1925 entstand der Tysland-Ofen (Bild 3) und im Jahre 1928 der Tysland-Hole-Ofen (Bild 4). Bei dem Elektrohochofen und dem Tysland-Ofen drückt die Beschickung stärker gegen die Elektroden. Bei dem Tysland-Hole-Ofen wächst mit der höheren Spannung, bis 175 V zwischen den Elektroden, betrieben werden. Die Roheisentemperatur bei Niederschachtofen wächst mit der Ofenbelastung. Sie ist von großem Vorteil gegenüber dem Elektroden-Hochofen, weil man durch die höhere Temperatur bessere Eisensorten erzeugen kann. Außerdem ist es möglich, eine weitgehende Entschwefelung vorzunehmen.

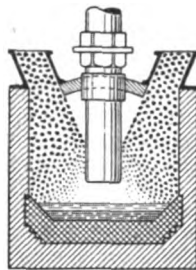


Bild 4. Tysland-Hole-Ofen (1928).

Das wirtschaftliche Verhältnis zwischen Blashochofen und elektrischem Ofen liegt zwischen 4 : 1 und 6 : 1, d. h. eine wirtschaftliche Gleichheit ist vorhanden, wenn 1 kg Koks vier-, bzw. sechsmal soviel kostet wie 1 kWh. Bei dem Niederschachtofen kann man mit minderwertiger Kohle, Gaskoks, Koksgrus, Braunkohle oder Torf arbeiten, was bei dem Hochofen nicht möglich ist, weil dort ein guter Koks oder eine gute Holzkohle notwendig ist. Außerdem kann das Erz im Niederschachtofen kleinstückiger und der Anteil des Möllers an Feinerz größer sein als im Hochofen.

Hole stellt folgende Vergleiche auf: Ein Holzkohlenhochofen benötigt je Tonne Roheisen 750 kg hochwertige Holzkohle zum Preise von rd. 90 RM. Der Niederschachtofen verbraucht 420 kg zu einem Gesamtpreis von 35 RM. Der Niederschachtofen hat einen mittleren Energieverbrauch von 2500 kWh/t, d. h. der Strompreis/kWh darf 53 RM durch 2500 betragen, das ergibt das Verhältnis 6 : 1.

Bei der Vergleichsbetrachtung sind aber die niedrigen spezifischen Anlagekosten bei der elektrischen Verhüttung gegenüber dem Blashochofen nicht in Betracht gezogen. Als erster Anhalt dürfte wohl das Verhältnis von 5:1 am günstigsten sein.

Kps.

**Theoretische Elektrotechnik**

DK 539.164.83

**Aufladung und Sekundärelektronenemission.** [Nach K. Scherer, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 3, S. 143; 18 S., 24 B.]

Nach kurzer Behandlung der bisherigen Meßmethoden und Messungen der Sekundärelektronenemission bzw. der Aufladung fester Körper bei Elektronenbeschießung wird ein neues, von Rogowski vorgeschlagenes Verfahren zur Messung der Aufladung mitgeteilt. Die Aufladung wird durch einen zweiten Meßelektronenstrahl festgestellt, der senkrecht zum beschießenden Hauptelektronenstrahl steht und dicht über den

zu untersuchenden Körper (meist eine Platte) streicht. Durch die Aufladung der Platte wird der Meßelektronenstrahl abgelenkt und erzeugt auf einem Leuchtschirm ein Leuchtbild, das in erster Näherung die Größe und Verteilung der Aufladung wiedergibt (Bild 5). Mit diesem Verfahren findet man bei einer bestimmten Anodenspannung sowohl bei Beschießung von Leitern



$U_a = 5 \text{ kV}$  Die eingezeichnete gestrichelte Linie gibt die Lage der Glasoberfläche an

Bild 5. Potentialbild eines in Meßstrahlrichtung 30 mm langen Elektronenstriches auf Glas.

als auch von Isolatoren eine Aufladung des beschossenen Körpers, deren Höhe mit schrägerem Elektronenaufprall zurückgeht. Die Abhängigkeit zwischen Drehwinkel des Schirmes und der 2. Gleichgewichtsspannung (die Anodenspannung, bei der die Aufladung einsetzt und die Ausbeute gleich 1 wird) entspricht den aus dem Schrifttum bekannten Kurven. Es werden Aufladungskurven einer Aluminium-, Glas- und Glimmerplatte gezeigt. Die Messungen werden an gewöhnlichen Platten des zu untersuchenden Stoffes, die gut gereinigt werden, ausgeführt. Sie geben also ein Bild dessen, was man unter diesen Umständen erwarten kann. Weiter wird festgestellt, daß Glas und Glimmer dasselbe Verhalten der Aufladung bei Elektronenbeschießung zeigen wie Leiter; also Einsetzen der Aufladung bei der 2. Gleichgewichtsspannung, danach ein der Zunahme der Anodenspannung proportionales Ansteigen der Aufladungshöhe und auch Aufladungsverminderung bei schrägerer Schirmstellung. Durch künstliche Verkleinerung des Isolationswiderstandes einer Metallplatte verringert sich, wie der Versuch zeigt, die Höhe der Aufladung. Es wird eine Beziehung der verminderten Aufladung zur Größe des Ableitwiderstandes und des Primärelektronenstromes aufgestellt. Verschiedene Fluoreszenzmaterialien, mit verdünntem Wasserglas auf Aluminium- und Gasplatten befestigt, zeigen bis 20 kV, mit Ausnahme der Kalziumwolframat- und Zinksulfidschirme auf Glas, keine Aufladungen. Schließlich lassen mehrere Leuchtschirmbilder die Formen der Aufladungsfelder bei Punkt-, Strich- und Rasterbeschießung einer Glasplatte erkennen.

DK 537.525

**Chemische Vorgänge in der Glimmentladung.** [Nach W. Holtz u. R. Müller, Ann. Phys., Lpz. 24 (1939) S. 489; 32 S., 9 B.]

Im Gebiet einer Glimmentladung werden Bildung und Zerfall von chemischen Verbindungen gleichzeitig beobachtet. Aus atomtheoretischen Gründen ist die Kenntnis der chemischen Vorgänge in der Entladung besonders wertvoll, jedoch können die Grundvorgänge nur schwer erfaßt und gedeutet werden, da immer eine ganze Kette von ineinander zusammenhängenden Umwandlungen behandelt werden muß.

Die Vorgänge bei der Stickstoffoxydation werden mit einer spektroskopischen Methode untersucht, die es ermöglicht, den Ablauf der chemischen Umwandlungen im ganzen Entladungsgebiet zu verfolgen. Aus den Intensitäten der Verbindungsspektren und der einzelnen Komponenten in den verschiedenen Entladungsteilen können Rückschlüsse auf die Reaktionsketten gezogen werden. Die Untersuchung beschränkt sich auf die Gase N und O, die sich in der Glimmentladung vereinigen sollen, wobei insbesondere die Vereinigungsstelle als erster möglicher Reaktionsort näher untersucht wird. Da die entstehende Verbindung in der Entladung wieder zerfällt, wurden verhältnismäßig schwache Entladungsströme und strömende Gase verwendet. Durch die dauernde Zufuhr frischer Gase ergibt sich eine fortwährende Wiederholung der einzelnen Reaktionen, die in ihren Spektren schließlich einen stationären Zustand zeigen. Die Versuche wurden mit zwei verschiedenen Entladungsröhren durchgeführt, die sich hauptsächlich durch ihre lichten Weiten unterscheiden (40 mm und 3 mm). Nach orientierenden Messungen an ruhenden Gasen wurden die strömenden Gase in verschiedenen Mischungsverhältnissen untersucht. Es zeigte sich zunächst, daß die positive Säule einer Glimmentladung in Röhren mit größerer Weite als 1 cm bei den chemischen Vorgängen keine Rolle im Hinblick auf die Verbindungsaktivierung spielt. Als Ort für die Verbindungsbildung wurde das negative Glimmlicht ermittelt. Ein hoher Stickstoffanteil erwies sich für die Stickoxydbildung als günstig, während bei Sauerstoffüberschuß nur eine Herabsetzung der Leuchtintensität be-

obachtet wurde. Eine Abhängigkeit von den Entladungsparametern konnte nicht festgestellt werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse werden in einem Reaktionsschema veranschaulicht, das die Vorgänge der Vereinigung und des Zerfalls der beiden Gase und die dabei auftretenden Reaktionsketten wiedergibt. — *ffe.*

### Physik

DK 621.386

#### Neuzeitliche Technik der Hochspannungsröhren zum Erzeugen von Röntgenstrahlen und Neutronen. [Nach M. Matricon, Rev. gén. Électr. 45 (1939) S. 629; 8½ S., 9 B.]

Entladungsröhren für 600 kV, die im Betrieb dauernd evakuiert werden, sind in Frankreich an 4 Stellen in Benutzung; drei davon dienen zum Erzeugen von Röntgenstrahlen und eine zum Gewinnen von Neutronen, mit deren Hilfe z. B. künstliche radioaktive Stoffe hergestellt werden können. Die mit symmetrisch verteilter Spannung betriebenen Röntgenröhren bestehen aus einem 4 mm starken Stahlrohr mit Bleibelag als Mittelteil und 2 Porzellandurchführungen an den Enden, die die Elektroden tragen. Die Anode besteht aus einem Hohlkörper aus 2 mm starkem Stahl mit Elektroneneintrittsöffnung (zum Schutz der übrigen Röhrenteile gegen Erwärmung durch Sekundärelektronen) und trägt eine Bleieinlage als Strahlenschutz. Durch einen Bleizylinder, der die Anode umgibt, eine Lochblende aus Blei zwischen Anode und Kathode und einen Bleibelag auf dem Stahlzylinder wird ein Gesamtschutz von 36 mm Blei erreicht. Der Boden des Anodenhohlkörpers besteht aus Kupfer von 1 bis 2 cm Stärke und trägt die Antikathoden-Wolframscheibe von 6 cm Dmr. Seine Rückseite wird durch strömendes Öl gekühlt, das 6 kW Leistung abzuführen hat. Die Gesamtfilterung beträgt 6 mm Stahl, 0,5 mm Aluminium und 16 mm Öl. Der Pumpensatz zum Evakuieren besteht aus einer mechanischen Vorvakuumpumpe, einer Quecksilberdampf- und einer Öldiffusionspumpe. Die mechanische Pumpe wird nur intermittierend betrieben. Sie wird selbsttätig eingeschaltet, wenn der Gasdruck zu hoch wird, und zwar mit Hilfe eines im Vakuum angeordneten Nickelwiderstandes in Brückenschaltung. Der Gasdruck ist maßgebend für die Wärmeableitung und somit für die Temperatur und den ohmschen Widerstand des Nickelleiters. Auch die Wasserkühlung des Pumpensatzes wird selbsttätig überwacht. Die Anlage kann monatelang Tag und Nacht sich selbst überlassen bleiben. Zur Vorvakuummessung dient ein thermoelektrisches Element im Gasraum, das bei bestimmter Stromstärke eine vom Gasdruck abhängige Temperatur annimmt, zur Hochvakuummessung ein Ionisations-Mikromanometer. Dieses besteht aus einer Dreielektrodenröhre mit positiver Gitterspannung. Der Strom zwischen Kathode und Gitter von etwa 20 mA ionisiert das Restgas. Die positiven Ionen werden von der negativ geladenen dritten Elektrode herausgezogen. Die mit einem Mikroamperemeter gemessene Ionenstromstärke zeigt den Gasdruck ( $10^{-4}$  bis  $10^{-6}$  Torr) an. Die vakuumdichten Verbindungen der zerlegbaren Röhre, insbesondere die Verbindungen der Porzellandurchführungen mit den Metallteilen, enthalten einen plastischen Dichtungstoff und werden durch Wasser oder, soweit sie Hochspannung führen, durch Öl gekühlt. Hierfür ist eine getrennte Ölkühlung erforderlich, da die mittlere Temperatur des die Anode kühlenden Öls ( $50^{\circ}\text{C}$ ) für die Dichtungen zu hoch ist. Der Ölbehälter wird durch Wasser gekühlt. Derartige Röntgenröhren bieten nicht nur für medizinische Zwecke (Strahlentherapie), sondern auch für industrielle Werkstoffprüfung Vorteile. Man kann z. B. mit 550 kV und 6 mA Durchstrahlungsaufnahmen von 15 cm starkem Stahl in 40 min gewinnen und dabei Luft einschließen oder dgl. von wenigen Millimeter Durchmesser erkennbar machen.

Die Neutronenröhre für 600 kV ist einseitig geerdet. Sie besteht aus zwei hintereinander angeordneten Porzellandurchführungen und bildet eine zweistufige Beschleunigungs- röhre für die Ionen. Die am Hochspannungspol angeordnete Ionenquelle besteht aus einem Entladungsraum, der bei kalten Elektroden mit 50 kV Spannung gespeist wird. Bei Verwendung einer Glühkathode genügt eine niedrigere Spannung. Der in diesen Raum ständig einströmende Wasserstoff wird hier ionisiert. Die Ionen werden vom elektrischen Feld durch eine Öffnung von nur 3 mm Dmr. in den Beschleunigungsraum der Röhre gezogen und hier mit 600 kV beschleunigt. Die Deuteronen (Ionen des

schweren Wasserstoffs) treffen am geerdeten Ende der Röhre auf eine Lithiumscheibe auf. Durch Atomumwandlung bildet sich aus einem Lithiumatom und einem Deuteron ein Berylliumatom unter Freigabe eines Neutrons. Der Druck im Ionisationsraum beträgt etwa 1 bis 2 Torr, im Beschleunigungsraum dagegen muß ein viel niedrigerer Druck herrschen. Es ist daher eine sehr leistungsfähige Pumpanlage erforderlich. Die Öldiffusionspumpe fördert 150 l/s. Der 50 kV-Generator für die Ionenquelle, der für 600 kV positive Spannung gegen Erde isoliert sein muß, wird über Isolierröhrchen von der Erde aus angetrieben. Am geerdeten Ende der Neutronenröhre ist eine Einrichtung zum Zentrieren des Ionenbündels, eine magnetische Kammer zur Analyse der Ionen (Massen-Spektrograph), eine Sekundärelektronenfalle und eine Vakuumschleuse zum Reinigen der Lithiumscheibe vorhanden. Während zum Schutz gegen Röntgenstrahlen Stoffe mit möglichst hoher Ordnungszahl in Betracht kommen und praktisch in erster Linie Blei geeignet ist, braucht man zum Schutz gegen Neutronen Stoffe niedriger Ordnungszahl, insbesondere wasserstoffhaltige Stoffe (z. B. Wasser, Paraffin oder Borverbindungen). In der beschriebenen französischen Anlage dient eine Zwischenwand von 1 m Wasser als Schutz. *H. Gf.*

DK 537.527.4

#### Untersuchungen über den Durchschlag in verdichteten Gasen. [Nach A. H. Howell, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 193; 11. S., 14 B.; Disk. 2 S., 2 B.]

Es wird berichtet über Untersuchungen über den Durchschlag in verdichteter Luft bei Drücken bis 42 atü und Gleichspannung bis 450 kV, die mit einem Van der Graaf-Generator erzeugt wurde. Die Versuchsanordnung bestand aus einer Funkenstrecke in einer Hochdruckkammer. Untersucht wurden ebene Elektroden, koaxiale Zylinder und eine Spitze-Platte-Anordnung. Gemessen wurden die Durchschlagsspannungen und Vorströme bei verschiedenen Drücken und Elektrodenanordnungen.

Bei ebenen Elektroden wächst die Durchschlagspannung annähernd proportional mit dem Elektrodenabstand, aber bei Drücken über 10 atü nicht mehr linear mit dem Druck. Bei 42 atü beträgt sie nur noch 60% von dem Wert, den sie bei linearem Anstieg besitzen würde. Aufrauen der Elektroden mit dem Sandstrahl setzt die Durchschlagspannung wesentlich herab, bei niedrigen Drücken bis auf 75%, bei hohen Drücken sogar bis auf 25%. Während diese Herabsetzung bei niedrigen Drücken schon nach einigen Überschlügen verschwindet, werden bei hohen Drücken Hunderte bis Tausende von Überschlügen gebraucht, bis ein konstanter Endwert der Durchschlagspannung erreicht ist. Beim Austausch des Gasinhalts der Kammer trat keine Herabsetzung der Durchschlagspannung auf. Wenn nur eine Elektrode aufgeraut wird, tritt dieselbe Herabsetzung der Durchschlagspannung auf, gleichgültig ob die Anode oder die Kathode aufgeraut wird.

Es wurden ferner koaxiale Zylinder mit einem Durchmesserverhältnis  $D/d \approx \epsilon$  untersucht; der Innendurchmesser  $D$  des äußeren Zylinders wurde dabei von 27 bis 100 mm verändert. Wenn der innere Zylinder Kathode ist, zeigen sich etwa dieselben Erscheinungen wie bei ebenen Elektroden, jedoch liegt die Festigkeit wesentlich niedriger: bei hohen Drücken wurden Festigkeiten bis herunter zu 3,7 kV/cm ata gemessen. Durch fortgesetztes Überschlagenlassen von Funken läßt sich keine konstante obere Grenze der Durchschlagspannung erzielen. Wenn der innere Zylinder Anode ist, streuen bei höheren Drücken die Werte sehr stark und liegen 20 bis 50% niedriger als bei umgekehrter Polarität. Bei der Spitze-Platte-Anordnung ergeben sich interessante Unregelmäßigkeiten bei positiver Spitze. Hier steigt die Durchschlagspannung zunächst mit dem Druck an; von etwa 7 bis 10 atü streut sie stark, fällt dann bei einem „kritischen“ Druck scharf ab, um darauf ganz langsam wieder anzusteigen. Ein ähnliches Verhalten zeigt der kurz vor dem Durchschlag gemessene Strom; bei Drücken, die über dem kritischen Druck liegen, war jedoch kein Vorstrom meßbar. Der kritische Druck ist bei Helium mit 3% Stickstoff  $2\frac{1}{2}$  mal so hoch wie bei reinem Stickstoff. Der Verfasser gibt eine umfangreiche Übersicht über bisherige Arbeiten über den Durchschlag in verdichteten Gasen und untersucht, welche von den bestehenden Theorien sich mit seinen Messungen in Einklang bringen lassen. In der Diskussion wird u. a. über Messungen bei Drücken bis 140 at und Wechselspannungen bis 150 kV<sub>max</sub> berichtet. *uh.*

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

**Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)**

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

#### Meßgeräte

Gemäß Bekanntmachung des Ausschusses für Meßgeräte in der ETZ 59 (1938) S. 1225 ist die Neufassung VDE 0410/X. 38 „Regeln für Meßgeräte“ am 1. Oktober 1939 in Kraft getreten.

Es wird hiermit bekanntgegeben, daß mit Rücksicht auf die besonderen Zeitumstände die Neufassung bis auf weiteres nicht für solche Meßgeräte gelten soll, die einer laufenden, auf der alten Fassung der „Regeln für Meßgeräte“ aufgebauten Produktion entstammen. Für alle nach dem 1. Oktober 1939 neukonstruierten Meßgeräte ist dagegen die neue Fassung VDE 0410/X. 38 zu Grunde zu legen. Meßgeräte, die nach der alten Fassung der Regeln gebaut sind, müssen auch die alte Klassenbezeichnung tragen.

#### Elektrische Haushaltherde

Der Ausschuß für Elektrowärmegeräte hat Entwürfe zu den Normblättern

DIN VDE 4913 „Elektrische Haushaltherde: Richtlinien“ und

DIN VDE 4914 „Elektrische Haushaltherde in Sonderbauart, Einzel- und Doppelkochplatten, Tischherde, Einzelbratöfen u. dgl.: Richtlinien“

fertiggestellt, die in ETZ 61 (1940) H. 14, S. 329 u. 330 veröffentlicht sind. Die beiden Normblätter entsprechen den bisher bestehenden technischen Lieferbedingungen für Elektro-Haushaltherde der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung, soweit diese nicht bereits durch die in VDE 0720/1937 „Vorschriften für Elektrowärmegeräte“ festgelegten Sicherheitsbestimmungen überholt sind. Begründete Einsprüche und Anregungen zu den Normblattentwürfen sind bis zum 1. Mai 1940 an die Geschäftsstelle einzuzeichnen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

#### Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

#### Fachversammlung

des Fachgebiets: „Elektrizitätswerke und Unterwerke“, Leiter:  
Dir. Dr.-Ing. E. Krohne VDE

Vortrag

des Herrn Dir. Dr.-Ing. H. Freiberger VDE, Frankfurt a. M.,  
am Dienstag, dem 9. April 1940, um 18<sup>00</sup>, in der Technischen

Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das  
Thema:

„Lichtbogenwanderung in Schaltanlagen“

Inhaltsangabe:

Betrachtungen über das Verhalten des Kurzschlußlichtbogens hoher Leistung in Hochspannungsschaltanlagen und gekapselten Niederspannungsverteilungen — Vorgänge bei der Lichtbogenwanderung auf Sammelschienen und Abzweigen — Möglichkeiten der Beeinflussung des Lichtbogens, insbesondere Steuerung, Ablenkung und Fortleitung in gewünschter Richtung — Bericht über Versuchsergebnisse und mögliche Anwendungen auf den Schaltanlagenbau.

Eintritt und Kleiderablage frei.

#### Gemeinschaftsveranstaltung

des Vereins Deutscher Bergleute Bezirk Berlin, der  
Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft Bezirk  
Berlin und des VDE Bezirk Berlin

am Donnerstag, dem 11. April 1940, 17<sup>30</sup>, Saal EB 301 der  
Technischen Hochschule zu Charlottenburg, über das Thema:

„Licht und Leistung im Bergbau“

Es sprechen:

1. Dipl.-Ing. E. Schneider DLTG, VDE über

„Die lichttechnischen Bedingungen im Bergbau“  
(mit Vorführungen)

Inhaltsangabe:

Die besonderen Anforderungen des Bergbaus an eine gute Beleuchtung — Bringt farbiges Licht Vorteile? — Preßluftleuchten — Steigerung des Lichtstroms und Erhöhung der Sicherheit beim Batteriegerät — Verbesserung der Lichtquellen — Die lichttechnischen Eigenschaften des Geleuchtes.

2. Dr.-Ing. H. Bohnhoff VDE über

„Der heutige Stand der beleuchtungstechnischen  
Anlagen im Bergbau über und unter Tage“

Inhaltsangabe:

Über-Tage-Anlagen: Außenbeleuchtung (Zechenbahnhöfe, Verladeanlagen, Tagebaue usw.) — Innenbeleuchtung (Staubdichte Leuchten, Leseband-Beleuchtung, explosionsgeschützte Leuchten, Flutlicht, Spiegelrinnen, Oberlicht-Leuchtstoffe) — Verdunkelungsmaßnahmen — Unter-Tage-Anlagen: Ortsfeste Beleuchtung — Ortsveränderliche Beleuchtung (Abbau-Beleuchtung) — Tragbares Geleucht — Entwicklungsmöglichkeiten.

Eintritt und Kleiderablage frei.

#### Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Kabel und Leitungen.** Leiter: Dipl.-Ing. O. Gasser VDE.

8. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Fehler in Niederspannungsnetzen und deren Bekämpfung“. Vortragender: Dipl.-Ing. G. Bach VDE.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

11. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Kathodenstrahlröhren zur Bildsendung (Bildgeberöhren)“. Vortragender: Dr. R. Theile. (Mit Vorführungen.)

VDE Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer

Burghoff

#### Sitzungskalender

**VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund.** 10. 4. (Mi), 20<sup>00</sup>, Gaststätte „Berghoff“, Rheinische Str. 2: „Mechanische und elektrische Probleme beim Entwurf von Grenzleistungs-Turbogeneratoren“ (m. Lichtb.). Dr. Nimsch VDE.

**VDE Bezirk Südbayern, München.** 10. 4. (Mi), 20<sup>00</sup>, T. H.: „Die elektrische Meßtechnik in Kraft- und Umspannwerken“. Dr.-Ing. Sorge VDE.

VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau. 9. 4. (Di), 20<sup>00</sup>, El. Inst. T. H.: „Die Beherrschung großer Kurzschlußströme vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt“. Dipl.-Ing. E. König VDE.

## PERSONLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**F. Todt.** Zwecks Zusammenfassung aller in der Waffenherstellung und Munitionserzeugung tätigen Stellen unter einheitlicher Leitung und zur Durchführung des vom Führer aufgestellten gewaltigen Waffen- und Munitionsprogramms wurde der Leiter des Hauptamtes für Technik der NSDAP, und Generalinspektor für das Deutsche Straßenwesen, Generalmajor Prof. Dr.-Ing. Fritz Todt, zum Reichsminister für Bewaffnung und Munition berufen.

**Hochschulschriften.** — Dem Leiter der Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau“ Dr. techn., Dr.-Ing., Dr. phil. Heinrich Sequenz VDE, ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor in der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Wien der Lehrstuhl für Elektromaschinenbau übertragen worden.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.327.42

**Glimmlampen, Glimmstrecken und ihre Schaltungen,** ein vielseitiges Werkzeug des Elektrikers. Von Prof. Dr. F. Schröter unt. Mitarb. v. Dr. J. Schloemilch. Mit 130 B. u. 200 S. im Format 150 × 220 mm. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig 1939. Preis geb. 7,80 RM.

Wer das neue Buch von F. Schröter über Glimmlampen und Glimmstrecken zur Hand nimmt, wird zuerst eine Neuauflage des vom Verfasser im gleichen Verlag in mehreren Auflagen erschienenen Buches über Glimmlampen vermuten, besonders da die Aufteilung des Inhaltes fast beibehalten ist. Aber schon bei Beginn des Studiums muß er dem Verleger recht geben, daß dieser das Buch als ein neues Werk der Öffentlichkeit übergeben hat. In seinem Vorwort nennt der Verfasser selbst seine erste Veröffentlichung eine werbende Broschüre. Das neue Buch ist eine ausgezeichnete Vereinigung eines gewissenhaften Handbuches mit einem pädagogisch ausgezeichneten Lehrbuch. Besonderen Wert legt der Verfasser auf die ausführliche Behandlung der gasentladungsisphysikalischen Grundlagen, welche für Glimmlampen und technische Glimmröhren maßgeblich sind. Es ist besonders wertvoll für den Leser, daß er nicht nur mit den vielen Verwendungsmöglichkeiten, die die Glimmröhren dem Elektriker bieten, vertraut gemacht wird, sondern daß ihm auch die Grenzen gezeigt werden, die in der Anwendung nicht überschritten werden dürfen. Eine große Fülle von Abbildungen, Schaltzeichnungen und Meßdaten ermöglichen dem Neuling, sich in das behandelte Gebiet sehr gut einzuarbeiten. Die Aufteilung des Buches nach den einzelnen Anwendungsgebieten der Glimmröhren ist vorteilhaft. Hervorzuheben ist, daß auch die Nachbargebiete wie Leuchtröhren, Spektrallampen und gasgefüllte Glühkathodenröhren in das Buch aufgenommen worden sind. Die ausführliche Behandlung der vorliegenden Literatur mit Quellenangaben und die am Schluß des Buches vorhandene Aufstellung sämtlicher im Handel erhältlichen Glimmröhren mit Tafeln ihrer elektrischen Werte und Firmenangaben vervollständigen das Buch.

H. Straehler

DK 53(075)

**Grimsehl's Lehrbuch der Physik.** Neubearb. v. Prof. Dr. R. Tomaschek. Bd. 3: Materie und Äther. 9. Aufl. Mit 339 B., VIII u. 458 S. im Format C 5. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1939. Preis geb. 14 RM.

Der dritte Band<sup>1)</sup> des Lehrbuches der Physik von Grimsehl-Tomaschek, der die Verknüpfung der Materie mit dem Äther behandelt, hat seit seinem ersten Erscheinen eine besondere Stellung unter den zahlreichen Büchern eingenommen, die die moderne Quanten- und Wellenphysik behandeln. Seine Beliebtheit verdankt er dem Umstande, daß er die Tatsachen in den

Vordergrund stellt und die Theorie nur so weit bringt, wie sie zur geistigen Durchdringung der Tatsachen notwendig ist. Daß die vorliegende Auflage nach wenig mehr als einem Jahre der Vorhergehenden folgen konnte, legt von seiner weiten Verbreitung Zeugnis ab. Trotz dieses kleinen Zeitraumes wurde der Inhalt an mehreren Stellen, der neueren Erkenntnis folgend, umgeformt. So sind die Angaben über die radioaktive Erdwärme, Geschwindigkeitsabhängigkeit der Elektronenmasse, Massenspektroskopie und anderes geändert worden. Neu aufgenommen wurde das Starksche Atommodell, das Mesotron und die Hahnschen Ergebnisse der Uranumwandlung. Das Kapitel über Kernphysik wurde durch Angabe der Apparate zur Erzeugung hoher Spannungen sowie durch Eingehen auf die Vorstellungen vom Kernbau erweitert. Diese Angaben zeigen, daß der Verfasser dauernd bemüht ist, das Buch auf der wissenschaftlichen Höhe zu halten.

W. Bauer

DK 621.383

**Die Photozelle in der Technik.** Von Dr. H. Geffcken und Dr. H. Richter. 3. verbess. Aufl. Mit 122 B., 6 Tafeln u. 95 S. im Format A 5. Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 2,50 RM.

Von diesem kleinen Werk, das bereits in ETZ 55 (1934) S. 948 und in ETZ 57 (1936) S. 935 besprochen wurde, ist nunmehr die dritte erweiterte und verbesserte Auflage erschienen. Die Vorhersage, das auch die 2. Auflage eine schnelle und weite Verbreitung finden würde, ist also eingetroffen. Auch für die vorliegende 3. Auflage gilt das früher Gesagte: Eine kurze, aber doch alles Wichtige umfassende Zusammenstellung der Arten der Photozelle und ihrer Anwendungen in der Praxis. Die photoelektrische Abstufung, die Lichtschraube sowie Meß- und Steuergeräte werden eingehend behandelt. Hinzugefügt ist ein Kapitel über die Prüfung der Photozellen. Da die Verwendung der Photozelle in der Praxis immer weitere Fortschritte macht, so wird auch die neue Auflage bei guter Ausstattung und mäßigem Preis viele Freunde finden und bald vergriffen sein.

W. Voegel VDE

## EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

### Bücher

Preisbildung und Warenregelung. 2. Teil: Eisen- und Metallwirtschaft. Ergänzungslieferung Nr. 34 bis 39. Verlag Hermann Luchterhand, Berlin-Charlottenburg.

### Doktordissertationen

Hans Kappeler, Ein neuer elektrischer Wärmemengen-Zähler, seine Theorie und Wirkungsweise. T. H. Karlsruhe 1938.

### Berichtigungen

Im I. Messeheft d. J. (H. 9) sind unter „Installations-technik“ auf S. 219 die Abmessungen des Schalterkastens für einen Kippschalter in 37 · 17 · 26 mm zu berichtigen.

Elektro-Mechanik Heinrich List, Teltow.

In dem Aufsatz „Entwicklung der Selbststeuertechnik für Dieselmotortrommanlagen“ in Heft 11 der ETZ 61 (1940) gehören auf S. 271 linke Spalte die Zeilen 11 von „Bild 2“ bis Zeile 42 „aufrechterhalten“ als Erläuterungen zu Bild 2 nach S. 270.

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

G. Goldbach, Berlin W 15, Lietzenburger Str. 4.  
Dr.-Ing. F. Lehmann, Berlin-Charlottenburg 9, Westendallee 50a  
Prof. Dipl.-Ing. E. Winkel, Wien 65, Blindengasse 7/33.

Abschluß des Heftes: 29. März 1940.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkel VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

<sup>1)</sup> Bespr. d. 1. u. 2. Bandes: ETZ 60 (1939) S. 119.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 11. April 1940

Heft 15

## Die Spannungsverlagerung in Kabelnetzen

Von E. Kluss VDE, Piesteritz

**Übersicht.** Im 550 V-Kabelnetz eines großen Industrierwerkes traten große Spannungsverlagerungen auf, als deren Ursache Erdschlüsse über komplexe Widerstände angesehen werden mußten. Im folgenden wird gezeigt, wie aus der gemessenen Spannungsverlagerung die Größe des komplexen Widerstandes ermittelt werden kann. Es werden auch Mittel angegeben, die unangenehmen und mitunter gefährlichen Spannungsverlagerungen einzudämmen bzw. abzusenken.

### 1. Auftretene Spannungsverlagerungen im Kabelnetz

Das 550 V-Kabelnetz eines großen chemischen Industrierwerkes zeigte zeitweilig Spannungsverlagerungen, die ungebührlich hohe Spannungen der einzelnen Phasen gegen Erde zur Folge hatten. Bild 1 zeigt die auf Grund einer Messung erhaltene Spannungsverlagerung dieses Drehstromsystems. Das Drehstromnetz besitzt ein linksdrehendes System; seine Phasenspannungen betragen rd. 320 V. Die Messung ergab eine Nullspannung von 670 V, so daß auch die Spannungen der einzelnen Phasen weit höhere als normale Werte gegen Erde besaßen; die größte Spannung der Phase R betrug 990 V. Aufgenommene Registrierstreifen der drei Spannungen ließen die zeitweilig eintretende hohe

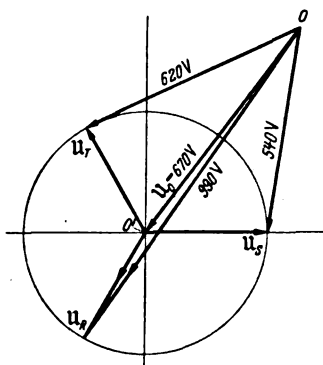


Bild 1. Gemessene Nullpunktverlagerung im 550 V-Netz.

Spannungsverlagerung gegenüber dem normalen, gesunden Zustand des 550 V-Netzes erkennen. Aus ihnen wurde ersichtlich, daß dieser verlagerte Zustand in ungefähr gleicher Größe einige Zeit bestehen bleibt, um dann in einen anderen Zustand überzugehen. Es handelte sich dabei offenbar um Schaltvorgänge, als deren Folge der Übergang des einen verlagerten Zustandes in einen anderen auftritt.

Bei den über ohmsche Widerstände auftretenden oder satten Erdschlüssen trat eine derart hohe Spannung einer Phase gegen Erde nicht auf. Theorie und Versuche zeigten nun, daß die hohen Spannungsverlagerungen auf Erdschlüsse über komplexe Widerstände zurückzuführen sind.

### 2. Grundgleichungen des Systems

In Bild 2 ist ein Drehstromkabel abgebildet, das an den symmetrischen Phasenspannungen  $U_R, U_S, U_T$  liegt, und dessen Kapazitäten gegen Erde durch die gleich-

großen Kondensatoren  $C$  in Farad je Phase dargestellt werden. Der Einfachheit halber sei der ohmsche und induktive Widerstand der einzelnen Phasenleiter und Erde vernachlässigt. Im Punkte  $F$  trete ein Erdschluß über einen komplexen Widerstand  $Z = R + j\omega L$  auf. Dadurch

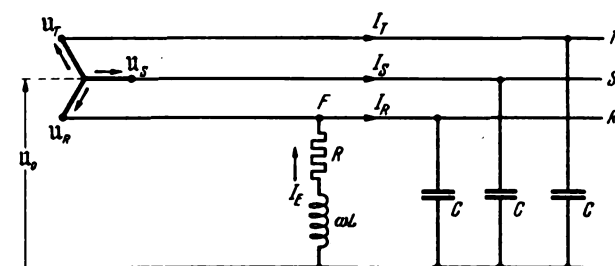


Bild 2. Drehstromkabel mit Erdschluß über einen komplexen Widerstand bei  $F$ .

erhält der Sternpunkt des Systems eine Spannung  $U_0$  gegen Erde. Bezeichnet man die Ströme der Phasen  $RST$  über die Kondensatoren mit  $I_R, I_S, I_T$ , ihre Leitwerte gegen Erde mit  $\mathfrak{Y}_R, \mathfrak{Y}_S, \mathfrak{Y}_T$ , dann folgt für die Ströme

$$I_R + I_S + I_T = I_E. \quad (1)$$

Für die Spannungen in den einzelnen Stromkreisen ergibt sich das Gleichungssystem

$$\left. \begin{aligned} (U_R + U_0) \mathfrak{Y}_R &= I_R & (U_T + U_0) \mathfrak{Y}_T &= I_T \\ (U_S + U_0) \mathfrak{Y}_S &= I_S & (U_R + U_0) \mathfrak{Y}_E &= -I_E \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Für die Leitwerte erhält man

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{Y}_R &= j\omega C & \mathfrak{Y}_T &= j\omega C \\ \mathfrak{Y}_S &= j\omega C & \mathfrak{Y}_E &= \frac{1}{R + j\omega L} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Da voraussetzungsgemäß ein symmetrisches Spannungssystem vorliegt, kommt als weitere Gleichung noch hinzu:

$$U_R + U_S + U_T = 0. \quad (4)$$

Setzt man die in Gl. (3) gegebenen Ausdrücke für die Leitwerte in die Gl. (2) ein und addiert diese, so ergibt sich unter Berücksichtigung der Gleichungen (1) und (4)

$$3 U_0 j\omega C + U_0 \frac{1}{R + j\omega L} = - \frac{U_R}{R + j\omega L},$$

und daraus schließlich

$$U_0 = - \frac{U_R}{1 + 3(j\omega C R - \omega^2 L C)}. \quad (5)$$



Den Erdschlußstrom  $I_E$  findet man aus der vierten Gleichung des Gleichungssystems (2). Es ist

$$I_E = - \frac{U_R + U_0}{R + j\omega L} = \frac{U_R}{R + j\omega L} \frac{3(j\omega CR - \omega^2 LC)}{1 + 3(j\omega CR - \omega^2 LC)} \quad (6)$$

Die Gl. (5) gibt nun als Vektorgleichung Größe und Lage der Nullspannung  $U_0$  und damit den Zustand der Verlagerung des Netzes an, der sich einstellt, wenn in diesem Netz mit den symmetrischen Kapazitäten  $C$  je Phase gegen Erde die Phase  $R$  über einen komplexen Widerstand  $R + j\omega L$  geerdet wird. Hat die Phase  $S$  bzw.  $T$  Erdschluß, so ist in den Gleichungen (5) und (6)  $U_S$  bzw.  $U_T$  statt  $U_R$  zu setzen.

3. Zahlenbeispiel und Nullspannungsabhängigkeit

Die Anwendung der Gl. (5) sei an einem Beispiel gezeigt. Das eingangs erwähnte Kabelnetz, das im Mittel eine Phasenspannung von 320 V hat, besitzt der Messung entsprechend eine Kapazität je Phase gegen Erde von  $C = 7,7 \cdot 10^{-6}$  F. Es möge nun die Phase  $T$  über einen komplexen Widerstand von der Größe  $Z = 30 + j \cdot 62,8$  geerdet werden. Es ist also

$$R = 30 \Omega, \quad \omega L = 62,8 \Omega, \text{ d. h. } L = 0,2 \text{ H.}$$

Damit wird

$$\begin{aligned} \omega CR &= 314 \cdot 7,7 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 0,0725 \\ 3j\omega CR &= 0,2175j \\ \omega^2 LC &= 98700 \cdot 0,2 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6} = 0,152. \end{aligned}$$

Nach Gl. (5) ist zu dem Vektor  $1 - 3 \cdot 0,152 = 0,544$  der Vektor  $0,2175j$  zu addieren (Bild 3); das ergibt den Vektor  $0,585$ . Wird nun die Phasenspannung  $U_T = 320$  V durch diesen Vektor dividiert, erhält man schon Größe und Richtung der negativen Nullspannung  $-U_0$ . Im vorliegenden Fall ergibt sich der Wert  $U_0 = 547$  V. Man sieht, daß der Absolutwert der Nullspannung in diesem Fall größer ist als der der Phasenspannung. Bei sattem

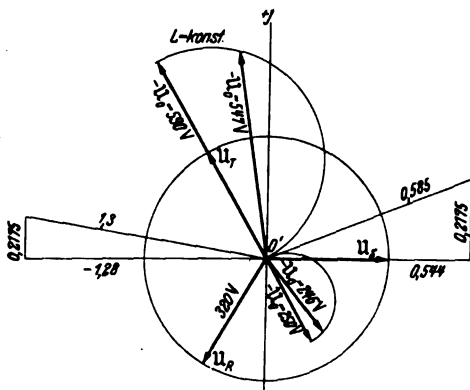


Bild 3. Ermittlung der Nullspannung bei einem Erdschluß der Phase T über einen komplexen Widerstand.

Erdschluß wäre der Absolutwert der Nullspannung gleich dem der Phasenspannung. Läßt man nun  $R$  gegen Null konvergieren ( $R \rightarrow 0$ ), so dreht sich der Nullspannungsvektor auf den Vektor der Phase  $T$  zu, und bei  $R = 0$  fällt seine Richtung mit der Phase  $T$  zusammen. Man erhält im betrachteten Beispiel für die Absolutgröße der Nullspannung bei dem nur theoretisch möglichen Fall  $R = 0$  den Wert  $U_0 = 590$  V. Die Spitze des Vektors  $-U_0$  bewegt sich bei konstantem  $L$  und veränderlichem Widerstand  $R$  auf einem Kreise, dessen Mittelpunkt auf der Richtungsgeraden von  $U_T$  liegt.

Die Induktivität  $L$  möge nun statt  $L = 0,2$  H den Wert  $L = 1,0$  H haben; dann ist  $\omega L = 314 \Omega$  und der Ausdruck

$$1 - 3\omega^2 LC = 1 - 3 \cdot 0,76 = -1,28.$$

Zu diesem Vektor ist wieder der Vektor  $0,2175j$  zu addieren. Man erhält somit den Vektor  $1,3$ . Daraus folgt schließlich für die Nullspannung  $U_0 = 246$  V. Die Nullspannung ist jetzt absolut kleiner als die Phasenspannung. Im theoretischen Fall  $R = 0$  erhält die Nullspannung den Wert  $U_0 = 250$  V.

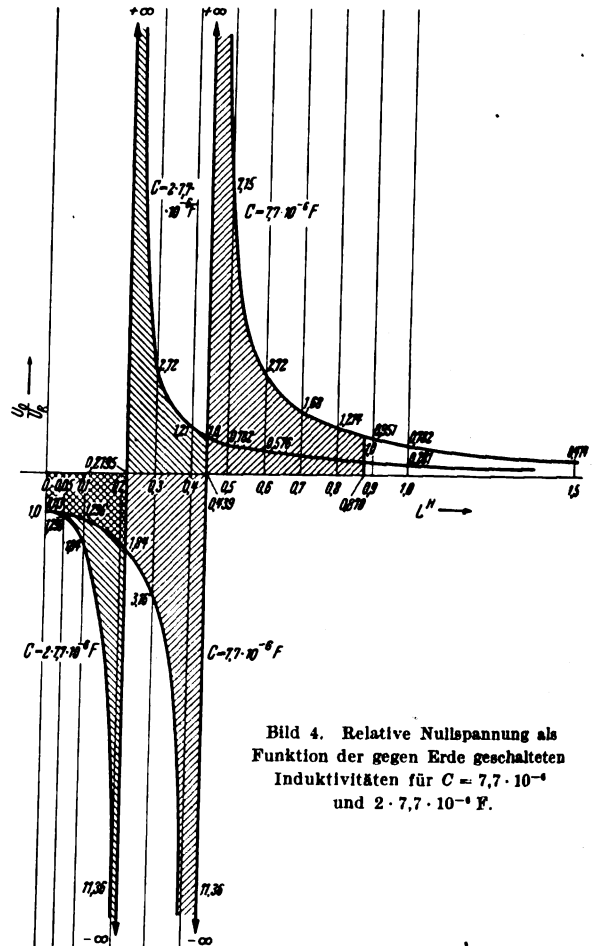


Bild 4. Relative Nullspannung als Funktion der gegen Erde geschalteten Induktivitäten für  $C = 7,7 \cdot 10^{-6}$  und  $2 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6}$  F.

Es interessiert nun die Abhängigkeit der Größe der Nullspannung von der Induktivität des Erdungswiderstandes (Fehlwidstandes). Vernachlässigt man den ohmschen Widerstand, dann folgt aus Gl. (5):

$$U_0 = -U_R \frac{1}{1 - 3\omega^2 LC} \quad (5a)$$

oder

$$-\frac{U_0}{U_R} = \frac{1}{1 - 3\omega^2 LC} = -\frac{U_0}{U_R} \quad (5b)$$

Beide Gleichungen zeigen den Verlauf der Nullspannung in Abhängigkeit von der Induktivität des Fehlerwiderstandes bei einem Netz, dessen Erdkapazität konstant ist ( $C = \text{konst.}$ ). Für den Fall, daß der Nenner des Bruches in den Gleichungen Null wird, tritt ein extrem hoher Wert der Nullspannung (theoretisch unendlich) auf. Es ist also

$$U_0 \rightarrow \infty \text{ für } 1 - 3\omega^2 LC = 0; \quad L_x = \frac{1}{3\omega^2 C} \quad (7)$$

Setzt man für das Netz den Wert der Erdkapazität ein, so lautet Gl. (5 b)

$$-\frac{U_0}{U_R} = \frac{1}{1 - 2,28 \cdot L} \quad (5c)$$

Bezeichnet man den Bruch  $\frac{U_0}{U_R}$  als relative Nullspannung, so stellt die Gl. (5 c) die relative Nullspannung als Funktion der gegen Erde geschalteten Induktivität dar. Bild 4 zeigt das Bild dieser Funktion. Sie besteht aus zwei

hyperbelartigen Ästen, die die Gerade  $L = L_{\infty}$  zu Asymptoten haben. Der Wert  $L_{\infty}$  ergibt sich für das betrachtete Netz  $L_{\infty} = 0,439$  H. Bei diesem Wert tritt theoretisch eine unendlich große Nullspannung auf, praktisch allerdings nicht, da die immer vorhandenen ohmschen Widerstände den theoretischen Wert herabsetzen, und da ferner bei eisenhaltigen Induktivitäten der durch die Induktivität fließende Strom, der infolge der hohen Nullspannung groß ist, durch Sättigungserscheinung die ursprüngliche Induktivität sofort verändert und dadurch die Extrembedingung zerstört. Man sieht ferner, daß rechts und links von diesem Extremwert die Nullspannung verschiedene Richtungen hat, die sich bei rein induktivem Erdschluß um  $e^{j\pi}$  unterscheiden; bei komplexem Erdschluß beträgt der Richtungsunterschied weniger als  $180^{\circ}$  (siehe auch Bild 3).

Weiter erkennt man, daß Induktivitäten in den Grenzen 0 bis  $0,878$  H bei rein induktivem Erdschluß Nullspannungen zur Folge haben, die nicht kleiner, jedoch immer und unter Umständen bedeutend größer als die Phasenspannungen sind. Dieser „Überspannungsbereich“ wird allerdings durch vorhandene ohmsche Widerstände der Strombahn verschmälert, doch fallen in diesen Bereich noch die Induktivitäten von Magnetspulen, Relais, Motorwicklungen und dergleichen. Bei Erdschlüssen über derartige Geräte hat man also große Nullpunktspannungen zu erwarten.

#### 4. Bestimmung des komplexen Fehlwiderstandes

Ist die Größe und Lage der Nullspannung und damit das Bild der Spannungsverlagerung bekannt, so läßt sich daraus die Größe des komplexen Fehlwiderstandes bestimmen. In Bild 5 wurde aus der gemessenen Spannungsverlagerung (Bild 1) im 550 V-Netz die Größe des komplexen Fehlwiderstandes ermittelt. Aus der Beziehung (5) folgt:

$$1 + 3(j\omega CR - \omega^2 LC) = -\frac{U_T}{U_0}$$

Da uns durch Messung sowohl  $U_T$  als auch  $U_0$  bekannt sind, so lassen sich die unbekanntenen Größen wie folgt bestimmen. In unserem Beispiel ist

$$-\frac{U_T}{U_0} = \frac{320}{670} = 0,477$$

Trägt man diesen Vektor 0,477 der Größe und Richtung nach auf, subtrahiert man von ihm den Vektor 1, so erhält man den Vektor  $3(j\omega CR - \omega^2 LC) = 0,922$ . Der dritte Teil dieses Vektors besteht aus der reellen Komponente  $-\omega^2 LC$  und der imaginären Komponente  $j\omega CR$ . Man braucht also nur den Endpunkt des Vektors auf die reelle Achse zu projizieren, um aus den erhaltenden Komponenten  $L$  und  $R$  zu errechnen. Es ist

$$\begin{aligned} \omega CR &= 0,145 & \omega^2 LC &= 0,27 \\ R &= \frac{145\ 000}{314 \cdot 7,7} = 60\ \Omega & L &= \frac{270\ 000}{98\ 700 \cdot 7,7} = 0,355\ \text{H} \end{aligned}$$

oder  $\omega L = 111,5\ \Omega$ .

Der komplexe Widerstand beträgt daher

$$\mathcal{Z} = R + j\omega L = 60 + j111,5 = 126,5\ \Omega$$

Damit kann man auch die Größe und Lage des Erdschlußstromes ermitteln. Es ist nach Gl. (6)

$$I_E = -\frac{U_0 + U_T}{3} = \frac{620}{126,5} = 4,9\ \text{A}$$

Man sieht, daß Nullpunktspannung und Erdschlußstrom aufeinander senkrecht stehen. Weiter ist

$$I_E R = 4,9 \cdot 60 = 294\ \text{V}, \quad I_E \omega L = 4,9 \cdot 111,5 = 546\ \text{V}$$

Die über den Widerstand  $R$  abgeführte Leistung beträgt  $I_E^2 R = 1440\ \text{W}$ .

Um den Betrieb des 550 V-Kabelnetzes bei Versuchen nicht zu stören, und um selbst bei den Messungen durch

Netzstörungen nicht beeinträchtigt zu sein, wurden die Erdschlußversuche nicht am Netz, sondern an einer besonderen Versuchsschaltung durchgeführt. Ein Versuchstransformator 550/125 V wurde an der 125 V-Seite an in Stern geschaltete und mit Erde verbundene Kondensatorgruppen geschaltet. Diese Kondensatoren stellten die Erdkapazität des Kabelnetzes dar. Durch Zu- bzw. Abschalten einzelner Kondensatoren in jeder Gruppe konnte die Netzkapazität in den Grenzen von 2 bis  $13\ \mu\text{F}$  geändert werden. Als Induktivitäten wurden Drosselspulen und Ankerwicklungen von Motoren verwendet.

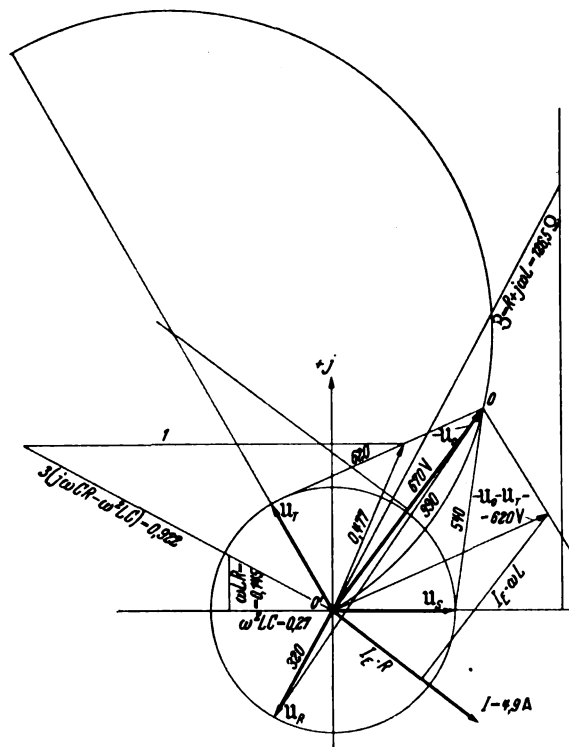


Bild 5. Bestimmung der Größe des Fehlwiderstandes.

Gemessen wurden die Spannungen der Phasen gegen Erde  $U_{R_0}$ ,  $U_{S_0}$ ,  $U_{T_0}$ , die Nullspannung  $U_0$ , der Strom über den Fehlwiderstand sowie öfter die Ströme über die Kondensatoren. Die Auswertung ergab die Größe des komplexen Widerstandes und daraus auch rechnermäßig die Größe des über den Fehlwiderstand fließenden Stromes. Dieser stimmte mit dem gemessenen überein. Zu beachten ist aber dabei, daß bei angeschalteten Spannungsmessern die Verhältnisse andere sind als ohne Spannungsmesser, da ja die Widerstände der Meßinstrumente die Gesamtimpedanz des Netzes ändern.

#### 5. Mittel zur Verminderung der Gefahr hoher Nullpunktspannungen

##### a. Einfluß der erhöhten Erdkapazität

Aus der Gl. (5 b) ist die relative Nullspannung als Funktion der gegen Erde geschalteten Induktivität gegeben:

$$\frac{U_0}{U_R} = f(C, L)$$

Die Kapazität  $C$  kann man als Parameter auffassen. Mit Änderung von  $C$  auf  $C_1$  erhält man eine neue Kurve mit zwei weiteren Kurvenästen. In Bild 4 wurde  $C_1 = 2C$  gesetzt, d. h. die Kapazität des Netzes gegen Erde verdoppelt. Man erkennt deutlich folgendes: Während bei einer Kapazität  $C = 7,7 \cdot 10^{-6}$  F der Bereich der Induktivität  $L$ , bei der die relative Nullspannung größer als

1 ist, zwischen  $L=0$  bis  $L=0,878$  H liegt, wobei  $L_{\infty}=0,439$  H ist, ist bei Änderung der Netzkapazität auf  $C_1=2 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6}$  F der Überspannungsbereich auf die Hälfte vermindert worden;  $L_{\infty}$  liegt jetzt bei  $L_{\infty}=0,2195$ . Eine Vergrößerung der Erdkapazität des Netzes schränkt also den Überspannungsbereich ein. Diese Erhöhung der Erdkapazität kann praktisch entweder durch Vergrößerung des vorhandenen Netzes (Zuschalten weiterer Netzteile) oder durch Zuschalten von Kondensatoren gegen Erde im vorhandenen Netz erfolgen. Eines ist dabei wohl zu beachten: Hohe Nullpunktspannungen können nach wie vor noch auftreten. Sie können bei derselben Induktivität sogar größer sein als früher, wie aus Bild 4 hervorgeht: Bei einer Erdkapazität von  $7,7 \cdot 10^{-6}$  F erzeugte der Erdschluß über eine Induktivität von 0,1 H eine relative Nullspannung von 1,296. Dieselbe Induktivität hat bei Erdschluß in einem Netz von  $2 \cdot 7,7 \cdot 10^{-6}$  F eine relative Nullspannung von 1,84, die also bedeutend höher liegt, zur Folge. Man erkennt, daß eine ideale Lösung, die Überspannungsgefahr allgemein herabzusetzen, durch die Vergrößerung der Erdkapazität nicht erreicht wird; man schränkt wohl den Gefahrenbereich ein, aber innerhalb des Bereiches tritt eine Erhöhung der Überspannung auf.

**b. Wirkung von ohmschen Ableitwiderständen, Leistungsverluste dabei**

Um die Überspannung zu verringern, wurden drei gleichgroße, hochohmige Widerstände  $R'$  (siehe Bild 6)

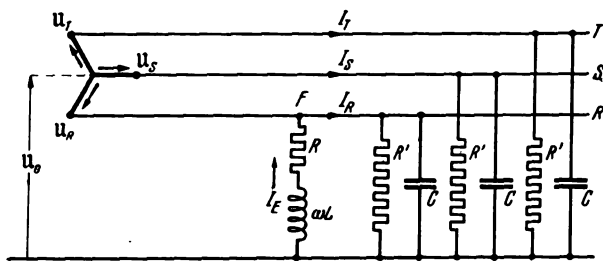


Bild 6. Netzschaltung mit ohmschen Widerständen zwischen Phasen und Erde zur Verringerung der Nullspannung.

zwischen jede Phase und Erde geschaltet. Dann ergeben sich gegenüber den Leitwerten des Gleichungssystems (3) folgende Leitwerte:

$$\left. \begin{aligned} Y_R &= \frac{1}{R'} + j\omega C & Y_T &= \frac{1}{R'} + j\omega C \\ Y_S &= \frac{1}{R'} + j\omega C & Y_E &= \frac{1}{R + j\omega L} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Setzt man diese Werte in das Gleichungssystem (2) ein, so folgt nach einigem Umrechnen und unter Berücksichtigung der Gleichungen (1) und (4) schließlich für die Nullspannung die Beziehung

$$U_0 = - \frac{U_R}{1 + 3 \left[ j \left( \omega C R + \frac{\omega L}{R'} \right) - \left( \omega^2 L C - \frac{R}{R'} \right) \right]} \quad (9)$$

Die Gl. (9) zeigt, wie die Nullspannung von dem Widerstand  $R'$  beeinflusst wird. Man erkennt, daß  $R'$  die Nullspannung verringert, und das um so mehr, je kleiner sein Wert ist. Man bekommt dadurch allerdings einen dauernden Leistungsverlust, der jedoch meistens zulässig ist.

Mit Hilfe der Beziehung (9) kann untersucht werden, auf welchen Wert sich die Nullspannung von 670 V, die im 550 V-Netz gemessen wurde (Bild 1), abgesenkt wird, wenn in jeder Phase ein ohmscher Widerstand  $R'=1000 \Omega$  gegen Erde liegt. Aus dem früher errechneten Wert  $\omega C R = 0,145$  wird jetzt  $\left( \omega C R + \frac{\omega L}{R'} \right)$ ; dabei ist

$$\frac{\omega L}{R'} = \frac{111,5}{1000}, \text{ also } \omega C R + \frac{\omega L}{R'} = 0,145 + 0,1115 = 0,2565.$$

Statt  $\omega^2 L C = 0,27$  erhält man jetzt  $\left( \omega^2 L C - \frac{R}{R'} \right)$ . Da

$$\frac{R}{R'} = \frac{60}{1000}, \text{ ergibt sich } \omega^2 L C - \frac{R}{R'} = 0,27 - \frac{60}{1000} = 0,21.$$

Die Vektorgleichung (9) lautet in diesem besonderen Fall

$$U_0 = - \frac{U_T}{1 + 3 [j 0,2565 - 0,21]} \quad (9a)$$

In Bild 7 ist die Bestimmung von  $U_0$  durchgeführt. Es zeigt sich, daß die Nullspannung den Wert  $U_0=376$  V erhält. Sie wird also von 670 V auf 376 V abgesenkt.

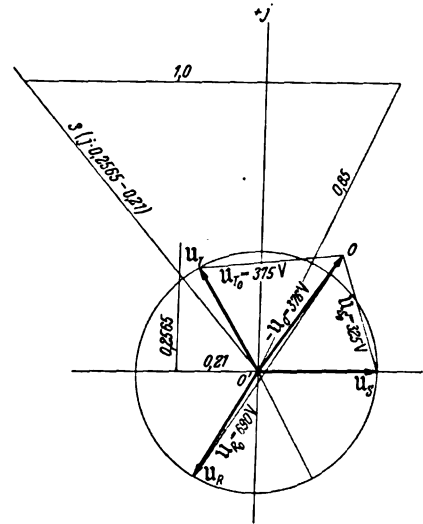


Bild 7. Erniedrigung der Nullspannung durch zusätzliche Erdung der Phasen über hochohmige Widerstände.

Durch das Zuschalten von  $1000 \Omega$  Widerstand je Phase gegen Erde wurde tatsächlich eine meßbare Absenkung der gefährlich hohen Nullspannung erreicht.

Es sei noch der für die Absenkung in Kauf zu nehmende Leistungsverlust berechnet. Phase  $R$  hat  $U_{R_0} = 690$  V gegen Erde, somit fließt durch den ohmschen Widerstand  $I_R = 0,69$  A; ihr Leistungsverlust beträgt also  $I_R^2 R' = 475$  W. Desgleichen errechnet sich für die Phasen  $S$  und  $T$ :  $U_{S_0} = 325$  V,  $I_S = 0,325$  A,  $I_S^2 R' = 106$  W;  $U_{T_0} = 375$  V,  $I_T = 0,375$  A,  $I_T^2 R' = 140$  W. Es ergibt sich also als gesamter Leistungsverlust ein Betrag von 721 W. Dieser Verlust ist in Anbetracht der dadurch erzielten erhöhten Sicherheit des Betriebes klein. Er tritt außerdem in dieser Höhe nur während des Erdschlusses auf; ist dieser beseitigt, beträgt ja die Spannung jeder Phase gegen Erde nur 320 V, das ergibt einen gesamten Leistungsverlust von 306 W im störungsfreien Betrieb. Durch das Einschalten hochohmiger Widerstände gegen Erde wird also tatsächlich mit einem geringen Aufwand die Sicherheit des Betriebes wesentlich erhöht.

**Zusammenfassung**

Es wurden die des öfteren im 550 V-Kabelnetz auftretenden hohen Spannungsverlagerungen theoretisch behandelt, wobei sich ergab, daß derartige Spannungsunsymmetrien auf Erdschlüsse über komplexe Widerstände zurückzuführen sind. Die Versuche bestätigten vollauf die theoretische Erfassung. Für den Betrieb ergibt sich die Notwendigkeit, diese mitunter hohen Spannungsverlagerungen, die betrieblich eine große Gefahr darstellen, einzuschränken oder abzubauen. Es wurde gezeigt, mit welchen Mitteln dies erreicht werden kann.

## Über die Bemessung gleichstromgespeister elektromagnetischer Schlagwerkzeuge

Von M. Greiner VDE, Berlin

DK 621.972 : 621.3.013

**Übersicht.** Für den Entwurf gleichstromgespeister elektromagnetischer Schlagwerkzeuge sind im Schrifttum bisher nur sehr grobe Näherungsverfahren angegeben worden, die sich im wesentlichen an die Bemessungsverfahren für Hubmagnete anlehnen. Die gegenseitige Beeinflussung der mechanischen Bewegungsvorgänge, wie sie solchen Schlagwerkzeugen eigentümlich sind, und der elektrischen Einschaltvorgänge in den Magnetspulen ist bisher nicht berücksichtigt worden. Es wird gezeigt, daß diese Wechselwirkung für die Bemessung der Magnetspulen von entscheidender Wichtigkeit ist und zu bisher nicht bekannten grundsätzlichen Bemessungsregeln führt.

### A. Einleitung

Die Möglichkeit, auf elektromagnetischem Wege eine hin- und hergehende Bewegung mit einfachsten Mitteln ohne mechanische Getriebe zu erzeugen, hat seit Beginn der Elektrotechnik Anlaß gegeben, unmittelbar elektrische Schlagwerkzeuge auf diesem Wege zu betreiben. Zuerst wurden Konstruktionen mit gleichstromgespeisten Magnetspulen geschaffen, deren Stromkreise durch Selbststeuerung von dem magnetisch angetriebenen Anker aus geschaltet wurden, obwohl gerade das Beherrschen der Schaltvorgänge in mechanischer und elektrischer Beziehung außerordentliche und mit damaligen Mitteln nicht überwindbare Schwierigkeiten bereitete. Mit zunehmender Ausdehnung der Wechselstromnetze versuchte man dann, die Wechselspannungswelle des Netzes für eine entsprechende synchrone Schwingbewegung auszunutzen und dadurch die genannten Schaltschwierigkeiten der gleichstromgespeisten Schlagwerkzeuge zu umgehen.

Dies führte bei unmittelbarer Netzspeisung zu sekundlichen Schlagzahlen gleich der doppelten Netzfrequenz und zu einem dementsprechend geringen Arbeitsinhalt des Einzelschlages, der für viele Anwendungsgebiete, z. B. zum Meißeln von Stahl, Bearbeiten von Beton, zum Nieten u. a. nicht ausreichte. Aus dieser Erkenntnis heraus entstanden weitere Entwicklungsstufen, die durch Ventilröhren- oder synchrone Kontaktsteuerungen Bewegungen mit einfacher Netzfrequenz erzeugten. Jedoch liegt auch die Schlagfrequenz von etwa 50 Schlägen je Sekunde noch zu hoch. Die hiermit verbundenen schnellen Erschütterungen solcher Schlagwerkzeuge haben außerdem eine rasche Ermüdung der haltenden Hand zur Folge.

Durch die Entwicklung geeigneter Kontaktwerkstoffe, insbesondere des Reinwolframs, und die etwa gleichzeitig gelungene Durchbildung der Elektrolytkondensatoren stehen jetzt Mittel zur Verfügung, um die obengenannten Schaltschwierigkeiten bei gleichstromgespeisten selbststeuernden, d. h. frequenzunabhängigen Schlagwerkzeugen zu meistern. Man hat schon früher<sup>1)</sup> die Ansicht vertreten, daß mit gleichstromgespeisten Schlagwerkzeugen

höhere Schlagleistungen je Gewichtseinheit erzielt werden können als mit unmittelbar von einem Wechselstromnetz betriebenen Werkzeugen, obwohl früher genauere Bemessungsregeln für die magnetischen und elektrischen Kreise noch nicht zur Verfügung standen. Im Laufe der letzten sechs Jahre hat der Verfasser auf Grund systematisch durchgeführter Berechnungsreihen mit langwierigen graphischen Integrationen neue eindeutige Bemessungsregeln aufstellen können, die Bestwerte des Wirkungsgrades und der Schlagleistung je Gewichtseinheit erreichen lassen. Im folgenden wird eine grundsätzliche Ableitung dieser Bemessungsregeln aus den Arbeitsvorgängen gebracht.

### B. Einschaltvorgang; Zeitkonstantenverhältnis

Der wichtigste Teil elektromagnetischer Schlagwerkzeuge ist ein magnetischer Kreis mit beweglichem Schlußstück oder Anker. Letzterer wird vorzugsweise gleich-

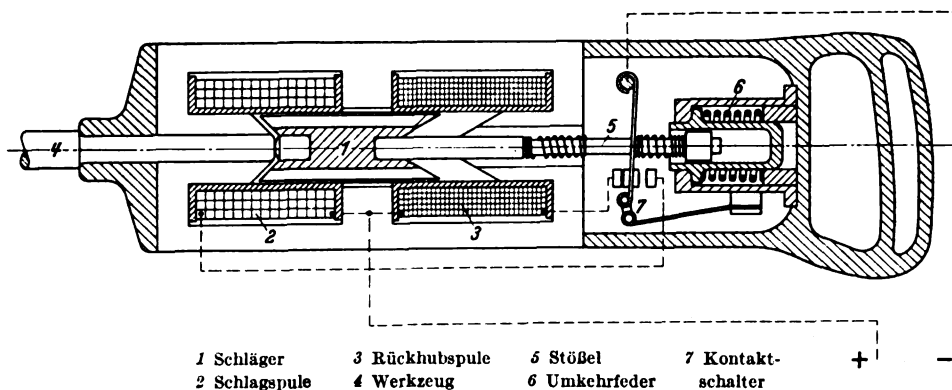


Bild 1. Aufbau eines Schlagwerkzeuges mit zwei Magnetspulen.

zeitig als Schläger benutzt, um einen möglichst einfachen mechanischen Aufbau ohne Übertragungsglieder für die Ausübung des Schlages zu erhalten.

Um den Schläger in hin- und hergehende Bewegung zu versetzen, werden bei freifliegender Schlägeranordnung zwei magnetische Kreise verwendet, in denen der Schläger abwechselnd als Anker wirksam ist. Es ergibt sich damit ein grundsätzlicher Aufbau des Schlagwerkzeugs nach Bild 1. Der Schläger 1, der in einem Führungsrohr gleitet, wird abwechselnd durch die Schlagspule 2 und die Rückhubspule 3 im Zusammenwirken mit dem mit jeder Spule verketteten magnetischen Kreis angetrieben. Am Ende des Schlaghubes trifft er auf das Werkzeug 4 und gibt an dieses seine Bewegungsenergie ganz oder zum Teil ab. Hiernach wird er durch die Rückhubspule in entgegengesetzter Richtung während des Rückhubes beschleunigt und über einen Stößel 5 durch eine Pufferfeder 6 (Umkehrfeder) elastisch aufgefangen, so daß die Rückhubenergie für den Nuttschlag ausgenutzt wird.

Die abwechselnde Erregung der Spulen wird vom Schläger aus gesteuert, beispielsweise durch einen Kontaktschalter 7 mit zwei Kontaktpaaren, dessen Schaltorgan durch zwei auf dem Stößel 5 sitzende Druckfedern umgeschaltet und in seiner jeweiligen Schaltstellung durch eine Sperre gehalten wird. Das Einschalten beider

<sup>1)</sup> Schiemann, ETZ 50 (1929) S. 1037.

Spulen erfolgt also mit großer Näherung jeweils bei Beginn des zugeordneten Hubes, die Ausschaltung am Hubende.

Zunächst sei der Einschaltvorgang in der einzelnen Spule eines so aufgebauten Schlagwerkzeuges mit Gleichstrom betrachtet.

Im Augenblick des Einschaltens der Spule befinde sich der Anker in der Stellung des größten Abstandes von seinem Gegenpol, d. h. am Hubbeginn. Wird der Anker zunächst festgehalten gedacht, so wächst der Strom  $i$  in der Spule nach der bekannten Exponentialfunktion mit der Zeit  $t$  an, wie Bild 2 veranschaulicht. Die Schnelligkeit des Stromanstieges wird durch die Zeitkonstante  $C_0$  gekennzeichnet:

$$C_0 = \frac{L_0}{R} = \frac{w^2 \Lambda_{mg_0}}{R} = w^2 \Lambda_{mg_0} \Lambda_{el}, \quad (1)$$

wobei  $w$  die Windungszahl der Spule,  $\Lambda_{mg_0}$  den Leitwert des magnetischen Kreises bei Hubbeginn und  $\Lambda_{el}$  den Leitwert des elektrischen Kreises bezeichnet. Der Endwert des Stromes  $I_m = U^2/R$  wird praktisch nach 6 Zeitkonstanten erreicht.

Wird der Anker freigelassen und waagerechte Bewegung ohne Reibung angenommen, so wird er durch die mit dem Strom  $i$  anwachsende magnetische Zugkraft vom Beginn des Einschaltvorganges an beschleunigt. Auch hierbei entspricht die Anfangstangente der Stromfunktion noch dem Zustand bei Hubbeginn. Die Zeitkonstante bei Hubbeginn  $C_0$  ist also, unabhängig von den anschließenden Vorgängen, eine wichtige Kenngröße. Der Stromanstieg verzögert sich dann merklich, weil der Leitwert des magnetischen Kreises infolge der Bewegung des Ankers zunimmt. Bei den üblichen Polformen mit gegenständigen Luftspaltflächen von Anker und Pol ist die Zunahme des Leitwertes gegen Hubende am stärksten, gleichzeitig damit auch die Zugkraft und die Beschleunigung des Ankers. Die Folge ist, daß der Strom nach Erreichen eines Höchstwertes  $i_{max}$  infolge der schnell anwachsenden Gegen-EMK der Bewegung wieder abfällt, wie Bild 3 zeigt.

Wird die Spule am Ende des Hubes abgeschaltet, wie es bei Selbststeuerung durch den Anker geschieht, so ist der Abschaltstrom  $i_a$  nur gleich einem Bruchteil des Höchststromes  $i_{max}$ . Voraussetzung hierfür ist allerdings eine im Verhältnis zum zeitlichen Ablauf des Einschaltvorganges schnelle Bewegung des Ankers, d. h. eine entsprechende Bemessung der Masse des Ankers im Verhältnis zu der während des Hubes in der Magnetspule umgesetzten elektrischen Arbeit. Eine solche Abgleichung zwischen den mechanischen und elektrischen Größen ist, wie weiter unten gezeigt wird, die Voraussetzung, um überhaupt praktisch brauchbare Wirkungsgrade der Leistungsumsetzung zu erreichen; sie wird daher im folgenden stets vorausgesetzt.

Mit dieser Voraussetzung geht aus Bild 3 rein anschaulich hervor, daß für die Größe des tatsächlich erreichten Höchststromes  $i_{max}$  im Verhältnis zum Endwert

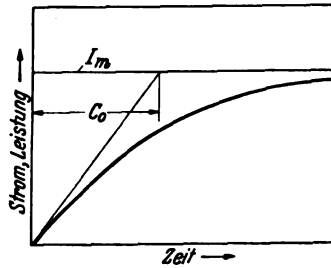


Bild 2. Einschaltvorgang, Anker festgehalten.

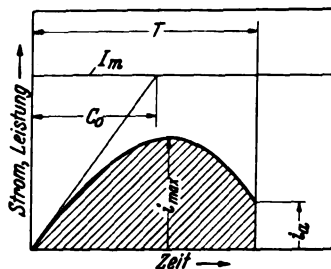


Bild 3. Einschaltvorgang, Anker frei beweglich.

$I_m$  das Verhältnis der Zeitkonstanten bei Hubbeginn  $C_0$  zur Einschaltdauer, die praktisch gleich der Hubzeit  $T$  gesetzt werden kann, maßgebend ist.

Dieses „Zeitkonstantenverhältnis bei Hubbeginn“  $V_0 = C_0/T$  gibt bereits ein Bild der zu erwartenden Stromwärmeverluste aus folgendem Zusammenhang: Beim Erreichen des Endwertes  $I_m$  wird die gesamte Aufnahme  $N_m = I_m^2 R$  in Stromwärme umgesetzt. Bei einem Augenblickswert des Stromes  $i = y I_m$  entsteht in demselben Widerstand  $R$  des Spulenstromkreises eine Stromwärmeleistung

$$n_R = i^2 R = y^2 N_m. \quad (2)$$

Da 
$$U \int_0^T i dt = N_m \int_0^T y dt = A_1 \quad (3)$$

die Aufnahmearbeit in der Hubzeit  $T$  darstellt, ferner

$$\int_0^T i^2 R dt = N_m \int_0^T y^2 dt = A_R \quad (4)$$

die Stromwärmeverlustarbeit während der Hubzeit  $T$  ist, und da ferner nach Bild 3 die Verhältniszahlen  $y$  mit wachsendem Zeitkonstantenverhältnis offensichtlich abnehmen, folgt hieraus, daß die auf die Aufnahmearbeit  $A_1$  bezogenen prozentualen Stromwärmeverluste  $A_R/A_1$  mit wachsendem Zeitkonstantenverhältnis fallen. Um die Stromwärmeverluste der Spule mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad der Leistungsumsetzung und die zulässige Erwärmung der Spule in geeigneten Grenzen zu halten, ist es daher notwendig, gewisse Mindestwerte des Zeitkonstantenverhältnisses bei Hubbeginn einzuhalten. Die Mittel hierfür werden weiter unten erörtert.

### C. Schlagwerkzeuge mit zwei Spulen; Leistungsabgleich

Für ein Schlagwerkzeug mit zwei Spulen nach Bild 1 ergibt sich folgender Weg-Zeit-Verlauf in einem Arbeitsspiel des Ankers: Der Rückhub des Ankers beginnt mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v_{0R}$ , deren Größe von den Aufschlagbedingungen des vorhergehenden Nutzschlages abhängt, da der Anker seine Bewegungsenergie ganz oder nur teilweise über das Einsatzwerkzeug (Meißel, Steinbohrer o. ä.) an den zu bearbeitenden Werkstoff je nach dessen Härte, Dehnung und Brüchigkeit abgibt. Bei unelastischem, weichem Aufschlag ist im Grenzfall  $v_{0R} = 0$ , bei elastischem, hartem Aufschlag hingegen kann  $v_{0R}$  beträchtlich sein. In Bild 4 ist der erste Fall, in Bild 5 der zweite angenommen; beide entsprechen praktisch gemessenen Kurven.

Die Anfangsbedingungen für den Rückhub sind demnach sehr stark veränderlich, damit auch die für den Rückhub aufzuwendende Arbeit. Diesen verschiedenen Bedingungen paßt sich die elektrische Arbeitsaufnahme der Rückhubspule selbsttätig an: je kleiner die Anfangsgeschwindigkeit  $v_{0R}$  ist, um so langsamer nimmt der Leitwert des magnetischen Kreises der Rückhubspule zu und um so höher werden die Augenblickswerte des Stromes und damit der aufgenommenen Leistung, so daß infolge gleichzeitig längerer Dauer des Rückhubes  $T_R$  die elektrische Rückhubarbeit groß wird. Bei  $v_{0R} = 0$  erreicht sie Werte von mehr als dem Doppelten des Wertes, der sich bei beträchtlicher Anfangsgeschwindigkeit einstellt. Trotz der wesentlich größeren Aufnahme im Rückhub fällt die sekundliche Schlagzahl noch ab. Die starke Veränderlichkeit der Arbeitsaufnahme  $A_{1R}$  der Rückhubspule ist aus dem Vergleich der entsprechenden Arbeitsflächen in Bild 4 a und 5 a ersichtlich.

Aus der Anfangsgeschwindigkeit  $v_{0R}$  und der Beschleunigung während des Rückhubes ergibt sich die Endgeschwindigkeit  $v_{aR}$ , mit der der Anker auf die Umkehrfeder auftritt. Infolge unvermeidlicher mechanischer Verluste ist der Wirkungsgrad der Bewegungsumkehr durch die Feder  $< 1$ , die Anfangsgeschwindigkeit  $v_{0S}$  im

anschließenden Schlaghub daher kleiner als die Endgeschwindigkeit  $v_{aR}$  des Rückhubes. Trotzdem aber ist  $v_{oS}$  stets sehr viel größer als  $v_{oR}$ , und allein aus diesem Grunde, wie auch aus Bild 4 und 5 zu ersehen ist, die Schlaghubzeit  $T_S$  stets wesentlich kürzer als die Rückhubzeit  $T_R$ . Die Größe von  $T_S$  selbst wird durch Änderungen von  $v_{oR}$ , d. h. durch Änderungen der Aufschlagbedingung, nur in geringen Grenzen geändert, da die Rückhubspule den Ausgleich hierfür bereits schafft.

Infolge der hohen Anfangsgeschwindigkeit  $v_{oS}$  tritt im Schlaghub eine sehr viel schnellere Zunahme der magnetischen Leitfähigkeit auf als im Rückhub. Ist die Schlagspule mit gleicher Windungszahl und gleichem Leiterquerschnitt ausgeführt wie die Rückhubspule,

hältnismäßig wenig bei. Ihre elektrische Ausnutzung ist viel geringer, ebenso auch die magnetische Ausnutzung des Schlagspulenmagnetkreises. Im Verhältnis zur nutzbaren Schlagleistung ist daher der Baustoffaufwand und damit auch das Gewicht des ganzen Werkzeuges bei gleich großen Spulen und magnetischen Kreisen sehr hoch; hinzu kommt, daß wegen des überwiegenden Anteils der Rückhubspule an der gesamten Schlagarbeit der Rückschlag, der als Folge der Bewegungsumkehr durch die Feder von der haltenden Hand aufgenommen werden muß, im Verhältnis zur Stärke des Nutzschlages unzulässig stark wird.

Die Erkenntnis der Rückwirkung der Bewegungsbedingungen elektromagnetischer Schlagwerkzeuge mit freifliegendem Anker und zwei festen Spulen auf die elektrischen Einschaltvorgänge und damit auf die Arbeits- und Leistungsanteile der beiden Spulen gibt die Mittel an, um eine durchschnittlich etwa gleiche Beteiligung der Spulen an der Schlagarbeit und damit die höchstmögliche Ausnutzung zu erzwingen. Wegen der kürzeren Schlaghubzeit  $T_S$  müssen die Augenblickswerte von Strom und Leistung der Schlagspule erheblich größer gemacht werden als die in der Rückhubspule. Hierzu ist bei gleicher Betriebsspannung für beide Spulen, wie es die Regel ist, eine Verminderung der Windungszahl bei gleichzeitiger Vergrößerung des Leiterquerschnittes erforderlich, und zwar in einem solchen Maße, daß der Widerstand des Schlagspulenstromkreises nur noch ein Bruchteil des Widerstandes des Rückhubspulenstromkreises wird, bei durchschnittlichen praktischen Arbeitsbedingungen etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$ , und daß dementsprechend die Höchstleistung der Schlagspule  $N_{mS}$  etwa das Vier- bis Sechsfache der Höchstleistung der Rückhubspule  $N_{mR}$  wird. Hiermit tritt eine außerordentliche Erhöhung der Schlagarbeit der Schlagspule entsprechend der in Bild 4 a und 5 a durch die ausgezogene Kurve umschlossene Arbeitsfläche  $A_{1S}$  auf.

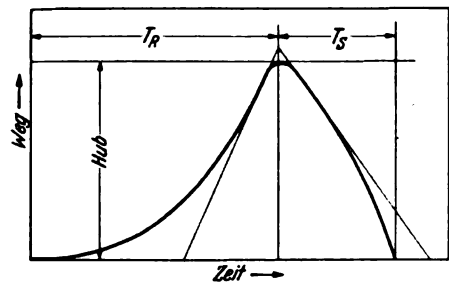


Bild 4. Arbeitsspiel nach weichem Aufschlag.

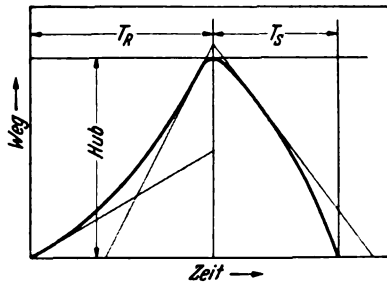


Bild 5. Arbeitsspiel nach hartem Aufschlag.

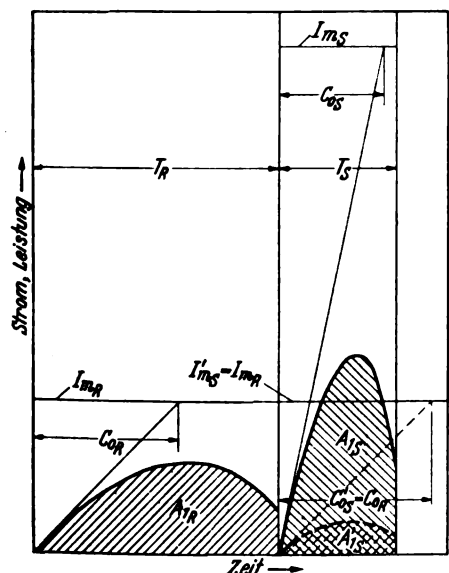


Bild 4 a.

Einschaltvorgang nach weichem Aufschlag.

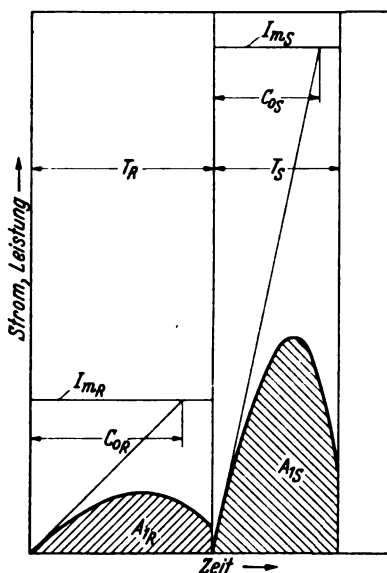


Bild 5 a.

Einschaltvorgang nach hartem Aufschlag.

ihre elektrische Höchstleistung  $N_{mS}$  also dieselbe wie die der Rückhubspule  $N_{mR}$ , so erreichen die Augenblickswerte von Strom und Leistung nur Bruchteile der zeitlich entsprechenden Werte, die in der Rückhubspule auftreten. Da außerdem, ebenfalls wegen der hohen Anfangsgeschwindigkeit  $v_{oS}$ , die Schlaghubzeit  $T_S$  wesentlich kürzer als die Rückhubzeit  $T_R$  ist, wird nach Bild 4 a die aufgenommene elektrische Arbeit der Schlagspule  $A_{1S}$ , dargestellt durch die punktiert gestrichelte Fläche, verschwindend klein gegenüber derjenigen der Rückhubspule. Wenn auch infolge größeren Zeitkonstantenverhältnisses der Wirkungsgrad der Leistungsumsetzung in der Schlagspule hierbei besser ist als in der Rückhubspule, so trägt doch bei dieser Auslegung der Spulen für gleiche Höchstleistungen  $N_m$  die Schlagspule zur gesamten, am Ende des Schlaghubes nutzbar werdenden Schlagarbeit unver-

hältnismäßig wenig bei. Ihre elektrische Ausnutzung ist viel geringer, ebenso auch die magnetische Ausnutzung des Schlagspulenmagnetkreises. Im Verhältnis zur nutzbaren Schlagleistung ist daher der Baustoffaufwand und damit auch das Gewicht des ganzen Werkzeuges bei gleich großen Spulen und magnetischen Kreisen sehr hoch; hinzu kommt, daß wegen des überwiegenden Anteils der Rückhubspule an der gesamten Schlagarbeit der Rückschlag, der als Folge der Bewegungsumkehr durch die Feder von der haltenden Hand aufgenommen werden muß, im Verhältnis zur Stärke des Nutzschlages unzulässig stark wird.

Die Erkenntnis der Rückwirkung der Bewegungsbedingungen elektromagnetischer Schlagwerkzeuge mit freifliegendem Anker und zwei festen Spulen auf die elektrischen Einschaltvorgänge und damit auf die Arbeits- und Leistungsanteile der beiden Spulen gibt die Mittel an, um eine durchschnittlich etwa gleiche Beteiligung der Spulen an der Schlagarbeit und damit die höchstmögliche Ausnutzung zu erzwingen. Wegen der kürzeren Schlaghubzeit  $T_S$  müssen die Augenblickswerte von Strom und Leistung der Schlagspule erheblich größer gemacht werden als die in der Rückhubspule. Hierzu ist bei gleicher Betriebsspannung für beide Spulen, wie es die Regel ist, eine Verminderung der Windungszahl bei gleichzeitiger Vergrößerung des Leiterquerschnittes erforderlich, und zwar in einem solchen Maße, daß der Widerstand des Schlagspulenstromkreises nur noch ein Bruchteil des Widerstandes des Rückhubspulenstromkreises wird, bei durchschnittlichen praktischen Arbeitsbedingungen etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$ , und daß dementsprechend die Höchstleistung der Schlagspule  $N_{mS}$  etwa das Vier- bis Sechsfache der Höchstleistung der Rückhubspule  $N_{mR}$  wird. Hiermit tritt eine außerordentliche Erhöhung der Schlagarbeit der Schlagspule entsprechend der in Bild 4 a und 5 a durch die ausgezogene Kurve umschlossene Arbeitsfläche  $A_{1S}$  auf.

Infolge der bereits erwähnten veränderlichen Aufschlagverhältnisse und damit veränderlicher Anfangsgeschwindigkeit im Rück-

hub ist es naturgemäß nicht möglich, die Abgleichung der Arbeitsanteile der beiden Spulen für jedes Arbeitsspiel fortlaufend zu erreichen, sondern nur für bestimmte, als Durchschnitt gewählte Aufschlagbedingungen. Trotzdem ist der Fortschritt, der hinsichtlich der Schlagleistung je Gewichtseinheit und Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades erreicht wird, so groß, daß erstmalig nach obiger Regel bemessene Schlagwerkzeuge eine praktisch brauchbare Lösung ergaben.

Leistungsmäßig könnte die Abgleichung auch dadurch erzielt werden, daß die Spulen bei gleicher Auslegung in bezug auf Windungszahl und Leiterquerschnitt mit verschiedenen Betriebsspannungen gespeist werden. Das Verhältnis der Spannungen wäre dabei so zu wählen, daß wiederum die Höchstleistung der Schlagspule etwa gleich dem 4- bis 6fachen der Höchstleistung der Rückhubspule wird. Für Schlagwerkzeuge kleiner und mittlerer Lei-

stung ist aber der Abgleich durch verschiedene Spulen einfacher.

#### D. Bemessung mit Rücksicht auf das Zeitkonstantenverhältnis

Im Abschnitt B wurde gezeigt, daß die Einhaltung praktisch tragbarer Stromwärmeverluste gewisse Mindestwerte des Zeitkonstantenverhältnisses bei Hubbeginn erfordert. Dies gilt für beide Spulen.

Im Entwurf sind die sekundliche Schlagzahl, die aus praktischen Rücksichten zwischen etwa 15 bis 30 zu wählen ist, und der Arbeitsinhalt des Einzelschlages gegebene Größen. Hiermit liegt auch die gesamte Spieldauer  $T$  und bei gegebenen Aufschlagbedingungen und dadurch bedingten Bewegungsgesetzen (vgl. Bild 4 und 5) die Aufteilung von  $T$  in Rückhubzeit  $T_R$  und Schlaghubzeit  $T_S$  fest. Aus magnetischen Gründen ist ferner ein Verhältnis  $\leq 1$  zwischen der Hublänge und dem wirklichen oder gleichwertigen Durchmesser des Ankerquerschnitts einzuhalten. Aus der verlangten Schlagarbeit  $A_s$ , die sich nach den Bewegungsgesetzen aus einem Anteil  $A_{sR}$  der Rückhubspule und dem der Schlagspule  $A_{sS}$  zusammensetzt, läßt sich aus den obigen Größen die notwendige Masse des Ankers bestimmen. Jede Spule ist nun weiter nach Windungszahl und Leiterquerschnitt so zu bemessen, daß die von ihr aufgenommene elektrische Arbeit mal Wirkungsgrad gleich dem verlangten Schlagarbeitsanteil wird.

Hierzu ist es notwendig, die Einschaltvorgänge, d. h. den zeitlichen Verlauf von Strom und Leistung, sowie die Leistungsumsetzung in Schlagarbeit für jede Spule zu berechnen. Mit Hilfe mehrfacher graphischer Integrationen ist es möglich, diese Zeitfunktionen mit großer Annäherung und unter Berücksichtigung der nicht vernachlässigbaren magnetischen Sättigung und Streuung sowie der Wirbelströme vorzubestimmen, und zwar unter Zugrundelegung bestimmter, gewählter Werte des Zeitkonstantenverhältnisses bei Hubbeginn, der Anfangsbedingung der Bewegung und des Verlaufs der magnetischen Leitfähigkeit über dem Hub. Auf die zahlenmäßige Berechnung sei wegen ihres großen Umfanges an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

Aus systematisch durchgeführten Berechnungsreihen ergab sich nun, daß praktisch brauchbare Wirkungsgrade und Stromwärmeverluste ein Zeitkonstantenverhältnis bei Hubbeginn  $V_0$  von mindestens 0,5 bis 0,7 erfordern. Aus

$$V_0 = \frac{u^2 \Lambda_{mg_0} \Lambda_{el}}{T} \quad (5)$$

ist ersichtlich, welche Mittel zur Einhaltung der Zeitkonstantenverhältnisse zur Verfügung stehen. So lassen

sich beispielsweise zu hohe Stromwärmeverluste nicht nur durch eine meist unerwünschte Vergrößerung des Leiterquerschnittes, also durch Vergrößerung von  $\Lambda_{el}$ , verringern, sondern auch durch eine Verkürzung des Hubes; denn hierdurch tritt eine Erhöhung der sekundlichen Schlagzahl, also Verkleinerung von  $T$  und gleichzeitig Vergrößerung von  $\Lambda_{mg_0}$  ein.

Da die Schlaghubzeit zumindest bei durchschnittlichen Aufschlagverhältnissen stets sehr viel kleiner als die Rückhubzeit ist, ist die Einhaltung der genannten Mindestwerte des Zeitkonstantenverhältnisses für die Schlagspule schon bei kleinen Schlagwerkzeugen ohne übermäßigen Baustoff- und Gewichts Aufwand möglich. Schwierig wird dies jedoch unter Umständen für die Rückhubspule wegen ihrer längeren Hubzeit und Einschaltdauer, insbesondere bei Schlagwerkzeugen kleiner und mittlerer Leistung. Hier ist wiederum ein Ausgleich für die verschiedenen Hubzeiten der beiden Spulen möglich, und zwar von der magnetischen Seite her, indem man die Luftspaltflächen auf der Rückhubseite schlank kegelförmig ausbildet, während man ihnen auf der Schlagspulenseite eine stumpfere oder planparallele Form gibt. Dadurch wird die magnetische Anfangsleitfähigkeit  $\Lambda_{mg_0}$  auf der Rückhubseite größer als auf der Schlagspulenseite, während der steilere Anstieg der magnetischen Leitfähigkeit gegen Hubende auf der Schlagspulenseite eine höhere Endbeschleunigung ergibt. Die Verschiedenheit der Arbeitsbedingungen der beiden Spulen wirkt sich somit nicht nur auf die elektrischen Stromkreise, sondern auch auf die magnetischen Kreise aus.

#### Zusammenfassung

Die elektrischen Vorgänge in den Magnetspulen gleichstromgespeister elektromagnetischer Schlagwerkzeuge werden durch die mechanischen Bewegungsverhältnisse des Ankers, die ihrerseits von den jeweils vorliegenden Arbeitsbedingungen abhängig sind, weitgehend beeinflusst. Für Schlagwerkzeuge mit Schlag- und Rückhubspule ergeben sich dadurch stark unterschiedliche Vorbedingungen für die elektrische Arbeitsumsetzung, die dementsprechend eine verschiedene Bemessung der beiden Spulenstromkreise bezüglich ihrer Höchstleistung erforderlich machen, um gleichmäßige Arbeitsanteile der Spulen an der Gesamtschlagarbeit zu erhalten.

Für den Einschaltvorgang der einzelnen Spule stellt das Zeitkonstantenverhältnis bei Hubbeginn eine kennzeichnende Größe in bezug auf die Stromwärmeverluste dar. Um letztere in praktisch erträglichen Grenzen zu halten, sind Mindestwerte von 0,5 bis 0,7 für das Zeitkonstantenverhältnis einzuhalten. Die hierfür zur Verfügung stehenden Mittel werden erörtert.

## Umstell-Vorschriften für Transformatoren

### VDE-Ausschuß für Transformatoren

#### VDE 0532 U/III. 40

Diese Umstell-Vorschriften haben den gleichen Wortlaut wie VDE 0532/XII. 37 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren“ mit Ausnahme der nachstehenden Änderungen der §§ 1, 42 und 47.

#### § 1

##### Geltungsbeginn

Diese Umstellvorschriften treten am 15. April 1940 in Kraft<sup>1)</sup>.

#### § 42

##### Grenzwerte

Tafel VI, Grenzerwärmungen, wird wie folgt geändert:

Die Grenzerwärmungen für Wicklungen mit Isolierung nach Klasse B, die nach VDE 0532/XII. 37 für einlagige blanke,

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im März 1940.

#### DK 621.314.21 (083.133.1)

ebenso dauernd kurzgeschlossene Wicklungen 85° und für alle anderen Wicklungen 80° betragen, werden für Trocken-Transformatoren auf 95° erhöht. Ausgenommen von dieser Erhöhung der Grenzerwärmungen sind Lackdrahtwicklungen.

Die Grenzerwärmung für den Eisenkern bei Trocken-Transformatoren, deren Wicklungen nach Klasse B (ausgenommen Lackdraht) isoliert sind, wird ebenfalls auf 95° erhöht. In diesem Falle dürfen für die Isolierung des Eisenkernes nur solche Stoffe verwendet werden, die hinsichtlich ihrer Wärmebeständigkeit den Stoffen der Klasse B für Wicklungen gleichwertig sind.

#### § 47

##### Wicklungsprüfung

In Tafel VII, Prüfspannungen für die Wicklungsprüfung, gelten die waagerechten Spalten 1 bis 3 auch für Trocken-Transformatoren (TS, TF, TW) in kaltem Zustand; die waagerechten Spalten 4 und 5 fallen daher fort.

## RUNDSCHAU

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317-333-4

**Ein neues Gleichstrom-Meßverfahren zur Bestimmung des Ortes eines alladrigen Isolationsfehlers.** [Nach H. Poleck, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 18 (1939) 2. Heft, S. 1; 7½ S., 4 B.]

Unter einem „alladrigen“ Isolationsfehler wird hier eine beliebige Kombination von Kurzschlüssen und Erdschlüssen eines Leitungssystems an einem Ort ohne Unterbrechung eines Leiters innerhalb der Meßschaltung verstanden. Das eine bekannte Verfahren von W. Graf erfordert als Stromverhältnis-Messung am Anfang und Ende der mindestens drei-

Einfluß haben. Die Konvergenz des wechselseitigen schrittweisen Abgleiches wird umso besser, je größer  $r_1 : r_I; r_I : r_{II}; r_2 : r_1$  sind und ist ausreichend für  $r_1 : r_2 \geq 1$ . Die Meßgenauigkeit steigt mit der Abweichung von  $r_1 : r_2$  gegen 1,0. Bei kleineren  $R$ -Werten (Starkstromkabel) wird der wirksame  $R$ -Wert einschließlich dem Zuleitungswiderstand sicher mit einer Hilfsbrücke gemessen, die außer dem schon vorhandenen Schleifdraht und Nullinstrument noch zwei feste Widerstände enthält. Sb.

DK 621.317-333-4

**Die Ermittlung von Überschlagfehlern in Kabeln.** [Nach A. T. Starr u. H. T. Gooding, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 699; 10 S., 16 B.]

In Kabeln können Fehler verschiedenster Art auftreten, und zwar 1. Schluß zwischen zwei Leitern, 2. Erdschluß in einer Phase, 3. Fehler zwischen zwei oder mehr Leitern in Verbindung mit Erdschluß, 4. Unterbrechung in einem Leiter mit hohem Widerstand gegen Erde, 5. Unterbrechung in einem Leiter mit kleinem Widerstand gegen Erde, 6. Fehler, die nur bei hoher Spannung in Erscheinung treten, dagegen bei normaler Spannung nicht bemerkt werden. Letztere entdeckt man häufig bei Prüfungen mit hochgespanntem Gleichstrom. Die Fehlerortsbestimmung der Fehlerarten 1 bis 5 kann mit den bekannten Verfahren erfolgen (Gleich- oder Wechselstrom-Brückenmessungen, Kapazitätsmessung nach dem ballistischen Verfahren usw.). Dagegen kann man diese Verfahren kaum zur Ortsbestimmung von Fehlern der oben beschriebenen Art 6 anwenden. Die Verfasser beschreiben sehr eingehend ein neues Verfahren, um auch solche Fehler mit genügender Genauigkeit feststellen zu können. Man benutzt dazu einen Hochspannungsgleichrichter, einen Dämpfungswiderstand und zwei ballistische Galvanometer besonderer Bauart, die isoliert aufgestellt werden. Am Anfang und Ende der Strecke wird je ein Galvanometer zwischen zwei Leitern des betreffenden Kabels angeschlossen, von denen der eine den Fehler enthält und der andere fehlerfrei ist. Die beiden Kabelleiter werden durch den vom Gleichrichter erzeugten hochgespannten Strom aufgeladen, bis es zum Überschlag an der Fehlerstelle kommt. Es wird dann gleichzeitig der Ausschlag der beiden Galvanometer und die Höhe der Gleichspannung abgelesen. Aus der Größe der Galvanometerausschläge kann man Schlüsse auf die Entfernung des Fehlerorts ziehen. Die zur Berechnung der Fehlerstelle benutzte Formel wird in sehr ausführlichen Erörterungen abgeleitet und die Begründung für die Einsetzung eines Korrekturfaktors gegeben. Interessant ist die Tabelle der Ergebnisse einer ganzen Anzahl von an verschiedenen 11, 22 und 33 kV-Kabeln durchgeführten Messungen, wobei Gleichspannungen bis zu 41 kV angewendet wurden. Die Tabelle gibt vor allem Aufschluß über die erreichte Genauigkeit. Da es sehr schwierig ist, zwei Galvanometer dieser Bauart mit genau der gleichen Empfindlichkeit herzustellen, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, ein einziges Galvanometer zu benutzen, und zwar wird eine Meßreihe mit am Anfang der Strecke angeschlossenem Galvanometer ausgeführt, wobei am Ende die beiden Leiter direkt verbunden sind. Die nächste Meßreihe wird mit am Ende der Strecke angeschlossenem Galvanometer vorgenommen; dabei werden am Anfang die beiden Leiter kurzgeschlossen. Dö.

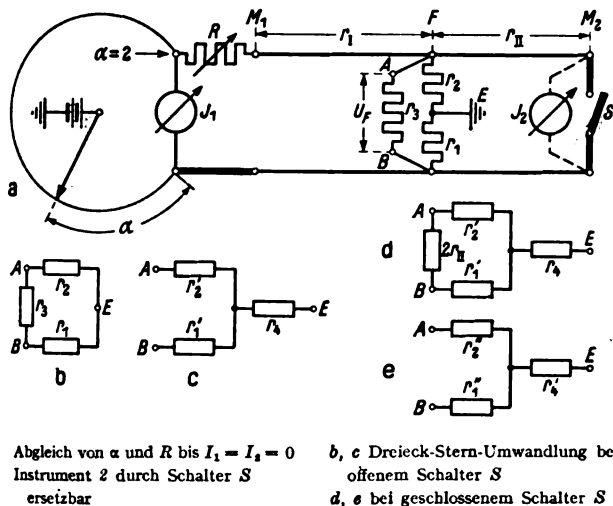


Bild 1. Neue Brückenschaltung mit Doppelverhältnis-Messung.

adrigen Leitung gleichzeitige Ablesung je eines Strommessers. Zwischen den Leitern 1; 2 und 3; 4 (1 oder 4 durch Erde ersetzbar) muß ein Isolationsfehler bestehen; andererseits darf 2 mit 3 nicht widerstandsfrei überbrückt sein. Polarisationsspannungen können durch hervorgerufene Stromschwankungen nur die Meßsicherheit beeinflussen. Die andere von K. Kupfmüller angegebene Methode (Bild 1 ohne  $R$  und  $I_1$ ) erfordert je eine Widerstandsverhältnis-Messung bei offenem und geschlossenem Schalter  $S$ , d. h. zwei Nullabgleiche ( $\alpha_1, \alpha_2$  für  $I_1 = 0$ ) zeitlich nacheinander. Die Bedingungen für die Anwendbarkeit des Verfahrens sind:

$$\begin{aligned} r_1 &\neq r_3 & (1) \\ r_1, r_2, r_3 &> 0 < \infty & (2) \\ r_1 + r_2 &\gg 2 r_I & (3) \end{aligned}$$

(bei  $r_3 = \infty$ ). In  $r_1, r_2, r_3$  eingeprägte Polarisationsspannungen stören, da die Strombelastung von  $r_1$  und  $r_2$  in beiden Stellungen von  $S$  verschieden groß ist, und sich daher die Fehlerwiderstände leicht verändern. Die neu angegebene Schaltung enthält den zusätzlichen Meßwiderstand  $R$  vor dem Leiter, der den größeren Fehlerwiderstand ( $r_3$ ) gegen die Batterie-Rückleitung ( $E$ ) aufweist. Das Meßverfahren beruht auf dem einmaligen Abgleich eines Doppelverhältnisses infolge zweier Nullbedingungen. Wenn  $I_1 = 0$  und  $I_3 = 0$  ist, verhält sich:  $a : (2-a) = r_I : (r_I + R) = r_1 : r_3$ , woraus die Ortgleichung:  $r_I = 0,5 R a / (1-a)$  folgt. Das zweite Nullinstrument ( $I_3$ ) läßt sich durch den Schalter  $S$  ersetzen, da  $I_3$  sich ändert, wenn  $U_F \neq 0$  ist. Beim praktischen Abgleich wird abwechselnd mittels  $a$  bei offenem Schalter und mittels  $R$  bei geschlossenem Schalter  $I_1 = 0$  solange eingeregelt bis in beiden Schalterstellungen  $I_1 = 0$  ist. Die Vorteile dieser Methode (mit  $R$ ) bestehen darin, daß die Fehlerwiderstände praktisch jede Größe annehmen dürfen, und Polarisationsspannungen keinen

### Lichttechnik

DK 535.6 : 612.7

**Hautrötung und -bräunung durch UV-Bestrahlung.** [Nach M. Luckiesh u. A. H. Taylor, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 274; 5 S., 4 B.]

Während die spektrale Abhängigkeit der Hautrötung durch die verschiedensten, in den letzten 15 Jahren veröffentlichten Untersuchungen als einigermaßen geklärt angesehen werden kann, liegen über die spektrale Abhängigkeit der Hautbräunung sowie über die gegenseitige Auslösung bzw. Beeinflussung beider Erscheinungen erst wenige, meistens nicht einmal systematische Untersuchungen vor. Neuerdings haben Luckiesh und Taylor die spektrale Abhängigkeit der Haut-



bräunung mit Hilfe des Filterverfahrens und unter Verwendung von Quarzquecksilberdampflampen, deren Bogen zwischen Wolframelektroden (nach Art der Solarca-Lampe) brannte, an 18 Versuchspersonen durch Bestrahlung des Armes bestimmt. Nach diesen Versuchen liegt das Maximum der Hautbräunung in dem gleichen Wellenlängengebiet wie das der Hautrötung, nämlich bei 297  $\mu$ . Nach längeren Wellen nimmt die spektrale Kurve der direkten Hautbräunung sehr schnell ab; bei 313  $\mu$  beträgt sie nur noch 2% der größten Empfindlichkeit. Im langwelligen Ultraviolett, oberhalb von 330  $\mu$ , einem Gebiet, in dem die Rötungsempfindlichkeit der Haut gleich Null ist, finden Luckiesh und Taylor eine deutliche, aber sehr geringe Bräunungsempfindlichkeit; für 366  $\mu$  geben sie  $1,29/_{00}$  des Maximalwertes von 297  $\mu$  an. Über den Verlauf der spektralen Abhängigkeit der Hautbräunung unterhalb von 297  $\mu$  werden mit Rücksicht auf die geringe in diesem Gebiet zur Verfügung stehende Strahlungsstärke keine bestimmten Angaben gemacht; es wird vermutet, daß sie dort mit der spektralen Abhängigkeit der Rötungsempfindlichkeit praktisch übereinstimmt. Über die Beziehungen zwischen beiden Hautwirkungen wird angegeben, daß die alleinige Bildung der Bräunung, ohne gleichzeitige Rötung, nur dann erreicht wird, wenn die UV-Strahlung keine kürzere Wellenlänge als 330  $\mu$  aufweist. Alle für den praktischen Gebrauch geeigneten künstlichen UV-Strahler enthalten nicht genügend UV-Strahlung oberhalb von 330  $\mu$ , um in brauchbaren Bestrahlungszeiten nach entsprechender Filterung eine Hautbräunung ohne Rötung zu erzeugen. Lediglich im Sonnenlicht ist dies möglich. Will man die sich aus einer mit Strahlung von 297  $\mu$  erzeugten Hautrötung gebildete Bräune durch Strahlung der Wellenlänge 366  $\mu$  ohne vorhergehende Rötung erzeugen, so benötigt man eine 800mal größere Bestrahlungsstärke als bei 297  $\mu$ . Die Arbeit von Luckiesh und Taylor enthält zum Schluß zwar einen Hinweis auf neuere Arbeiten von Isolde Haußer<sup>1)</sup>, die neueste Untersuchung der Hautbräunung von Henschke und Schulze<sup>2)</sup> ist den Verfassern aber offensichtlich noch nicht bekannt gewesen. Die von Henschke und Schulze ermittelte Kurve der Abhängigkeit der direkten Hautbräunung von der Wellenlänge stimmt nicht mit der von Luckiesh und Taylor in der vorstehend referierten Arbeit angegebenen überein; sie beginnt vielmehr bei 300  $\mu$  und hat ein schwach ausgeprägtes Maximum in der Nähe von 340  $\mu$ . A. Dr.

### Verkehrstechnik

DK 621.335.016.2

**Leistungsprogramm und Nennleistung elektrischer Fahrzeuge.** [Nach C. Bodmer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 301; 4 1/2 S., 5 B.]

Bei elektrischen Fahrzeugen schwankt die abzugebende Leistung in weiten Grenzen, da die Roll-, Luft-, Steigungs-, Kurven- und Beschleunigungswiderstände von den Streckenverhältnissen und der Zugart abhängen. Aus den höchsten Beanspruchungen kann man nur nach Kenntnis der thermischen Eigenschaften — insbesondere der Zeitkonstanten — die Nennleistung bestimmen. Der Verfasser stellt 13 Richtsätze auf, die die Erfahrungen nach dem neuesten Stand des Schrifttums enthalten, und erläutert dann den Einfluß auf Fahrmotoren, Transformator und Hilfseinrichtungen. An Hand eines Beispiels wird die Anwendung der Richtsätze gezeigt. Ko.

### Fernmeldetechnik

DK 621.395.44 : 621.396.619.2

**Kupferoxyd-Modulatoren in Trägerfrequenz-Fernsprechsystemen.** [Nach R. S. Caruthers, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 253; 7 S., 8 B.]

Seit 1927 wurden in den V. S. Amerika Versuche mit Kupferoxydgleichrichtern als Modulatoren für Fernsprechstromkreise in Trägerfrequenzsystemen durchgeführt. Die zunächst verfügbaren großen Gleichrichterbauarten waren wegen ihrer Unstabilität als Modulatoren nicht geeignet. Im Laufe der weiteren Entwicklung wurden die Gleichrichter verbessert, so daß sie bei den neuesten Trägerfrequenzsystemen allgemein angewendet wurden, und zwar von den tiefsten Frequenzen bis zu 4 MHz. Obwohl die Arbeitsweise der Kupferoxydgleichrichter bekannt war, erwies es sich doch als notwendig, zahlreiche übertragungstechnische Erscheinungen bei diesen Gleichrichtern näher zu untersuchen, weil neuartige Schaltungs-

anordnungen verwendet wurden und weil die Anforderungen an die Übertragungsgüte infolge der vermehrten Zahl von Modulatoren in langen Leitungen erhöht werden mußten. Viele Trägerfrequenzschaltungen verlangen aus Gründen einer möglichst günstigen Frequenzbandausnutzung und Verstärkerbemessung die Verwendung von Einseitenbandübertragung mit unterdrücktem Träger. An mehreren Bildern wird die Wirkungsweise von fünf verschiedenen grundsätzlichen Modulatorschaltungen ausführlich besprochen. Der Verfasser teilt dabei alle bei dem Modulationsvorgang vorhandenen bzw. neu auftretenden Frequenzen in vier Gruppen ein; je nach der Modulatorschaltung treten in den einzelnen Brückenarmen und am Ausgang des Modulators mehr oder weniger zahlreiche Frequenzen auf, die durch diese Gruppen gegeben sind. Für eine richtige Arbeitsweise der Modulatoren müssen hohe Trägerfrequenzen im Vergleich zu der zugeführten Zeichenspannung gefordert werden. Bei Verwendung der im gewöhnlichen Fabrikationsgang hergestellten Gleichrichterelemente wird ein Pegelabstand von 2,3 bis 3,4 N zwischen den unerwünschten Modulationsfrequenzen und der zu übertragenden Zeichenfrequenz erreicht; dieser Abstand kann durch schärfere Prüfung bei der Herstellung der Gleichrichterelemente oder durch besondere Auswahl der einzelnen Elemente, ferner auch durch zusätzlichen Brückenabgleich der Modulationsschaltung oder durch Verwendung einer größeren Zahl von Gleichrichterzellen in jedem Brückenarm noch erhöht werden. Bei Einkanal-Trägerfrequenzsystemen mit gewöhnlicher Frequenzbandbreite genügt der genannte Abstand von 2,3 bis 3,4 N; bei Mehrkanal-Trägerfrequenzsystemen können in einem Gesprächskanal Modulationsfrequenzen durch die Gespräche in anderen Kanälen auftreten; es muß daher in diesen Fällen ein Pegelabstand von 8 N und mehr zwischen der Spannung der Modulationsfrequenzen und der Zeichenspannung verlangt werden.

Bei allen Modulatoren dient der Träger dazu, eine einfache periodische Schwankung des Scheinwiderstandes für die zu übertragenden Zeichenströme zu erhalten. Da die Amplitude des Trägerstromes bei dem Kupferoxydmodulator groß gegenüber der des Zeichenstromes ist, ist dessen Scheinwiderstandsschwankung beim Trägerstrom auch wesentlich größer als beim Sprechstrom. Als Eingangsscheinwiderstand des Kupferoxydmodulators ergibt sich die Resultierende aus dem frequenzabhängigen Widerstand der Modulatorschaltung und dem Widerstand des an den Modulatorausgang angeschlossenen Stromkreises bei den jeweiligen Frequenzen der Modulationsprodukte. Mißt man den Scheinwiderstand einer Gleichrichterzelle bei verschiedenen Gleichstromvorspannungen, so ändert er sich mit der Vorspannung und der Frequenz. Man kann daher den Scheinwiderstand am Eingang des Gleichrichters angenähert als Mittelwert für einen Zeichenstrom geringer Stärke innerhalb der Periode des Trägerstromes betrachten, wobei der jeweilige Augenblickswert der Trägerspannung als Gleichstromvorspannung anzusehen ist. Messungen bis zu 200 kHz an einer Gleichrichterzelle von 4,8 mm Dmr. werden in einem Bild gezeigt. Bei allen negativen Vorspannungen besteht der Scheinwiderstand aus einem ohmschen Widerstand und einer Kapazität in Parallelschaltung. Bei positiven Vorspannungen über 1,5 V geht der Scheinwiderstand in ohmschen Widerstand über und verändert sich kaum mehr mit der Frequenz. Die Ergebnisse von Scheinwiderstandsmessungen an einem Ringmodulator (für Zwölfkanal-Trägerfrequenzsysteme in Kabelleitungen zur Verschiebung des Frequenzbandes von 60 bis 108 kHz in die Lage 12 bis 60 kHz) werden an einem Bild bei verschiedenen Abschlußwiderständen gezeigt. Die Leistungsverluste in den Kupferoxydgleichrichtern sind, wie festgestellt wurde, selbst bei Frequenzen in der Größenordnung von 3 bis 4 MHz nicht größer als 0,9 bis 1,0 N. Bei tieferen Frequenzen erreichen die Verluste eine Höhe von 0,6 bis 0,7 N. Die Größe dieser Verluste ist abhängig von dem Abschlußwiderstand und von den inneren Verlusten des Modulators; bei richtigem Abschluß und bei verlustfreien Kupferoxyden ist daher theoretisch ein Wirkungsgrad von 100% für die Frequenzumsetzung möglich.

Der Verfasser geht nunmehr zur analytischen Behandlung des Modulatorproblems über. Ausgehend von der Stromspannungskennlinie eines nichtlinearen Widerstands

$$i = a_1 e + a_2 e^2 + \dots + a_n e^n$$

werden der Sprechstrom am Eingang des Modulators und der Zeichenstrom des trägerfrequenten Seitenbandes am Ausgang des Modulators berechnet. An einer Vierpol-Ersatzschaltung mit einem Sprachfrequenzgenerator auf der einen Seite und einem Abschlußwiderstand auf der anderen Seite des Vierpols wird die Arbeitsweise dieses Modulators bei großer Trägerstrom- und kleiner Zeichenstromamplitude besprochen. Der größte

1) Isolde Haußer, Über spezifische Wirkungen des langwelligen ultravioletten Lichtes auf die menschliche Haut, Strahlentherapie 62 (1938) S. 315.

2) U. Henschke u. R. Schulze, Über Pigmentierung durch langwelliges Ultraviolett, 3. Mitteilung der Untersuchungen zum Problem der UV-Dosimetrie, Strahlentherapie 64 (1939) S. 14.

Wirkungsgrad dieser Schaltung wird als Verhältnis der vom Modulator abgegebenen trägerfrequenten Leistung zu der dem Modulator zugeführten niederfrequenten Leistung berechnet. Ebenso wird für den Ringmodulator der Ersatzstromkreis angegeben und die Formel für den Wirkungsgrad abgeleitet; die für den Ringmodulator sich ergebenden Beziehungen zwischen den zugeführten und abgegebenen Strömen sind zusammengestellt. Zum Schluß werden noch einige Ausführungen über den beiderseitigen Abschlußwiderstand des Ringmodulators gebracht; die Werte für eine Reihe von verschiedenen Abschlußwiderständen der Modulatorscheinwiderstände auf der Eingangs- und Ausgangsseite sowie der Modulatorwirkungsgrade sind angegeben. *Dll.*

DK 621.396.615.14

**Leistung und Wirkungsgrad des Magnetfeldröhrensenders im Gebiet laufzeitunabhängiger Schwingungen.** [Nach A. F. Harvey, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 683; 10 S., 12 B.]

Der Magnetfeldröhrensender gestattet bekanntlich die Erzeugung verschiedener Schwingungsarten, die verschiedenen, zum Teil entgegengesetzten physikalischen Gesetzen folgen. Eine dieser Schwingungsarten beruht auf einer statisch fallenden Kennlinie infolge eines geeigneten Stromverteilungsmechanismus. Man erhält dabei mit zunehmender Spannung einen abnehmenden Strom in einem gewissen Bereich. Auf Grund der statisch fallenden Kennlinie lassen sich Schwingungen erregen, solange die statisch fallende Kennlinie auch dynamisch erhalten bleibt. Im allgemeinen ist das der Fall bis zu den Frequenzen, bei denen die Laufzeit der Elektronen eine Veränderung der dynamischen Kennlinie verursacht. Die Eigenschaften eines solchen quasi-stationären Röhrensenders lassen sich aus der statischen Kennlinie ziemlich genau herleiten. Eine bedeutende Rolle spielt auch hierbei der Innenwiderstand der Röhre, der hier als sogenannter negativer Widerstand aus der Steilheit der Kennlinie mit einfachen Methoden leicht gemessen werden kann. Bei Kenntnis dieses Widerstands und des Außenwiderstands kann der Wirkungsgrad und die abgegebene Leistung der Röhre genau berechnet werden, wie einige Meßproben bestätigten. *Grs.*

**Theoretische Elektrotechnik**

DK 621.3.015.34 : 538.542

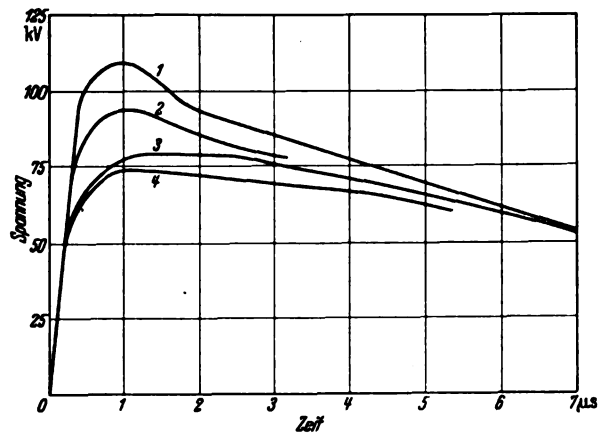
**Dämpfung und Verformung von Wanderwellen durch Stromverdrängung.** [Nach B. G. Gates, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 711; 12 S., 14 B., 3 Taf.]

In früheren Arbeiten<sup>1)2)3)</sup> war gezeigt worden, daß die Stirn einer auf einer Leitung wandernden Rechteckwelle von der Höhe  $U_0$  im Abstand  $x$  von der Ursprungsstelle nach der Zeit  $t$  unter dem Einfluß der Stromverdrängung im Leiter eine Verformung erfährt, die gegeben ist durch den Ausdruck:

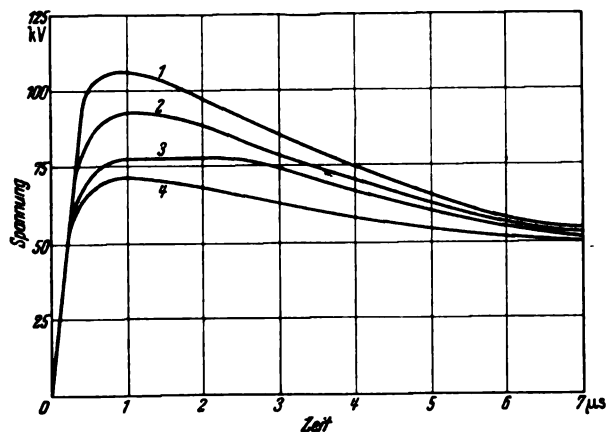
$$u(x,t) = U_0 \left[ 1 - \Phi \left( \frac{kx}{\sqrt{t}} \right) \right], \quad (1)$$

wobei  $\Phi$  das Gaußsche Fehlerintegral und  $k$  eine von den Leitungsgrößen (Seildurchmesser, elektrische Leitfähigkeit, Wellenwiderstand) abhängige Konstante ist. Die oben angegebene Lösung der Telegraphengleichung gilt entsprechend der beim Lösungsansatz gemachten Voraussetzung nur für sehr steile Stirnen (Rechteckstirnen) solcher Wanderwellen, die auf einer aus Hin- und Rückleitung (z. B. Erdreich) bestehenden Leiterschleife verlaufen. Der Verfasser hat nun durch Anwendung des Duhamelschen Integrals auf die Beziehung (1) die Rechnung auf Keilwellen mit geradlinigem zeitlichen Spannungsanstieg und plötzlichem Spannungszusammenbruch ausgedehnt. Durch weitere Näherungsrechnungen wird die Dämpfung und Verformung von sehr steil ansteigenden Wellen mit exponentiell abfallendem Rücken, ferner von Wellen mit geradlinig ansteigender Stirn und geradlinig oder exponentiell abfallendem Rücken unter der Einwirkung der Stromverdrängung bestimmt. Während sich diese Rechnungen zunächst nur auf eine Schleife aus Hin- und Rückleitung bezogen, werden sie nach einem von Bekku<sup>4)</sup> angegebenen Überlagerungsverfahren (ähnlich dem der symmetrischen Komponenten) auf Drehstromfreileitungen ohne und mit

Erdseil (mit unmagnetischem oder magnetischem Werkstoff) ausgedehnt. Hierbei werden außer den auf einer oder mehreren Leitern verlaufenden Hauptwellen die auf den restlichen Leitern induzierten Wellen und deren Rückwirkung auf die Dämpfung und Verformung der Hauptwellen berücksichtigt. Bild 2a zeigt Kathodenstrahl-Oszillogramme einer Stoß-



a gemessener Verlauf



b berechneter Verlauf

- |                                            |                                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 Gestalt der Welle an der Ursprungsstelle | 3 Gestalt der Welle in 0,88 km Entfernung |
| 2 Gestalt der Welle in 2,80 km Entfernung  | 4 Gestalt der Welle in 12,8 km Entfernung |

Bild 2. Dämpfung und Verformung einer 1,7  $\mu$ s-Stoßwelle durch Stromverdrängung beim Laufen über eine 33 kV-Drehstromleitung.

spannung von ursprünglich 1  $\mu$ s Stirnzeit und 7  $\mu$ s Halbwertdauer, die auf einen Leiter einer 33 kV-Drehstrom-Doppelleitung mit unmagnetischem Erdseil gegeben wurde sowie der nach Durchlaufen bestimmter Strecken abgeflachten und verformten Stoßspannung<sup>1)</sup>. In Bild 2b sind die nach den oben angedeuteten Näherungsrechnungen sich ergebenden Wellenformen aufgezeichnet, wobei sich sehr gute Übereinstimmung mit den Kathodenstrahl-Oszillogrammen von Bild 1a ergibt. [Die Wanderwellendämpfung durch Koronaverluste wird vom Verfasser nicht behandelt.] *Jt.*

**Physik**

DK 537-591.2

**Magnetische Energiebestimmung der Teilchen der kosmischen Ultrastrahlung.** [Nach H. D. Rathgeber, Z. Phys. 109 (1938) S. 273; 20 S., 8 B.]

In Wilsonschen Nebelkammern fand Skobelzyn von Ultrastrahlenteilchen herrührende Bahnen, die länger waren als die der bisher bekannten schnellsten Teilchen radioaktiven Ursprungs. Um die Energie dieser Teilchen zu erhalten, brachte man die Nebelkammer zwischen die Pole eines starken

<sup>1)</sup> W. G. Hawley u. H. M. Lacey, Surge tests on a 33 kV-Transmission Line. Ref. S/T 10 of the British Electrical and Allied Industries Research Association (1937).

<sup>1)</sup> H. Pleyel, *Tekn. T., Elektrotechnik* 48 (1918) S. 129.  
<sup>2)</sup> P. Jacottet, Einfluß der Stromverdrängung auf die Stirnform von Sprungwellen. *Wiss. Veröff. Siemens-Werk.* 8 (1929) H. 3, S. 54.  
<sup>3)</sup> P. Jacottet, Dämpfung und Verzerrung kurzer Sprungwellen durch Stromverdrängung im Erdreich. *Wiss. Veröff. Siemens-Werk.* 10 (1931) H. 1, S. 42.  
<sup>4)</sup> S. Bekku, *Electric Oscillations in the Three-phase Aerial Line.* J. Inst. electr. Engrs., Japan 43 (1923) S. 79.

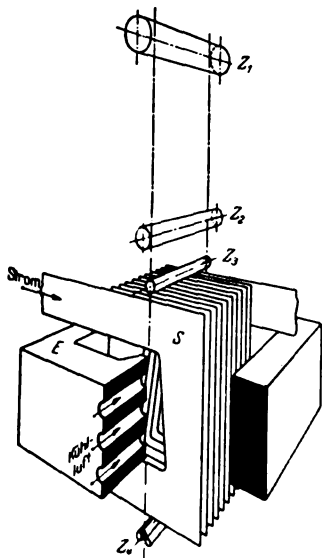
Magneten. Aus den beobachteten Bahnkrümmungen wurden Teilchenenergien von  $10^6$  bis über  $10^{10}$  eV berechnet.

Rathgeber blendet durch drei koinzidierende in einer Vertikalebene liegende Zählrohre ein enges Bündel von Ultrastrahlungsteilchen aus, das er dann durch einen starken Magneten schickt (Bild 3). Die Ablenkung der Teilchen im Magnetfeld wird mit einem unter dem Magneten befindlichen seitlich verschiebbaren Zählrohr(-system), das mit den ersten drei Zählrohren zu einer Koinzidenzanordnung gehört, gemessen. Die Zahl der gleichzeitigen Entladungen dieser vier Zählrohre, die gleich der Zahl der alle Zählrohre durchlaufenden Teilchen ist, wird in einem eigens entwickelten Verstärker von den übrigen Zählrohrentladungen getrennt registriert.

Während üblicherweise die Stromspule auf dem Eisen liegt, wurde auf Vorschlag von Regener die Spule hier über den Luftspalt zwischen den Polen gelegt. Der schichtartige Aufbau von fortlaufend aneinandergeschweißten Kupferlamellen ergab die Möglichkeit, eine hohe Amperewindungszahl je cm und ausreichende Kühlmöglichkeiten zu erreichen. Das Feld der Spule — gearbeitet wurde mit 5000 und 7000 Oersted — war sowohl in der Homogenität als auch in der Stärke annähernd das einer unendlich langen Spule; die Abweichungen waren kleiner als 6%. Das Streufeld im Außenraum war verschwindend klein; in etwa 50 cm Entfernung betrug es bereits weniger als 1 Oersted.

Bei der gleichen Anzahl positiver und negativer Teilchen gleicher Energie würde die Verteilungskurve ohne Magnetfeld beim Anlegen eines Magnetfeldes in zwei ähnliche Kurven halber Amplitude aufgespalten werden. Die Senkung der ursprünglichen Amplitude ist dann bei bekanntem Magnetfeld ein Maß für die Energie der beobachteten Teilchen, eine Verschiebung der Symmetrieachse zeigt das Überwiegen der positiven oder negativen Komponente je nach der Verschiebungsrichtung.

Aus den ausgeführten Ablenkmessungen folgt, daß 1. nach Durchlaufen eines Absorbers von etwa 22 cm Bleiäquivalent die Ultrastrahlungsteilchen eine mittlere Energie von  $1,5 \cdot 10^9$  eV besitzen und daß 2. die positiven Teilchen etwas zahlreicher als die negativen sind. Teilchen unter  $7 \cdot 10^8$  eV sind nach den gemachten Untersuchungen nicht mehr in stande, 4 cm Bleiäquivalent zu durchdringen. J. Js.



S Kupferwicklung  
E Eisenschluß  
Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub> Zählrohre der Eingangsblende  
Z<sub>4</sub> unterteiltes und verschiebbares Meßzählrohr

Bild 3. Schaubild der gesamten Meßanordnung.

DK 537.591.002.56

**Der Konstanzbereich von Zählrohren und das Auflösungsvermögen von Verstärkern.** [Nach K. E. Forsman, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 169; 11 S., 5 B.]

Für Höhenstrahlungsmessungen werden die Koinzidenzen von zwei oder mehreren Zählrohren benutzt, um eine Ausblendung der Strahlung zu bekommen. Um bei diesen Messungen die Zahl der Zufallskoinzidenzen durch erhöhtes Auflösungsvermögen herabzusetzen, untersucht K. E. Forsman den Einfluß eines Widerstandes zwischen Zählrohr-Spannungsbatterie und Rohrmantel wie auch der Widerstände im Verstärker. Es ergibt sich mit nur zwei Röhren ein Auflösungsvermögen für Koinzidenzen bis zu  $1,6 \cdot 10^{-6}$ s. Die Messung der Koinzidenzen statt der Einzelstöße hat noch den weiteren Vorteil, daß in gewissen Grenzen Änderungen in der Zählrohrspannung keinen meßbaren Einfluß auf die Zahl der Koinzidenzen haben. Bis zum Auflösungsvermögen  $5 \cdot 10^{-6}$ s konnte eine obere Grenze des Konstanzbereichs der Koinzidenzen nicht festgestellt werden. Br.

## Werkstatt und Baustoffe

DK 621.315.616.002.614

**Untersuchungen über das Bohren von Kunststoffen.** [Nach E. Sachsenberg u. H. Klein, Masch.-Bau-Betrieb 18 (1939) S. 177; 4½ S., 16 B.]

Für das Bohren von Kunststoffen leisten Normalbohrer keine wirtschaftliche Zerspanungsarbeit. Im Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen der T. H. Dresden wurden für Kunststoffe die geeignetsten Bohrerarten und der Bohreranschliff festgestellt. Die Wahl des Spitzenwinkels hat einen erheblichen Einfluß auf die aufzuwendende Vorschubkraft. So zeigt z. B. ein Spitzenwinkel von  $61^\circ$  bei einer Vorschubssteigerung von 0,08 auf 0,4 mm/U bei Hartpapier die Erhöhung der Vorschubkraft um 100% an und bei einem Spitzenwinkel von  $131^\circ$  wird die Vorschubkraft auf das 3 bis 4fache erforderlich. Hieraus ergibt sich, daß ein kleiner Spitzenwinkel günstig ist. Die geeignetsten Spitzenwinkelbereiche für verschiedene Kunststoffe zeigt folgende Tafel an.

	Hartpapier	Hartgewebe	Trolon*
Bohrer mit weitem Drall ( $r = 0$ bis $13^\circ$ )	60 ... $95^\circ$	60 ... $95^\circ$	60 ... $95^\circ$
Bohrer mit engem Drall ( $r = 33$ bis $45^\circ$ )	90 ... $100^\circ$	90 ... $100^\circ$	90 ... $100^\circ$

\* Trolon ist ein Gießharz und wird durch Kondensation von Phenol und Formaldehyd hergestellt.

Da beim Bohren von Weichstoffen die Größe des Spiralbohrerdralls besonderen Einfluß auf die Verstopfung desselben hat und dadurch die Wirtschaftlichkeit des Bohrens sehr in Abhängigkeit kommt, ist die Untersuchung insbesondere auch auf diese Erscheinung und auf die Spanbildung abgestellt worden. Für tiefe Löcher ist die Spanabführung um so besser, je enger der Drall des Bohrers ist. Spirallocken, wenn sie sich in der Bohrerhülse um ihre eigene Achse drehen können, lassen sich besonders günstig abführen. Diese können bei jedem Drall erzeugt werden, unter der Voraussetzung, daß der Spitzenwinkel bei mindestens etwa 0,3 mm/U Vorschub richtig gewählt wird. Großer Drall hält die Spirallocken besser wie ein enger Drall und führt die Späne leichter ab.

Für Trolon gewährleisteten große Splitterspäne eine günstige Spanabfuhr. Wiedergegebene Kurvenbilder zeigen die Verstopfungserscheinungen bei verschiedener Spiralsteigerung.

Weiter wird über den Verlauf des Drehmomentes in Abhängigkeit von der Bohrtiefe bei verschiedenen Werkstoffen berichtet. Außerdem ist auch das Reibungsdrehmoment, das ist das Reiben der Fase an der Lochwand, in den Bereich der Untersuchungen gezogen worden und zeigte sich auch hier, daß es für die bekanntlich schlecht leitenden Kunststoffe von besonderer Wichtigkeit ist, das Reibungsdrehmoment nach Möglichkeit zu mindern. Es zeigte sich, daß die bisher übliche Verjüngung von höchstens 0,12 mm auf 100 mm Spirallänge für verschiedene Metalle für Kunststoffe nicht ausreichend ist. Eine Prüfung der Lochwandoberflächengüte ergab, daß mit weitem Drall bei allen Kunststoffarten eine bessere Oberfläche und ein sauberer Bohrrand erzielt wurden. Für Kunststoffe ist also eine erhöhte Verjüngung in Verbindung mit hintergeschliffener Fase zweckmäßig für die Vernichtung des Reibungsdrehmomentes. Weitere Messungen waren die Abhängigkeit der Temperatur an den Bohrerseiden von der Bohrerform, wodurch die Größe des Reibungsdrehmomentes festgestellt werden konnte.

Bei Schichtstoffen und Gießharzen wurde abschließend festgestellt, daß der Spitzenwinkel für Bohrer mit weitem Drall  $60$  bis  $95^\circ$ , bei Bohren mit engem Drall  $90$  bis  $110^\circ$  zweckmäßig ist. Für Hartpapier und Trolon ist für die Spanabfuhr der weite Drall am geeignetsten, für Hartgewebe wird die Spanabfuhr durch engen Drall besser gefördert, was auf die eigenartige Spanbildung zurückzuführen ist. Bei normalen Bohrern betrug das Reibungsdrehmoment teilweise 50% vom Gesamtdrehmoment. Die dadurch entstehende hohe Temperatur bewirkte schnelles Stumpfen der Schneiden. Eine größere Verjüngung und das Hinterschleifen der Fase setzten das Reibungsdrehmoment auf 5% und das Gesamtdrehmoment auf 40% der ursprünglichen Werte herab. E. G.

## AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

### Über die Wirtschaftlichkeit von Regelantrieben für Lüfter

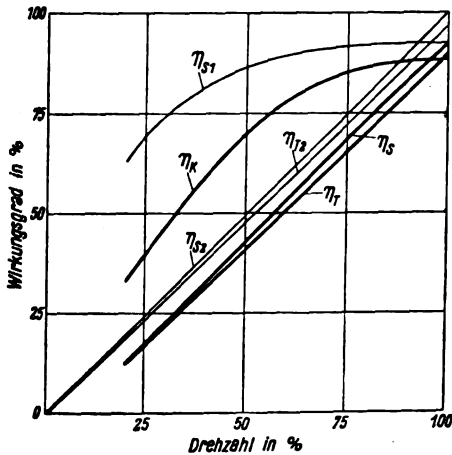
DK 621.63 : 621.34.003.1

Die Wirtschaftlichkeit der Drehzahlregelung bei Lüfterantrieben, deren Fördermenge den jeweiligen Bedürfnissen der Praxis angepaßt werden soll, ist seit langem bekannt<sup>1)</sup>. Für Drehstromnetze kommen hierbei im Idealfall der stufenlosen Drehzahlregelung für kleinere und mittlere Leistungen bis 500 kW und mehr vorzugsweise drei Antriebsarten in Frage:

1. Drehstrom-Käfigläufermotoren mit Turbo-Regelkupplung;
2. Drehstrom-Schleifringläufermotoren mit Widerstandsregelung;
3. stufenlos und verlustlos regelbare Drehstrom-Kommutatormotoren.

Im nachstehenden soll insbesondere die Wirtschaftlichkeit der antriebstechnisch gleichartigen Lösungen — Schleifringläufer bzw. Käfigläufer mit Turbo-Regelkupplung<sup>2)</sup> — untersucht werden, da m. W. hierüber noch keine eindeutige Abhandlung erfolgt ist. Vergleichsweise wird auch der Drehstrom-Kommutatormotor erwähnt. Die Wirkungsweise und Anordnung der verschiedenen Antriebsarten wird als bekannt vorausgesetzt.

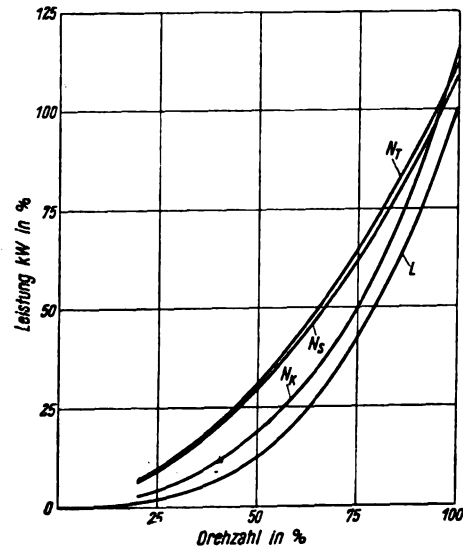
der jeweiligen Drehzahl nach der bekannten quadratischen Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie des Lüfters. Für den zweiten Teilwirkungsgrad ist die Größe der Abweichung von der obersten Drehzahl bei Abwärtsregelung maßgebend. Die jeweils oberste Drehzahl ist hierbei



- $\eta_{S1}$  erster Teilwirkungsgrad des Schleifringläufers bzw. Käfigläufers, bedingt durch die Belastung bei der jeweiligen Drehzahl
- $\eta_{S2}$  zweiter Teilwirkungsgrad des Schleifringläufers, bedingt durch die Schlupfverluste
- $\eta_S$  Gesamtwirkungsgrad bei Antrieb durch Schleifringläufer mit Widerstandsregelung
- $\eta_{T2}$  Wirkungsgrad der Turbo-Regelkupplung
- $\eta_T$  Gesamtwirkungsgrad bei Antrieb durch Käfigläufer mit Turbo-Regelkupplung
- $\eta_K$  Wirkungsgrad bei Antrieb durch Drehstrom-Kommutatormotor

Bild 1. Wirkungsgradverlauf für regelbare Lüfterantriebe.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ist in erster Linie der Wirkungsgrad des Antriebes bei den verschiedenen Lüfterdrehzahlen maßgebend. Der Wirkungsgrad des Schleifringläufers setzt sich aus zwei Teilwirkungsgraden zusammen, von denen der eine durch die jeweilige Belastung bei den einzelnen Drehzahlen gegeben ist, und der andere durch das Verhältnis der jeweiligen Drehzahl zu der obersten Drehzahl. Es ergibt sich zunächst der erste Teilwirkungsgrad (Bild 1, Kurve  $\eta_{S1}$ ) entsprechend der Belastung des Antriebes bei



- $L$  Leistungsbedarf des Lüfters
- $N_T$  Leistungsaufnahme bei Antrieb durch Käfigläufer mit Turbo-Regelkupplung
- $N_S$  Leistungsaufnahme bei Antrieb durch Schleifringläufer mit Widerstandsregelung
- $N_K$  Leistungsaufnahme bei Antrieb durch Drehstrom-Kommutatormotor
- $N_A$  Leistungsaufnahme bei Antrieb durch Drehstrom-Kommutatormotor

Bild 2. Leistungsbedarf und Leistungsaufnahme für regelbare Lüfterantriebe.

durch die Drehzahl gegeben, die sich bei dem unregelmotoren Motor entsprechend dem jeweiligen Belastungsmoment einstellen würde. Für den gegebenen Antrieb ist diese Drehzahl also ein fiktiver Wert, da sich mit steigender Drehzahl für den Lüfterantrieb eine Änderung des Belastungsmomentes ergeben würde. Setzt man nun die jeweils eingestellte Drehzahl zu der hierzu gehörigen obersten Drehzahl ins Verhältnis, so erhält man damit den zweiten Teilwirkungsgrad  $\eta_{S2}$ . Die Kurve ist praktisch eine Gerade, die aus dem Nullpunkt kommend auf einen Wirkungsgrad von 100 % ansteigt. Durch Multiplikation der einzelnen Werte dieser beiden Teilwirkungsgrade miteinander ergibt sich der Gesamtwirkungsgrad  $\eta_S$ , der für den Schleifringläufermotor bei Lüfterantrieb einzusetzen ist.

Auf gleiche Weise läßt sich der Wirkungsgrad für den Antrieb mit Käfigläufer und Turbo-Regelkupplung ermitteln. Da die Turbokupplung lediglich als Kupplung (und nicht als Drehmomentwandler) anzusehen ist, wirkt auch bei diesem Antrieb auf die Motorwelle das Lüftermoment. Wenn also für den Käfigläufer der gleiche Wirkungsgrad bei oberster Drehzahl und Vollast eingesetzt wird wie beim Schleifringläufer<sup>3)</sup>, so ergibt sich auch für diesen Antrieb der gleiche Teilwirkungsgrad  $\eta_{S1}$  in Abhängigkeit von der Belastung bei den einzelnen Drehzahlen. Es ist ferner der Wirkungsgrad der Turbokupplung durch das Verhältnis der jeweils eingestellten Lüfterdrehzahl zu der obersten Drehzahl gegeben, wobei die oberste Drehzahl in gleicher Weise wie beim Schleifringläufer gefunden wird. Es muß aber noch berücksichtigt

<sup>1)</sup> Baudisch: „Regelbare Drehstromantriebe für Maschinen mit quadratisch ansteigendem Moment“, Siemens Z. 5 (1925) S. 353. — Hellmich: „Die Deckung des Eigenbedarfes der Kraftwerke, insbesondere der V. S. Amerika“, Elektrizitätswirtschaft, 34 (1935) S. 7.

<sup>2)</sup> Die Gleichartigkeit beider Lösungen ergibt sich aus der nachstehenden Untersuchung und besteht darüber hinaus im Drehzahlverhalten; bei oberster Drehzahl ist mit asynchronem Nebenschlußverhalten zu rechnen, während bei herabgelegter Drehzahl reihenschlußähnliches Verhalten besteht.

<sup>3)</sup> Für Motorleistungen über rd. 50 kW ist praktisch der Wirkungsgrad des Käfigläufers gleich dem des Schleifringläufers.

werden, daß die Turbokupplung das volle Drehmoment nur bei einem Schlupf von etwa 3 % übertragen kann. Da aber für Schleifringläufer und Käfigläufer der gleiche Vollast Schlupf eingesetzt werden kann, muß bei dem Antrieb über Turbo-Regelkupplung mit einer 3 % kleineren Vollast-Drehzahl gerechnet werden. Bei einem kubischen Leistungsverlauf des Lüfters würde damit die Lüfterleistung auf etwa 91 % zurückgehen. Um einen objektiven Vergleich hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zu erhalten, muß jedoch gleiche Luftfördermenge betrachtet werden. Bei gleichem Lüfter für beide Antriebe wird dieses erreicht durch entsprechende Erhöhung der Drehzahl des Antriebsmotors evtl. durch Änderung der Übersetzung eines etwa zwischengeschalteten Getriebes<sup>4)</sup>. Es ergibt sich hieraus, daß der Käfigläufer einerseits in der Leistung größer gewählt werden muß, und zwar größenordnungsmäßig entsprechend der Schlupfverluste in der Turbokupplung, und daß sich ferner der zweite Teilwirkungsgrad  $\eta_{T_2}$  und damit der Gesamtwirkungsgrad  $\eta_T$  um diese Verluste verschlechtert (Bild 1). Die Untersuchung zeigt also, daß im Hinblick auf den Wirkungsgrad der Kurzschlußläufer mit Turbokupplung etwas schlechter abschneidet als der

<sup>4)</sup> Besteht diese Möglichkeit nicht, so muß der Lüfter entsprechend ausgelegt werden. Die grundsätzlichen Betrachtungen bleiben hierfür bestehen.

DK 31 : 621.311 (494)

**Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz im Betriebsjahr 1938/39.** [Nach Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 31 (1940) S. 1; 8 S., 5 B., 8 Taf.]

Das vom 1. 10. 1938 bis 30. 9. 1939 laufende Betriebsjahr war nach den Mitteilungen des Eidgenössischen Amtes für Elektrizitätswirtschaft in Bern durch eine weitere starke Zunahme des festen Energieverbrauches in Haushalt, Gewerbe und Industrie gekennzeichnet, wobei die gleichen Kraftwerke wie im Vorjahr in Betrieb waren. Die Stromerzeugungsmöglichkeit wurde im Winterhalbjahr praktisch völlig, im Sommerhalbjahr in bisher nicht erreichtem Maße verwertet, so daß unverwertete Überschüsse nur von Ende Mai bis Mitte September in geringem Maße vorhanden waren. Die gesamte Jahreserzeugung erreichte 7176 Mill kWh und übertraf die Vorjahreserzeugung um 1,7%, d. s. 122 Mill kWh. An der Gesamterzeugung waren die Werke der allgemeinen Versorgung mit 76,2%, die Bahn- und Industriekraftwerke mit 23,2% und die Einfuhr mit 0,6% beteiligt; von der in der Schweiz verbrauchten Energie wurden, wie im Vorjahr, rd. 70% in öffentlichen und 30% von Bahn- und Industriekraftwerken erzeugt. Die Entwicklung beider Werkgruppen setzt das organische Wachstum der letzten Jahre fort. Die Energieerzeugung durch Wasserkraft betrug 7089 Mill kWh, während Wärmekraftwerke und Einfuhr zusammen 1,2% der Gesamtleistung ausmachten. Der Inlandverbrauch stieg um 1,9%, wobei die Hauptabnehmergruppen Haushalt und Gewerbe eine starke Zunahme von 6,1% ihrer Vorjahresbedarfe zeigten, während die Lieferungen für elektrometallurgische, elektrochemische und elektrophysikalische Anwendungen einen leichten Rückgang erfuhren, der auf die geringere Wasserführung im Winterhalbjahr zurückzuführen ist. Der Bahnverbrauch war der gleiche wie im Vorjahr. Die Energieausfuhr stieg um 1% auf 1563 Mill kWh. Die Erzeugung der Bahn- und Industriekraftwerke betrug 1670 Mill kWh und war 22% höher als im Vorjahr. Die erzielte Ausnutzung ist als günstig zu bezeichnen. Die stärkste tägliche Inanspruchnahme der Speicherwerke trat am 21. 12. 1938 mit einer Erzeugung von 6,5 Mill kWh auf, d. s. 41% der Gesamterzeugung dieses Tages. Die auftretende Höchstleistung des Gesamtbetriebes trat im Juli mit 975 000 kW auf; die darauf bezogene Benutzungsdauer betrug 5700 Stunden. Das Speichervermögen, d. h. der Speicherinhalt bei vollen Speicherbecken, beträgt 775 Mill kWh; infolge schwächerer Sommerzuflüsse waren zu Beginn der letzten Winterperiode jedoch nur 688 Mill kWh vorhanden.

Die Finanzwirtschaft der schweizerischen Elektrizitätswerke zeigte eine gesunde Entwicklung. Im Berichtjahr wurde etwa der gleiche Betrag wie in den beiden Vorjahren investiert. Auch die Passivseite der Bilanz zeigt ebenso wie die Gewinn- und Verlustrechnung nur geringe Veränderungen gegenüber den Vorjahrswerten. Die durchschnittliche Dividende des Berichtsjahres beträgt 5,0 %. Die in der Arbeit angegebenen statistischen Werte und Schaulinien, die teilweise bis zum Jahre 1931 vergleichsweise zurückgehen, ergänzen die gemachten Angaben.

an.

Schleifringläufermotor. Für größere Motorenleistungen ist diese Tatsache insbesondere bei durchlaufenden Betrieben u. U. von Bedeutung.

Auf Grund der für eine Leistung von 200 kW bei 1000 U/min ermittelten Wirkungsgrade ergibt sich das Leistungsschaubild nach Bild 2. Auch hier zeigt sich der Vorteil des Schleifringläufers gegenüber der Turbo-Regelkupplung. Die Entscheidung jedoch für die eine oder andere Lösung verlangt über vorstehende Betrachtungen hinaus noch die vergleichende Gegenüberstellung des Aufwandes für Anschaffung, Montage, Wartung, Bedienung u. a. m. Auch betriebliche Gesichtspunkte, wie z. B. die für die Turbokupplung notwendige hohe Drehzahl, die vielfach ein Getriebe bedingt (Wirkungsgrad des Getriebes), sind zu beachten.

Wenn abschließend noch die in Bild 1 und 2 eingezeichneten Kurven für den Drehstrom-Kommutatormotor betrachtet werden, so zeigt sich die besondere Überlegenheit dieses stufenlos und verlustlos regelbaren Antriebes, der sich bei entsprechenden Betriebsverhältnissen ohne weiteres gegen die beiden vorgenannten Lösungen vertreten läßt. Die weitverbreitete Anwendung dieses Motors für Lüfterantriebe zeigt sowohl die Zweckmäßigkeit dieses Antriebes als auch die besondere Bedeutung wirtschaftlicher Betrachtungen überhaupt für den stufenlos geregelten Lüfterantrieb.

W. Schlotmann VDE

DK 621.365.453.004.14

**Wirtschaftliche Durchführung des elektrischen Kochens.** [Nach G. L. Woolnough u. G. Webster, Electr. Tms. 96 (1939) S. 439; 1 S., 1 B.]

Die Verfasser untersuchten die Steigerungsmöglichkeit des wärmewirtschaftlichen Wirkungsgrades bei Benutzung elektrischer Kochplatten für die Speisenzubereitung, indem sie Kochversuche mit Wasser unter Beobachtung der verschiedenen beim Kochvorgang auftretenden Erscheinungen durchführten. Dazu wurde eine Strahlungsplatte mit 1800 W und eine Heizplatte mit 1900 W Nennaufnahme benutzt. Bestimmt wurde der Einfluß der Wassermenge, der sich als unwichtig ergab, der Deckelbenutzung beim Kochtopf, der sich als überaus wichtig zeigte, während die Topfgröße bei Deckelbenutzung nur unwesentlich einwirkte. Wichtig ist aber noch das Anpassen der Heizleistung an den Kochvorgang selbst, durch welche Maßnahme beträchtlich an Energie gespart werden kann, so daß 3- oder 4-stufige Regelschalter in allen Fällen vorzuziehen sind. Auch durch Anwenden kleinerer Kochleistung und längerer Kochdauer lassen sich bisweilen Vorteile erzielen. Wie die Versuche einwandfrei ergaben, verursacht Zugluft beträchtliche Wärmeverluste. Allgemein läßt sich die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Kochens steigern durch Regeln der Heizleistung, ständige Verwendung von Topfdeckeln und Vermeiden sonstiger Wärmeverluste. Verwenden eines Topfes, dessen Größe der Heizplatte einigermaßen entspricht, und Einstellen einer niedrigen Kochstufe, wenn es die für die Zubereitung verfügbare Zeit erlaubt. Zwischen bester und schlechtester Durchführung des elektrischen Kochens bestehen hinsichtlich des Stromverbrauches ziemliche Unterschiede; durch Beachten obiger Maßnahmen lassen sich gegenüber einem normalen Kochstromverbrauch etwa 30% an Strom einsparen. Tsch.

## Jubiläen

**Schäffer & Budenberg.** — Am 1. März konnte die Firma Schäffer & Budenberg GmbH. in Magdeburg-Buckau auf ein 90jähriges Bestehen als Spezialfabrik für Armaturen und Meßgeräte zurückblicken. Sie ist damit das älteste und zugleich eines der größten Werke seiner Art in der Welt, dessen Ursprung auf die ersten Anfänge des Maschinenbaues zurückgeht. Das Ende des Weltkrieges brachte dem Werk schwere Verluste, heute bestehen aber bereits wieder fünf eigene Werke, 20 Verkaufsbüros, neun eigene Auslandshäuser und zahlreiche Ausfuhrvertretungen. Die tägliche Gesamterzeugung beträgt über 5000 Armaturen und Meßgeräte.

**L. Schuler A.G.** — Anlässlich des hundertjährigen Bestehens der L. Schuler A.G. in Göppingen-Württ. hat die Firma eine vorzüglich ausgestattete Jubiläumsschrift herausgegeben, die in Wort und Bild über die Entwicklung von der kleinen Schlosserwerkstatt zum weltbekanntesten Unternehmen berichtet.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

## Explosionsschutz

Der Ausschuß für Explosionsschutz hat einen Entwurf zu einer geänderten Fassung des § 3 von

VDE 0166 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben“

aufgestellt, die folgenden Wortlaut hat:

## § 3.

Gefährdete Räume in Sprengstoffbetrieben sind:

1. Räume oder sonstige Stellen, in oder an denen Sprengstoffe (Sprengmittel, Schießmittel, Zündmittel, Feuerwerkskörper usw.) hergestellt, be- oder verarbeitet oder gelagert werden.
2. Räume, die den unter 1 genannten Räumen benachbart sind und mit ihnen dauernd oder zeitweise, z. B. durch Türen, Fenster, Mauerdurchbrüche, Kanäle, in Verbindung stehen oder gebracht werden können, wenn in den unter 1 genannten Räumen Staube, Sublimate oder Dämpfe von explosiblen Stoffen auftreten.

Räume, die in verschiedenen Gebäuden liegen und durch Bedienungsgänge miteinander verbunden sind, gelten nicht als benachbart, unter der Voraussetzung, daß die Abstände der Gebäude den Bestimmungen der zuständigen Stellen entsprechen.

Zur Herbeiführung der Übereinstimmung mit der Begriffserklärung in

VDE 0165 „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen“

soll § 3 dieser Leitsätze folgenden Wortlaut erhalten:

## § 3.

Explosionsgefahr liegt vor, wenn sich nach den örtlichen und betrieblichen Verhältnissen Gase, Dämpfe oder Staube, die untereinander oder mit Luft explosionsfähige Gemische bilden, in gefährdender Menge ansammeln können.

Räume, die explosionsgefährdeten Räumen benachbart sind und mit ihnen dauernd oder zeitweise, z. B. durch Türen, Fenster, Mauerdurchbrüche, Kanäle, in Verbindung stehen oder gebracht werden können, gelten ebenfalls als explosionsgefährdet, wenn nicht durch besondere Maßnahmen eine Ansammlung explosionsfähiger Gemische in den benachbarten Räumen verhindert ist.

Begründete Einsprüche gegen die beiden Entwürfe sind bis zum 1. Mai 1940 an die Geschäftsstelle einzureichen.

## Transformatoren

Der Ausschuß für Transformatoren hatte einen Entwurf zu

VDE 0532 U „Umstell-Vorschriften für Transformatoren“

aufgestellt, der in ETZ 60 (1939) S. 1456 veröffentlicht war. Auf Grund der eingegangenen Anregungen und Einsprüche wurden noch einige Ergänzungen und Änderungen vorgenommen. Die sich hiernach ergebende Schlußfassung ist nochmals in vollem Wortlaut in ETZ 61 (1940) H. 15 S. 344 veröffentlicht. Danach enthalten die Umstell-Vorschriften eine Heraufsetzung der zulässigen Grenzerwärmungen und eine Herabsetzung der Prüfspannungen für Trockentransformatoren, da die Entwicklung gezeigt hat, daß die bisher in VDE 0532/XII. 37 gegenüber Öltransformatoren enthaltenen schärferen Bestimmungen nicht gerechtfertigt sind.

Die Umstell-Vorschriften sind vom Vorsitzenden des VDE im März 1940 genehmigt worden und treten am 15. April 1940 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

## Fachversammlung

des Fachgebiets „Stromrichter“, Leiter: Dipl.-Ing. Dr. phil. J. v. Issendorf VDE.

## Vortrag

des Herrn Dr. W. Dällenbach, Berlin, am Dienstag, dem 23. April 1940, um 18<sup>00</sup> in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Entwicklungen und Fortschritte im Bau von Großgleichrichtern.“

Eintritt und Kleiderablage frei.

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektromaschinenbau.** Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.

18. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Die Bauarten der Laufer schnelllaufender Stromerzeuger.“ Vortragender: Ingenieur K. Glöde.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.

19. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Anwendung von Stromrichtern bei motorischen Antrieben.“ Vortragender: Dr.-Ing. H. Anschütz VDE.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

23. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: Vortragsreihe: „Bremsen“ (Anordnung, Wirkungsweise, Kennlinien): Aussprache über Druckluft-, Gleich- und Wechselstrom-Nutz- und Widerstandsbremsen.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer  
Burghoff

## Bekanntmachungen des MPA über Kunstharzpreßmassen und über typisierte und überwachte Preßstoffe.

Von den in ETZ 61 (1940) Heft 11, 12 und 13 erschienenen Bekanntmachungen des Staatlichen Material-Prüfungs-Amtes über Kunstharzpreßmassen für typisierte und überwachte Preßstoffe bzw. über typisierte und überwachte Preßstoffe

hat die ETZ-Verlag GmbH. einen Sonderdruck hergestellt, der zum Preise von RM 0,60 je Stück, zuzüglich Porto, abgegeben wird.

VDE-Mitglieder erhalten auf jede Bestellung für eigenen Bedarf einen Preisnachlaß von 10%.

Bestellungen sind nicht an uns, sondern an die ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33, VDE-Haus, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung  
Viehhaus

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Mark Brandenburg, Stützpunkt Senftenberg.** 13. 4. (Sa), 16<sup>00</sup>, Senftenberg, Bergbauhaus: „Überspannungsschutz-Einrichtungen in Hochspannungsnetzen“ (m. Lichtb.). Dr. R. Foitzik VDE.

**VDE Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld.** 16. 4. (Di), 20<sup>15</sup>, Saal der Technik: „Entwicklung und Prüfung von Schaltern größter Leistung“. Obering. W. Kaufmann VDE.

**VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M.** 17. 4. (Mi), Saal der Städelschule, Neue Mainzerstr. 47: „Lichtbogenwanderung in Schaltanlagen“. Dr. H. Freiburger VDE.

**VDE Bezirk Nordsachsen, Leipzig.** 17. 4. (Mi), 20<sup>00</sup>, Grassimuseum: „Alte und neue Isolierstoffe der Elektrotechnik“. Dr.-Ing. W. Vogel VDE.

**VDE Bezirk Oberschlesien, Kattowitz.** 16. 4. (Di), 17<sup>30</sup>, Schlesische Landesbücherei in Kattowitz, Emmastr. 12: „Verbindungen an Aluminiumkabeln und Aluminiumleitungen“. Dipl.-Ing. W. Demuth.

## PERSONLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**B. Thierbach †.** — Am 27. März 1940 starb im 77. Lebensjahr Herr Dr. Bruno Thierbach. 53 Jahre lang hat der Verstorbene als Mitarbeiter verschiedener Unternehmen, als Betriebsleiter, als beratender Ingenieur, vor allem aber als ein außerordentlich vielseitiger Schriftsteller die deutsche



B. Thierbach †.

Elektrizitätsversorgung gefördert. Die ETZ, die in ihm einen ihrer ältesten Mitarbeiter verliert, brachte anlässlich seines 75. Geburtstages eine eingehende Würdigung<sup>1)</sup> seines Werdens und Wirkens. Schon frühzeitig erkannte er die großen Zukunftsmöglichkeiten der Elektrizitätsversorgung, ebenso aber auch die damalige Zerrissenheit und das hemmende Gegen-

<sup>1)</sup> ETZ 59 (1938) S. 923.

einander der einzelnen Gruppen. Und während seiner Weltkriegstätigkeit für die Reichsregierung befaßte er sich bereits eingehend mit der Frage der Fernkraftversorgung und einer das ganze Reichsgebiet umfassenden Verbundwirtschaft.

Dr. Bruno Thierbach zeigte bei seinen zahlreichen Veröffentlichungen stets einen klaren Blick für das Wesentliche, während ihn alle kleinlichen Interessenfragen, die in früheren Jahren oftmals am breitesten erörtert wurden, nur wenig interessierten. Daß unter nationalsozialistischer Führung Deutschland aufs neue erstarke und daß in den letzten Jahren die nunmehr einheitlich geleitete deutsche Elektrizitätswirtschaft einen beispiellosen Aufschwung nahm, war für ihn eine besondere Freude. Er hat bis zuletzt in vielseitiger Weise auch an den neuen Aufgaben mitgewirkt. Wer das Glück hatte, Dr. Thierbach nicht nur beruflich, sondern auch menschlich näher kennen zu lernen, weiß, daß mit ihm ein unermüdlicher Arbeiter, ein schöpferischer Pionier und ein aufrechter Mann von edelstem Herzen von uns gegangen ist. A. Friedrich

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.367 : 621.791.75

**Praktisches Handbuch der Lichtbogenschweißung.** Von Ing. Kth. Dag du Rietz und Dr.-Ing. H. Koch. Mit 186 B., VIII u. 251 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939. Preis geh. 9,40 RM. geb. 11,— RM.

Das Buch bringt fast lückenlos alles, was der Fachingenieur über das Gebiet wissen muß. Die Abfassung ist so klar und einfach, daß auch der Meister und Schweißer das Gesagte und Dargestellte gut verstehen können. Für den Studierenden ist das Buch besonders wertvoll, schon wegen des reichen Schrifttumnachweises. Die einleitenden Abschnitte über chemische, physikalische und elektrische Grundbegriffe sowie über Stahl, sind besonders zu begrüßen, weil dadurch vieles im fachtechnischen Teil erst verständlich wird. Die Blawirkung des Bogens (ein Nachteil des Gleichstrombogens) und deren Behebung ist besonders gut bearbeitet. Auch die Vorschriften und Normen sind eingehend behandelt. Die Anwendungsgebiete der Bogenschweißung und Einzelheiten der schweißtechnischen Gestaltung und Berechnung sind einem später in Aussicht genommenen zweiten Band vorbehalten. Schweißmaschinen, Transformatoren und Werkzeuge sind kurz, die Elektroden dagegen erschöpfend besprochen. Druck, Papier und sonstige Ausstattung lassen nichts zu wünschen übrig, so daß das Buch sich trotz des besonders in letzter Zeit angeschwollenen Fachschrifttums viele Freunde erwerben wird. J. C. Fritz VDE

## EINGÄNGE

100 praktische Rundfunkwinke. Von Ing. O. Kappelmayer. Deutsche Radio-Bücherei Band 86. Mit 62 Abb., 9 Tab., 9 Taf. u. 79 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literar. Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1939. Preis kart. 1,80 RM.

[Der Verfasser hat mit diesem Bändchen einen erweiterten Auszug seines großen Bastelbuches und Rundfunkpraktikums geschaffen, um dem Bastler und Werkstattmann fachmännische Ratschläge zu geben. Der Inhalt gliedert sich in Fehlersuche, Reparatur, Messen, Prüfen und Ersatz beschädigter Teile. Das letzte Drittel des Büchleins enthält Zahlentafeln und Rezepte für die Heimwerkstatt.]

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. M. Greiner VDE, Stuttgart-O., Landhausstr. 66  
Dr.-Ing. E. Kluss VDE, Plesteritz Bez. Halle/S., Am Dreieck 11  
Dipl.-Ing. W. Schlotmann VDE, Berlin-Charlottenburg, Tegeler Weg 25

Abschluß des Heftes: 5. April 1940.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 18. April 1940

Heft 16

## Über Ermittlung und Bedeutung der Unsymmetrie in Drehstromnetzen

Von Paul Werners VDE, Dortmund

DK 621.3.052.3.001.1 : 621.3.016.313

**Übersicht.** Der Unsymmetriegrad als das Verhältnis der gegenläufigen zur mitläufigen Komponente eines unsymmetrischen Dreiphasenstrom- bzw. -spannungssystems wird unter Berücksichtigung des Nullsystems erklärt. Neben bekannten zeichnerischen Verfahren wird eine Meßschaltung für die unmittelbare Erfassung des Unsymmetriegrades angegeben. Sodann werden die Ortskurven gleichen Unsymmetriegrades bei verschiedenen gestalteten Systemdreiecken abgeleitet; diese Kurven ergeben sich als in einfacher Art zu konstruierende Kreise. Anschließend wird nachgewiesen, daß das Aussehen des Systemdreiecks oder auch die drei Angaben der Strom- bzw. Spannungsmesser keinen Anhaltspunkt für die Höhe eines bestehenden Unsymmetriegrades bieten. Schließlich wird dargelegt, wie der Unsymmetriegrad u. a. zur Ermittlung der Entfernung eines zweipoligen Kurzschlusses benutzt werden kann.

gebenen unsymmetrischen System  $\mathfrak{V}_R, \mathfrak{V}_S, \mathfrak{V}_T$  zeigen die Bilder 3 a bis 3 d.

Der Drehsinn der Vektoren ist in allen Systemen der gleiche (Linksdrehsinn); die scheinbar entgegengesetzte Phasenfolge des Gegensystems erklärt man sich zweckmäßig dadurch, daß seine Vektoren nicht wie die des Mitsystems um je  $+120^\circ$ , sondern um je  $+240^\circ$  gegeneinander versetzt sind (Bild 3 b).

Sind  $\mathfrak{S}_1$  und  $\mathfrak{S}_2$  die Vektoren der ersten Phase  $R$  des Mit- bzw. des Gegensystems, so läßt sich die Verdrehung der Vektoren in den beiden anderen Phasen  $S$  und  $T$  in bekannter Weise durch die Abkürzungen

$$a = e^{+j120^\circ}; \quad a^2 = e^{+j240^\circ} \text{ usw.}$$

ausdrücken, die ein wesentlich übersichtlicheres Bild in den Rechnungen ergeben als die Exponentialausdrücke. Für den Dreher  $a$  bestehen zudem folgende einfache Beziehungen, die sich aus der Zusammensetzung sinngemäß gerichteter Einheitsvektoren, z. B. auf graphischem Wege, leicht nachweisen lassen:

$$a^3 = 1; \quad a^4 = a \text{ usw.}; \quad \frac{1}{a} = a^2; \quad (1a)$$

$$1 + a + a^2 = 0, \text{ also } a + 1 = -a^2; \quad (1b)$$

$$a - 1 = \sqrt{3} \cdot e^{j150^\circ} = -j\sqrt{3} a^2; \quad (1c)$$

$$a^2 - 1 = (a + 1)(a - 1) = (-a^2)(-j\sqrt{3} a^2) = j\sqrt{3} a, \quad (1d)$$

wobei  $j^2 = -1 = e^{\pm j180^\circ}$  bzw.  $e^{\pm j90^\circ} = \pm j$  ist.

Hinsichtlich der Zusammensetzung der drei Komponentensysteme  $\mathfrak{S}_1, \mathfrak{S}_2, \mathfrak{S}_0$  zu dem gegebenen unsymmetrischen System folgt nun aus Bild 3 d

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{V}_R &= \mathfrak{S}_1 + \mathfrak{S}_2 + \mathfrak{S}_0 \\ \mathfrak{V}_S &= a \mathfrak{S}_1 + a^2 \mathfrak{S}_2 + \mathfrak{S}_0 \\ \mathfrak{V}_T &= a^2 \mathfrak{S}_1 + a \mathfrak{S}_2 + \mathfrak{S}_0 \end{aligned} \right\} (2)$$

Die Auflösung, zweckmäßig nach dem Additionsverfahren durchgeführt, ergibt unter Beachtung der Gl. (1 a, b)

$$3 \mathfrak{S}_1 = \mathfrak{V}_R + a^2 \mathfrak{V}_S + a \mathfrak{V}_T \quad (3a)$$

$$3 \mathfrak{S}_2 = \mathfrak{V}_R + a \mathfrak{V}_S + a^2 \mathfrak{V}_T \quad (3b)$$

$$3 \mathfrak{S}_0 = \mathfrak{V}_R + \mathfrak{V}_S + \mathfrak{V}_T \quad (3c)$$

Die Division der Gl. (3 a, b) ergibt das gerichtete Verhältnis von Gegen- zum Mitsystem

$$u = \frac{\mathfrak{S}_2}{\mathfrak{S}_1} = \frac{\mathfrak{V}_R + a \mathfrak{V}_S + a^2 \mathfrak{V}_T}{\mathfrak{V}_R + a^2 \mathfrak{V}_S + a \mathfrak{V}_T} \text{ mit dem Betrag } u = |u|, \quad (4)$$

das demnach allgemein, d. h. auch beim Vorhandensein eines Nullsystems, besteht.

### 1. Mit-, Gegen- und Nullsystem

Bekanntlich läßt sich jedes unsymmetrische mehrphasige Strom- oder Spannungssystem in eine Reihe symmetrischer Komponentensysteme zerlegen<sup>1)</sup>. Beim

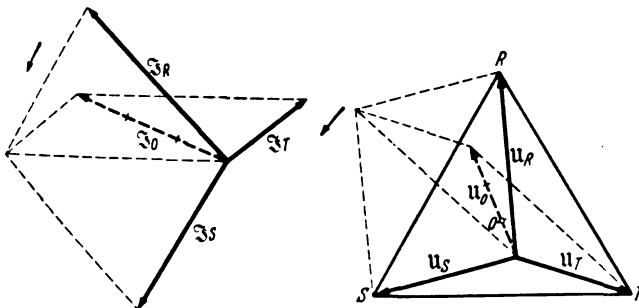


Bild 1. Unsymmetrisches Stromsystem mit Nullkomponente.

Bild 2. Spannungssystem mit Nullkomponente.

Dreiphasensystem, das an praktischer Bedeutung die erste Stelle einnimmt, entsteht an Komponenten ein symmetrisches dreiphasiges „Mitsystem“  $\mathfrak{S}_1$ , dessen Phasenfolge mit der des gegebenen unsymmetrischen Systems übereinstimmt, sowie ein ebensolches „Gegensystem“  $\mathfrak{S}_2$  mit entgegengesetzter Phasenfolge. Außerdem tritt bei einem dreiphasigen Stromsystem mit stromführendem Nulleiter ( $\mathfrak{I}_R, \mathfrak{I}_S, \mathfrak{I}_T, \mathfrak{I}_0$ ) nach Bild 1 oder bei einem System unsymmetrischer Sternspannungen ( $u_R, u_S, u_T, u_0$ ) nach Bild 2 noch ein „Nullsystem“  $\mathfrak{S}_0 = \mathfrak{I}_0/3$  bzw.  $\mathfrak{S}_0 = u_0/3$  auf. Die Zusammensetzung von  $\mathfrak{S}_1, \mathfrak{S}_2$  und  $\mathfrak{S}_0$  zum ge-

<sup>1)</sup> Wanger, Symmetrische Komponenten für Mehrphasensysteme. Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 683.



2. Der Unsymmetriegrad und seine praktische Bedeutung

Eine Gegenkomponente im Stromsystem hat u. a. zur Folge, daß im Generator ein Gegendrehfeld erzeugt wird, das zu einer Übererwärmung des Läufers und des Dämpferkäfigs führen kann<sup>2)</sup>. Entsprechend ist eine Gegenkomponente im Spannungssystem in der Lage, in Motoren ebenfalls ein Gegendrehfeld und damit eine Herabsetzung des Anfahr- und Kippmoments sowie erhöhte Verluste<sup>3)</sup> herbeizuführen. Die Ursache für eine solche Spannungsunsymmetrie kann in den durch starke Stromunsymmetrie hervorgerufenen ungleichen Spannungsabfällen auf den drei Leitungssträngen liegen. Weitere Nachteile bringt die Spannungsunsymmetrie hinsichtlich der Lichtausbeute von Glühlampen mit sich<sup>4)</sup>. Daher lohnt sich die Frage nach der Feststellung der Höhe des Gegensystems. Hinsichtlich der erwähnten

3. Die zeichnerische Ermittlung des Unsymmetriegrades<sup>5)</sup>

a.  $\mathcal{E}_0 = 0$ . Für den Fall, daß ein Nullsystem nicht vorhanden ist ( $\mathcal{E}_0 = 0$ ), ist nach Gl. (3 c)

$$\mathcal{V}_R + \mathcal{V}_S + \mathcal{V}_T = 0,$$

also z. B.  $\mathcal{V}_R = -(\mathcal{V}_S + \mathcal{V}_T)$ . Setzen wir diesen Wert für  $\mathcal{V}_R$  in Gl. (4) ein, so folgt

$$u = \frac{(a-1)\mathcal{V}_S + (a^2-1)\mathcal{V}_T}{(a^2-1)\mathcal{V}_S + (a-1)\mathcal{V}_T} = \frac{a-1}{a-1} \frac{\mathcal{V}_S + (a+1)\mathcal{V}_T}{(a+1)\mathcal{V}_S + \mathcal{V}_T}$$

oder mit Gl. (1 b)

$$u = \frac{\mathcal{V}_S - a^2\mathcal{V}_T}{\mathcal{V}_T - a^2\mathcal{V}_S} \quad (5)$$

Im Falle  $\mathcal{E}_0 = 0$  genügen demnach zwei der drei Systemgrößen  $\mathcal{V}_R, \mathcal{V}_S, \mathcal{V}_T$  zur eindeutigen Feststellung des Unsymmetriegrades u.

Unter der gleichen Voraussetzung läßt sich u zeichnerisch z. B. nach Bild 4 ermitteln. Hierin ist  $\mathcal{V}_R, \mathcal{V}_S, \mathcal{V}_T$  das gegebene unsymmetrische System; über dem Vektor  $\mathcal{V}_S$  ist nach oben und unten je ein gleichseitiges Dreieck errichtet, dessen Schenkel die Vektoren  $a\mathcal{V}_S$  bzw.  $a^2\mathcal{V}_S$  darstellen. Es lassen sich nun die Beziehungen ablesen

$$\mathcal{D}_1 = \mathcal{V}_T - a^2\mathcal{V}_S; \quad \mathcal{D}_2 = \mathcal{V}_T - a\mathcal{V}_S. \quad (6)$$

Durch Division folgt hieraus mit Gl. (1 a)

$$\frac{\mathcal{D}_2}{\mathcal{D}_1} = -a \frac{\mathcal{V}_S - a^2\mathcal{V}_T}{\mathcal{V}_T - a^2\mathcal{V}_S},$$

also dem Betrag nach das gleiche Ergebnis wie in Gl. (5). Daher ist also

$$u = \left| \frac{\mathcal{D}_2}{\mathcal{D}_1} \right|.$$

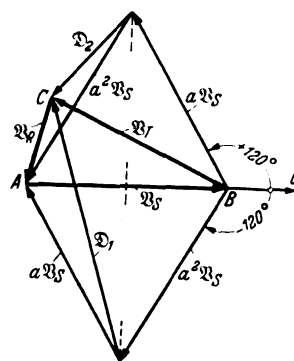


Bild 4. Zur zeichnerischen Ermittlung der Unsymmetrie.

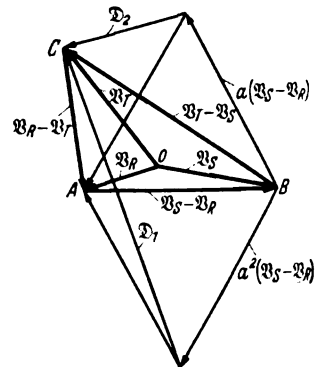


Bild 5. Zur zeichnerischen Ermittlung der Unsymmetrie.

Man braucht demnach zur Bestimmung von u nur  $\mathcal{D}_2$  und  $\mathcal{D}_1$  auszumessen und deren Betragsverhältnis zu bilden.

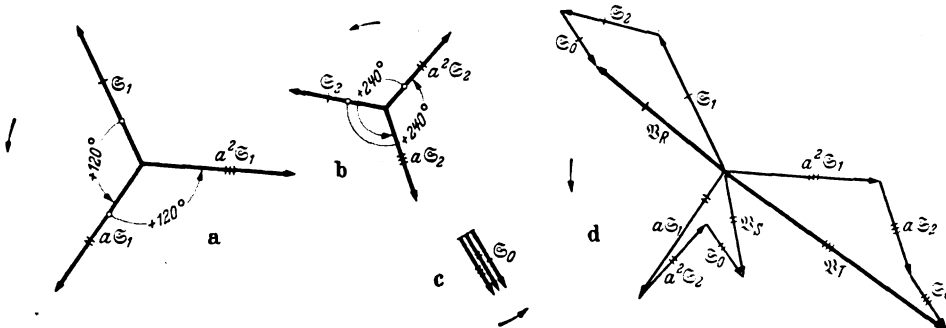


Bild 3 a bis d. Zusammensetzung von Mit-, Gegen- und Nullsystem zum gegebenen unsymmetrischen System.

Folgeerscheinungen der Unsymmetrie kommt indessen der Ermittlung der absoluten Höhe des Gegensystems weniger Bedeutung zu als derjenigen des Verhältnisses des Gegensystems zum Mitsystem, also der relativen Unsymmetrie oder des Unsymmetriegrades

$$u = \left| \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} \right|.$$

Das etwa auf einem Generator lastende Gegensystem wird nämlich dann unterhalb eines höchstzulässigen kritischen Betrages gehalten werden können, wenn alle einzelnen für die gesamte Höhe des Gegensystems verantwortlichen Verbraucher eine gewisse Grenze der Unsymmetrie in den Strömen nicht überschreiten. Die bloße Beobachtung z. B. von drei Strommessern kann dabei zu erheblichen Täuschungen im einen oder anderen Sinne Veranlassung geben, wie im Abschnitt 5 nachgewiesen wird.

Nach den VDE-Vorschriften<sup>6)</sup> gilt ein Mehrphasenstrom- oder -spannungssystem als symmetrisch, wenn  $u < 0,05$  ist.

Außer zum Zweck der Überwachung der Strom- und der Spannungsunsymmetrie kann die Feststellung des Stromunsymmetriegrades bei Wicklungen von Maschinen und Transformatoren die Möglichkeit zur schnellen Aufindung von Symmetriestörungen infolge von Wicklungsbrüchen oder bei Schlüssen bieten. Dasselbe gilt hinsichtlich der Feststellung von äußeren oder inneren, nicht betriebsmäßigen Erdungen, wie sie beim Erd- bzw. Gestellschluß vorliegen. Eine weitere Auswertung kann der Unsymmetriegrad z. B. durch die im Abschnitt 6 folgende Klärung seines Zusammenhangs mit der Entfernung des Ortes eines zweipoligen Kurzschlusses erfahren. Zuvor sei jedoch auf die Möglichkeiten zur Ermittlung des Unsymmetriegrades etwas näher eingegangen.

<sup>2)</sup> Pohl, Gefährdung von Generatoren durch Dauerbelastung des Dämpferkäfigs, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 25.

<sup>3)</sup> Dittrich, Einfluß von ungleichen Spannungen auf den Stromverbrauch von Drehstromanlagen, ETZ 50 (1929) S. 931.

<sup>4)</sup> Aigner, Die Symmetrierung unsymmetrisch belasteter Drehstromnetze durch ruhende Ausgleichkreise, ETZ 57 (1936) S. 971.

<sup>6)</sup> VDE 0530/1939, § 15.

<sup>5)</sup> S. auch Zachrisson, Zur Definition des Begriffes Unsymmetrie eines Drehstromsystems, ETZ 44 (1923) S. 897; ferner Zorn, Bestimmung der Unsymmetrie von Drehstromnetzen, ETZ 51 (1930) S. 1233; außerdem Oberdorfer, Das Rechnen mit symmetrischen Komponenten, Teubner, 1929, S. 16; ferner Nützelberger, Drei neue Verfahren der Zerlegung eines unsymmetrischen Mehrphasensystems in zwei symmetrische, Arch. Elektrotechn. 23 (1930) S. 119.

b.  $\mathfrak{S}_0 \neq 0$ . Das oben beschriebene Verfahren kann auch beim Vorhandensein eines Nullsystems angewandt werden. Um das letztere indessen auszuschneiden, kann man die drei unsymmetrischen Systemgrößen  $\mathfrak{V}_R, \mathfrak{V}_S, \mathfrak{V}_T$  zum Stern zusammenlegen (Bild 5) und nunmehr das diesen Stern umgrenzende Vektordreieck  $ABC$  in der unter Abschnitt a. geschilderten Weise weiterbehandeln. Die drei Dreieckseiten stellen dann die Vektoren  $\mathfrak{V}_S - \mathfrak{V}_R, \mathfrak{V}_T - \mathfrak{V}_S, \mathfrak{V}_R - \mathfrak{V}_T$  dar. Ergänzen wir noch wie in Bild 4 die Vektoren  $\mathfrak{D}_1$  und  $\mathfrak{D}_2$ , so ist jetzt entsprechend der Gl. (6)

$$\mathfrak{D}_2 = (\mathfrak{V}_T - \mathfrak{V}_S) - a (\mathfrak{V}_S - \mathfrak{V}_R) = a \mathfrak{V}_R - (1 + a) \mathfrak{V}_S + \mathfrak{V}_T$$

$$\mathfrak{D}_1 = (\mathfrak{V}_T - \mathfrak{V}_S) - a^2 (\mathfrak{V}_S - \mathfrak{V}_R) = a^2 \mathfrak{V}_R - (1 + a^2) \mathfrak{V}_S + \mathfrak{V}_T,$$

oder mit Gl. (1 a, b)

$$\mathfrak{D}_2 = \frac{1}{a} \cdot \mathfrak{V}_R + a \mathfrak{V}_S + a^2 \mathfrak{V}_T$$

$$\mathfrak{D}_1 = a \mathfrak{V}_R + a^2 \mathfrak{V}_S + a \mathfrak{V}_T$$

Der Vergleich mit Gl. (4) ergibt sodann

$$\frac{\mathfrak{D}_2}{\mathfrak{D}_1} = \frac{1}{a} \cdot u, \text{ also wieder } u = \left| \frac{\mathfrak{D}_2}{\mathfrak{D}_1} \right|.$$

Es folgt also, daß jetzt zur Ermittlung von  $u$  zwar alle drei Vektoren des Systemsterns heranzuziehen sind, daß aber an Stelle dessen von dem umschriebenen Vektordreieck auch hier wieder z w e i Seiten ausreichen, wenn sie der Größe und Phase nach bekannt sind.

Diese Zusammenhänge gelten sowohl für Spannungssysteme als auch für Stromsysteme. Ein Spannungssystem mit Nullkomponente (s. Bild 2) liegt z. B. beim Erdschluß in einem Netz vor, wobei dann die Systemgrößen  $\mathfrak{V}_R, \mathfrak{V}_S, \mathfrak{V}_T$  die Sternspannungen  $U_R, U_S, U_T$  zwischen den drei Phasen und Erde bedeuten. Ein Stromsystem mit Nullkomponente (Bild 1) treffen wir nicht nur in jeder Drehstromleitung mit stromführendem Nulleiter, sondern auch, wie bereits erwähnt, in jeder Anlage an, in der ein nicht betriebsmäßiger Nullstrom  $\mathfrak{I}_0$  fließt, wie es z. B. bei Erd- oder Gestellschluß der Fall ist.

Auf ein zweites zeichnerisches Verfahren<sup>7)</sup>, das sich auf die Gl. (3 a, b) stützt und auf dem durch diese Beziehungen ausgedrückten Herumklappen der Systemgrößen  $\mathfrak{V}_S$  und  $\mathfrak{V}_T$  um  $\pm 120^\circ$  beruht, sei hier nur hingewiesen.

#### 4. Die meßtechnische Ermittlung des Unsymmetriegrades

Es bestehen mehrere Möglichkeiten zur getrennten meßtechnischen Erfassung der symmetrischen Komponentensysteme  $\mathfrak{S}_1$  und  $\mathfrak{S}_2$ ; mit Bezug auf Einzelheiten muß in diesem Zusammenhang auf frühere Arbeiten<sup>8)</sup> verwiesen werden.

Nach einem Vorschlag des Verfassers<sup>9)</sup> kann die unmittelbare Messung der prozentualen Unsymmetrie, also des Unsymmetriegrades  $u$ , mittels eines Quotientenmessers in Verbindung mit einer Kunstsaltung nach Bild 6 vorgenommen werden. Die letztere besteht beispielsweise aus zwei gleichen induktiven Widerständen  $3, 3$  und einem kapazitiven Widerstand vom  $\sqrt{3}$ fachen Betrag sowie einem Voreilwinkel gegenüber den  $3, 3$  von  $120^\circ$ . Durch diese Kunstsaltung wird ein vierphasiges Vergleichsspannungssystem gebildet, das aus zwei aneinanderliegenden gleichseitigen Dreiecken nach Bild 4 und 5 besteht. Das maßgebende Betragsverhältnis der Differenzspannungen  $\mathfrak{D}_1$  und  $\mathfrak{D}_2$  wird alsdann von dem Quotientenmeßwerk  $Q_u$  erfaßt. Im Falle seiner Ausbildung als Zeigermeßgerät kann dieses also unmittelbar

in Prozent oder in einem anderen Maß geeicht werden, wie es dem einen oder anderen der im Abschnitt 2 aufgeführten Verwendungszwecke entspricht.

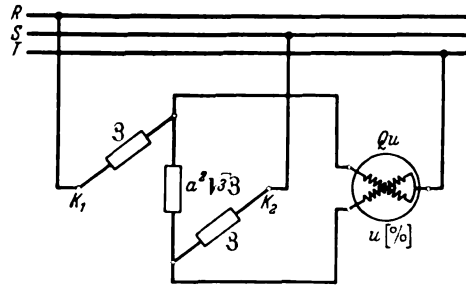


Bild 6. Kunstsaltung zur Messung des Unsymmetriegrades.

#### 5. Die Ortskurven gleichen Unsymmetriegrades<sup>10)</sup>

Obschon die relative Unsymmetrie nach den in Abschnitt 3 und 4 behandelten Verfahren in jedem gegebenen Falle genau ermittelt werden kann, erscheint es nicht überflüssig, einmal zu untersuchen, wie sich einerseits die Gestalt des unsymmetrischen bzw. schiefen Vektordreiecks bei einer Zunahme des Unsymmetriegrades  $u$  ändert, wie aber andererseits ganz verschieden aussehende Vektorbilder den gleichen Wert  $u$  haben können.

Zu diesem Zweck knüpfen wir an die Gl. (5) an und schreiben sie

$$u = \frac{1 - a^2 \Omega}{\Omega - a^2},$$

wobei jetzt  $\mathfrak{V}_T \mathfrak{V}_S = \Omega$  gesetzt ist. Hieraus folgt durch Auflösung unter Beachtung der Regel (1 a)

$$\Omega = \frac{a + u}{1 + a u} = \frac{a + u e^{j\varphi}}{1 + a u e^{j\varphi}}, \quad (7)$$

wenn wir  $u = u e^{j\varphi}$  setzen. Macht man also  $\mathfrak{V}_S = |1| e^{j0}$  zum Bezugsvektor, so ist die Gestalt des Vektordreiecks gemäß Bild 7 eindeutig durch den Endpunkt  $P$  des Vektors

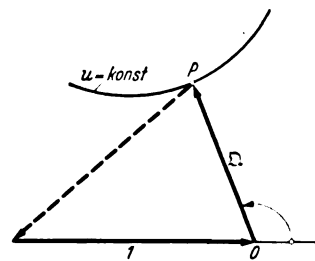


Bild 7. Ortskurve für Systemdreiecke gleichen Unsymmetriegrades.

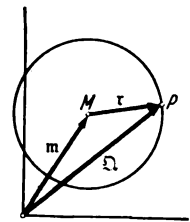


Bild 8. Zur Ermittlung des Ortskreises-Mittelpunktes.

tors  $\Omega$  gegeben, der an den Einheitsvektor 1 in 0 anzu-reihen ist. Halten wir nun den Betrag  $u = |u|$  der Unsymmetrie konstant, so gibt es hierbei nach Gl. (7) unendlich viele Vektoren  $\Omega$ , wenn der Winkel  $\varphi$  von  $u$  alle möglichen Werte durchläuft, d. h. der Punkt  $P$  bewegt sich bei konstant gehaltenem  $u$  auf einer bestimmten Ortskurve. Um diese zu finden, setzen wir  $\varphi = 2 \cdot \arctg \lambda$ , also

$$u = u e^{j 2 \arctg \lambda} = u \frac{1 + j \lambda}{1 - j \lambda},$$

<sup>10)</sup> Vgl. auch Stokvis, C. B. Akad. Sci., Paris 150 (1914) S. 46, eine dem Verf. erst während der Drucklegung des vorliegenden Aufsatzes bekanntgewordene Arbeit; ferner die Darstellung mit anderen Parametern bei G. Hauffe, Unsymmetrische Drehstromsysteme, ETZ 50 (1929) S. 1446.

<sup>7)</sup> ETZ 43 (1922) S. 658; ferner Rasch, Unsymmetrische Mehrphasensysteme, ETZ 46 (1925) S. 1446.

<sup>8)</sup> S. Zorn, a. a. O., sowie Friedländer u. Schmutz, Über Drehfeldscheider zur Aufspaltung unsymmetrischer Drehstromsysteme in die symmetrischen Komponenten, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 10 (1931) S. 24.

<sup>9)</sup> DRP 671 188.

mit dem reellen Parameter  $\lambda$  als Ersatz für den veränderlichen Winkel  $\varphi$  von  $u$ . Dann nimmt Gl. (7) die Form an

$$\Omega = \frac{(u + a) + j\lambda(u - a)}{(au + 1) + j\lambda(au - 1)} \quad (8)$$

Dies ist aber die Gleichung eines Kreises in allgemeiner Lage. Zur Feststellung der Kreiseigenschaften kann man nach Bild 8 den Mittelpunktvektor  $m$  sowie den Halbmesser  $r = |\tau|$  errechnen. Hierzu hat man zunächst den Nenner der Gl. (8) gleich Null zu setzen und nach  $\lambda$  aufzulösen; dabei ergibt sich mit  $-1/j = j$

$$\lambda = j \frac{au + 1}{au - 1}$$

Der konjugiert komplexe Wert hiervon, also

$$\lambda^* = \left( j \frac{au + 1}{au - 1} \right)^* = -j \frac{a^*u + 1}{a^*u - 1} = -j \frac{u + a}{u - a}$$

ist hierauf für  $\lambda$  in die Gl. (8) einzuführen. Nach einigen Vereinfachungen folgt dann für den gesuchten Mittelpunktvektor unter Berücksichtigung der Gl. (1d)

$$m = a^2 \frac{u^2 - a^2}{u^2 - 1} = a^2 \left[ 1 + \frac{1 - a^2}{u^2 - 1} \right] = a^2 + j \frac{\sqrt{3}}{1 - u^2} \quad (9)$$

Der Kreishalbmesser ergibt sich nun nach Bild 8 mit den Gl. (8), (9) nach Ausrechnung zu

$$r = \Omega - m = \frac{u}{u^2 - 1} \cdot \frac{ua(1-a)(1-j\lambda) + (a^2-1)(1+j\lambda)}{ua(1+j\lambda) + (1-j\lambda)}$$

oder mit den Regeln Gl. (1a, b)

$$r = (a-1) \frac{u}{1-u^2} \cdot \left[ \frac{u(1-j\lambda) + a(1+j\lambda)}{u(1+j\lambda) + a^2(1-j\lambda)} \right]$$

Die eckige Klammer hat im Nenner den konjugiert komplexen Wert des Zählers; ihr Inhalt ist also von der Form  $\frac{b+jc}{b-jc} = |1| \cdot e^{2j \arctan c/b}$ . Für den Betrag des Kreishalbmessers verbleibt daher unter Beachtung der Beziehung  $|a-1| = \sqrt{3}$  (Gl. 1c):

$$r = \sqrt{3} \frac{u}{1-u^2} \quad (10)$$

Der Mittelpunkt  $M$  des Ortskreises wird nach Gl. (9) erhalten, indem wir, wie Bild 9 zeigt, zunächst vom Punkt 0 aus den Vektor  $\overline{OE} = a^2$  auftragen und an diesen den Vektor  $\overline{EM} = \frac{\sqrt{3}}{1-u^2} \cdot e^{j90^\circ}$  anreihen, der demnach in die Richtung der Mittelsenkrechten zur Grundlinie fallen muß. Dann lesen wir für die Erhebung  $d$  des Mittelpunktes über der Grundlinie ab

$$d = \overline{EM} - \overline{EF} = \frac{\sqrt{3}}{1-u^2} - \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1+u^2}{1-u^2} \quad (11)$$

da die Höhe im gleichseitigen Dreieck mit der Seite 1 gleich  $\frac{\sqrt{3}}{2}$  ist. Der tiefste bzw. höchste Punkt des Kreises ( $G, G'$ ) liegt über der Grundlinie in der Höhe  $h = d \mp r$ , oder mit den Gl. (10), (11)

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1 \mp u}{1 \pm u} \quad (12)$$

eine Beziehung, die nach  $u$  aufgelöst ergibt

$$u = \left| \frac{0,866 - h}{0,866 + h} \right| \quad (13)$$

Die Gl. (13) läßt den Unsymmetriegrad bei gleichschenkligen Vektordreiecken leicht berechnen.

In Bild 10 sind nun die Ortskreise in der beschriebenen Weise auf Grund der Gl. (10) und (11) für verschiedene Werte  $u$  in Prozent gezeichnet. Sie lassen den Unsymmetriegrad für ein irgendwie gestaltetes Systemdreieck leicht ermitteln. Bei Einhaltung von 5% Unsymmetrie (s. Abschnitt 2) muß die Dreieckspitze  $P$  innerhalb des kleinsten der gezeichneten Kreise liegen.

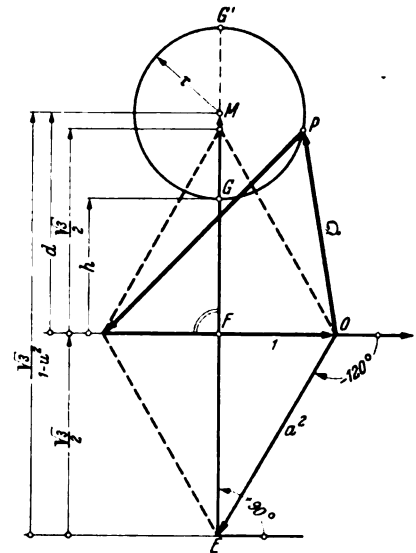


Bild 9. Zur Zeichnung des Ortskreises für Systemdreiecke gleichen Unsymmetriegrades.

Das Bild ist symmetrisch zur Grundlinie 1, die mit dem Kreis für  $u = 1$  (100% Unsymmetrie,  $r = \infty$ ) zusammenfällt. Die obere Kreisschar ist den Werten  $u < |1|$  zugeordnet, die untere den Werten  $u > |1|$ . Im letzteren Falle überwiegt das Gegensystem gegenüber dem Mit-

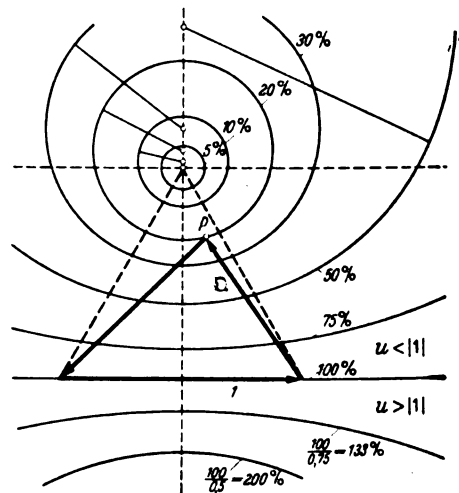


Bild 10. Ortskreise gleichen Unsymmetriegrades.

system, so daß auch das resultierende Dreiphasensystem die umgekehrte Phasenfolge des Gegensystems annimmt. Werden die Sternspannungen von diesem Zustand betroffen, so liegt das sogenannte „Netzkippen“ vor. Als Folge hiervon kann bekanntlich<sup>11)</sup> Rückwärtslaufen von Motoren und Zählern eintreten.

In Bild 11 sind einige Vektorbilder für  $u = 10\%$  bzw.  $u = 20\%$  gezeichnet. Das Aussehen des kleineren gleichschenkligen Dreiecks in Bild 11 b (Spitze 1) dürfte kaum

<sup>11)</sup> W. Petersen, ETZ 37 (1916) S. 259.

vermuten lassen, daß seine Unsymmetrie doppelt so groß ist wie diejenige des spitzen Dreiecks in Bild 11 a. Eben-  
sowenig lassen aber auch die fünf verschiedenen gestalteten  
Dreiecke in Bild 11 b ohne weiteres auf die gleiche  
Unsymmetrie schließen. Dasselbe gilt von den zugehörigen  
Angaben etwa von drei nebeneinander angeordneten  
Profilstrommessern, die in Bild 11 a und b durch senk-  
rechte Strecken so dargestellt sind, wie es den drei durch  
die nebenstehenden Diagramme gekennzeichneten Strom-  
beiträgen entspricht. Durch eine solche Ablesung der drei  
Meßgeräte dürfte es demnach kaum möglich sein, über  
den Unsymmetriegrad und seine etwaigen Folgeerscheinun-  
gen einen stichhaltigen Anhaltspunkt zu gewinnen.

Das gleiche gilt von der Feststellung der Verlagerung des Nullpunktes der Sternspannungen (Erdspannungs-  
unsymmetrie). Die sichtbar gemachte Verlagerung<sup>12)</sup> ergibt zwar ein recht anschauliches Bild über eine vorhandene Nullkomponente  $S_0$ , jedoch nicht ohne weiteres über eine Gegenkomponente  $S_2$ ; denn bei Symmetrie der verketteten Spannungen, also des umschriebenen Spannungsdreiecks, tritt dann nach Abschnitt 3 kein Gegensystem auf, sondern ausschließlich eine Nullkomponente (s. Bild 2). Eine Beurteilung des Unsymmetriegrades ermöglicht jedoch auch hier wie in

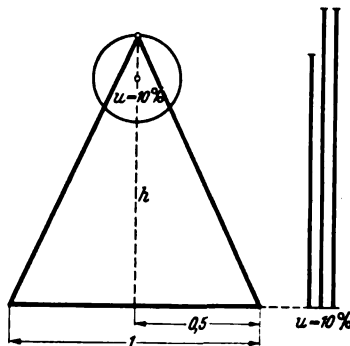


Bild 11 a. Ortskreis für 10% Unsymmetrie.

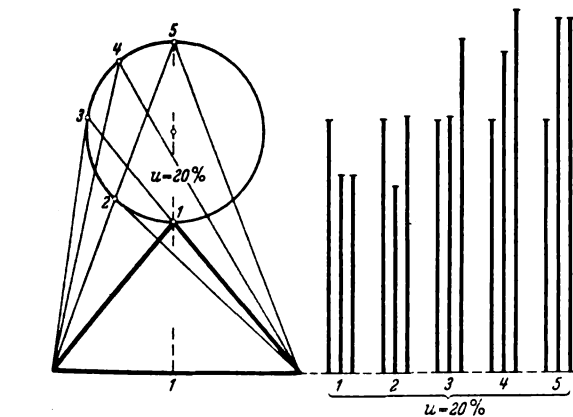


Bild 11 b. Ortskreis für 20% Unsymmetrie.

allen anderen Fällen erst die unmittelbare oder mittelbare Ermittlung der Unsymmetrie nach Verfahren, wie sie in Abschnitt 3 und 4 angegeben wurden.

Im folgenden soll eine weitere, oben schon angedeutete Auswertung des Unsymmetriegrades näher beschrieben werden.

### 6. Der Unsymmetriegrad als Maß für die Entfernung eines zweipoligen Kurzschlusses

In Bild 12 sei angenommen, daß im Kraftwerk A symmetrische verkettete Spannungen aufrechterhalten werden. In einer Entfernung  $l$  von A befindet sich ein Unterwerk B, und an einer Stelle C in der Entfernung  $x$  von B trete ein zweipoliger Kurzschluß zwischen den Phasen T und R auf. Unter der Voraussetzung gleich-

mäßigen Leitungsaufbaues bricht die Spannung  $U_{TR}$  von A über B nach C proportional der Entfernung von A aus bis auf Null zusammen, d. h. es ist

$$\frac{g}{1} = \frac{x}{l+x}, \quad (14)$$

während die Beträge der beiden anderen verketteten Spannungen zwischen S, T und R, S von A bis C mit dem

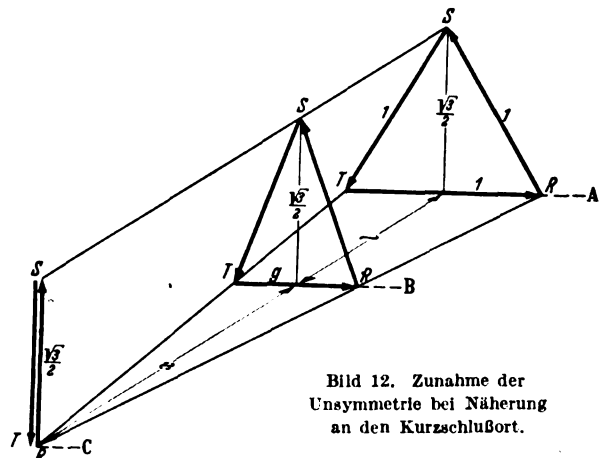


Bild 12. Zunahme der Unsymmetrie bei Näherung an den Kurzschlußort.

Wert 1 beginnend bis auf  $\frac{\sqrt{3}}{2} = 0,866$ , d. i. die gleichbleibende Höhe in dem Spannungsdreieck, absinken. Nun lehrt der Vergleich der Bilder 11 a und 12, daß  $\frac{g}{0,866} = \frac{1}{h}$ , oder mit Gl. (14)

$$g = \frac{0,866}{h} = \frac{x}{l+x}$$

ist. Daraus folgt mit Gl. (12) (unteres Vorzeichen)

$$1 + \frac{l}{x} = \frac{h}{0,866} = \frac{1+u}{1-u}$$

und durch Auflösung nach  $x/l$

$$\frac{x}{l} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{u} - 1 \right)$$

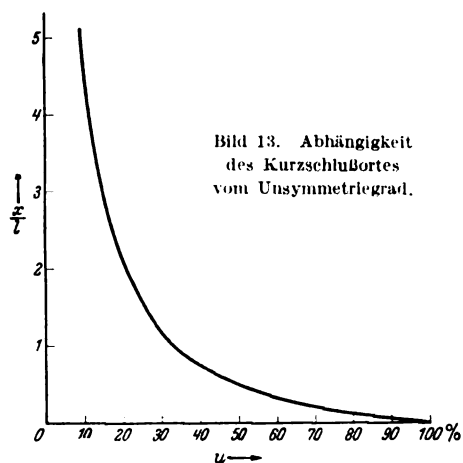


Bild 13. Abhängigkeit des Kurzschlußortes vom Unsymmetriegrad.

Diese Abhängigkeit zwischen  $x/l$  und  $u$  ist in Bild 13 dargestellt. Eicht man also die Einrichtung nach Bild 6 in  $x$  km anstatt in Prozent, so kann die Meßangabe zur Feststellung des Kurzschlußortes dienen. Diese Angabe ist unabhängig davon, zwischen welchen Phasen der Kurzschluß auftritt; sie bleibt also auch dann richtig,

<sup>12)</sup> S. ETZ 46 (1925) S. 925.

wenn die an den Klemmen  $K_1$  und  $K_2$  des Meßgeräts liegende Spannung zusammenbricht.

### Zusammenfassung

Zur Feststellung des Unsymmetriegrades  $u$  eines Strom- oder Spannungssystems ist die Kenntniss von zwei bzw. drei der Systemgrößen notwendig und hinreichend, je nachdem, ob das unsymmetrische System ohne oder mit Nullkomponente behaftet ist. Für den letzteren Fall zeigt sich, daß von dem dem System umschriebenen Vektordreieck ebenfalls zwei Seiten bzw. deren gerichtetes Verhältnis zur Bestimmung von  $u$  ausreichen.

Weiterhin ergibt sich, daß sich die Spitze des Systemdreiecks bei festgehaltenen Werten  $u$  auf Kreisen bewegt, die sich für beliebige Werte  $u$  in einfacher Weise zeichnen lassen. An Hand dieser Ortskreise läßt sich erkennen, daß das Aussehen des Systemdreiecks Rückschlüsse auf den Unsymmetriegrad kaum zuläßt. Die Feststellung von  $u$  aus dem Systemdreieck kann vielmehr nur entweder auf zeichnerischem oder auf meßtechnischem Wege erfolgen. Für das letztere Verfahren wird eine neue Meßeinrichtung angegeben, die den Unsymmetriegrad unmittelbar erfaßt und die sich, wie gezeigt wird, auch für andere Zwecke, z. B. die Ermittlung der Entfernung eines zweipoligen Kurzschlusses vom Meßort, verwenden läßt.

## Unipolarmaschine für kleine Spannungen und hohe Ströme

Von M. Zörn, Finkenkrug bei Berlin

**Übersicht.** Nach einer geschichtlichen Rückschau auf die Entwicklung der Unipolarmaschine und einer kurzen Erklärung ihrer Wirkungsweise wird gezeigt, daß die neueren Ausführungsarten für Spannungen bis zu 20 V viel einfacher und betriebssicherer sind als die früheren für mehrere hundert Volt. Wegen des günstigen Wirkungsgrades und Preises ist die Unipolarmaschine als Niederspannungs-Hochstrommaschine für chemische Bäder besonders gut geeignet, vor allem, wenn es gelingt, durch Verbesserung der Stromabnahme Verluste und Erwärmung herabzusetzen.

### Geschichtliche Entwicklung der Unipolarmaschine

Als zu Beginn unseres Jahrhunderts die damaligen Gleichstromzentralen immer höhere Maschinenleistungen erforderten und die Entwicklung der Gleichstrom-Turbogeneratoren noch in den Anfängen steckte, glaubte man, im Elektromaschinenbau mit dem raschen Aufschwung der Dampfturbinen besser Schritt halten zu können, wenn man kommutatorlose Gleichstrommaschinen verwendete. Man erinnerte sich der Entdeckung *F a r a d a y s* aus dem Jahre 1831, daß bei Drehung eines Stabmagneten um seine Achse in einem Draht, der mit dem einen Ende auf der Mantelfläche, mit dem anderen auf der Achse schleift, bei geschlossenem Stromkreis ein Gleichstrom fließt, wie es Bild 1 zeigt. Während bis dahin Stromerzeuger auf dieser Grundlage nur für kleine Spannungen zu Laboratoriumszwecken hergestellt worden waren, machte *N o e g g e r a t h* als erster den Versuch, damit durch Hintereinanderschalten einzelner Leiter über Schleifringe Zentralenspannungen zu erreichen. Er baute im Jahre 1904 die erste Maschine vom Unipolartyp für 500 V und 300 kW<sup>1)</sup>. Man versprach sich umwälzende Erfolge von der Unipolarmaschine, wie sie im deutschen Schrifttum genannt wurde; ihr Bau wurde daher bald von mehreren Firmen aufgenommen. In Amerika wurde damals sogar eine 2000 kW-Maschine hergestellt, über deren Schicksal ihr Konstrukteur *L a m m e* berichtet hat<sup>2)</sup>. Auch in Deutschland wurden mehrere Unipolarmaschinen ausgeführt<sup>3)</sup>, von denen die in Bild 2 gezeigte für 10 V, 5000 A, 3000 U/min noch heute zur Prüfung von Schaltern benutzt wird.

Bürsten- und Schleifringsschwierigkeiten mit unerwartet hoher Erwärmung hemmten jedoch die Entwicklung derart, daß die Unipolarmaschine bald von dem Gleichstrom- und später noch mehr von dem Drehstrom-Turbogenerator an Betriebssicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit übertroffen wurde. Als Stromerzeu-

ger für Licht- und Kraftnetze hatte sie damit ihren Platz endgültig verloren. Etwa 20 Jahre lang ruhte der Bau der Unipolarmaschine. In Lehrbüchern wurde sie meist nur kurz gestreift und mit der Bemerkung abgetan, daß sie sich wegen der Bürsten- und Schleifringsschwierig-

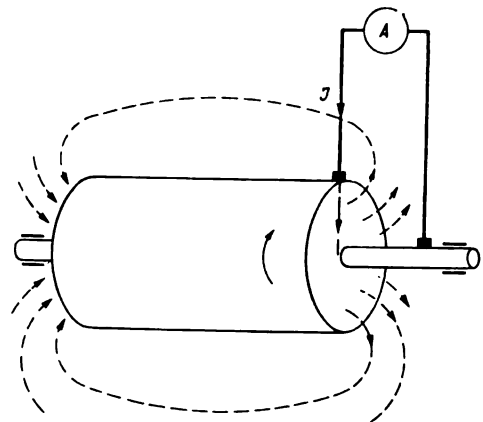


Bild 1. Faradays Grundversuch zur unipolaren Induktion.

keiten nicht hätte durchsetzen können. Erst in den letzten Jahren ergaben sich neue Aufgaben und Anwendungsmöglichkeiten für Unipolarmaschinen.

### 2. Wirkungsweise der Unipolarmaschine

Aus diesem Grunde sei die Wirkungsweise der Unipolarmaschine noch einmal an Hand von Bild 3 kurz ins Gedächtnis zurückgerufen. Auch bei der Unipolarmaschine unterscheidet man Ständer und Läufer. Während aber bei der normalen Gleichstrommaschine die Achsen der Erregerspulen radial zur Läuferachse stehen und längs des Ankerumfangs einen Kraftfluß von abwechselnder Richtung (Nord- und Südpole) erzeugen, fallen sie bei der Unipolarmaschine mit der Läuferachse zusammen, so daß am Umfang ein homogenes Magnetfeld entsteht, das in der Mitte des Läufers ein- und an den beiden Enden wieder zum Ständer austritt und umgekehrt. Bei Drehung entstehen am Läufer überall da, wo Kraftlinien ein- oder austreten, elektrische Spannungen, also im wesentlichen an den Luftspalten in der Mitte und an den Enden des Läufers. Wie bei der Gleichstrommaschine bestimmen Feld- und Drehrichtung (Bewegungsrichtung) die Richtung der induzierten

<sup>1)</sup> Beschreibung dieser Maschine in ETZ 26 (1905) S. 831 u. Elektr. Bahnen 3 (1905) S. 233.

<sup>2)</sup> Proc. Amer. Inst. electr. Engrs. vom 28. 6. 1912.

<sup>3)</sup> C. Trettin, Der heutige Stand der Unipolarmaschine, Dinglers Polytechn. J. 94 (1913), Heft 9 u. 10.

Spannung. In Bild 3 ist bei Rechtslauf (Draufsicht von der rechten Stirnseite her) und bei Feldrichtung vom Ständer zum Läufer die EMK nach links gerichtet, wie die Pfeile angeben. Die Größe der EMK ergibt sich nach dem Induktionsgesetz zu

$$E = \frac{d\Phi}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ V, (1)}$$

oder in anschaulicher Form geschrieben zu

$$E = \mathfrak{B} l v 10^{-8} \text{ V, (2)}$$

wobei  $\mathfrak{B}$  die Luftspaltinduktion,  $l$  die Länge des Läufers zwischen den beiden Stromabnahmeflächen (+, -) und  $v$  die Umfangsgeschwindigkeit bezeichnet. Bei  $\mathfrak{B} = 11\,000$  Gauß,  $l = 30$  cm und  $v = 4500$  cm/s beträgt  $E \approx 15$  V, das sind 0,5 V je cm Läuferlänge. Für Gl. (1) läßt sich auch schreiben

$$E = \frac{\Phi n}{60} \cdot 10^{-8} \text{ V. (3)}$$

Hierin bedeutet  $\Phi$  den gesamten durch den Luftspalt übertretenden Magnetfluß und  $n$  die Drehzahl (U/min), also  $\frac{\Phi n}{60} = \frac{d\Phi}{dt}$  die Flußänderung in der Sekunde.

### 3. Neuere Ausführungen und Anwendbarkeit von Unipolarmaschine

Erst der Aufschwung der chemischen Industrie und ihr Bedarf an Stromerzeugern für kleine Spannungen und sehr hohe Ströme rückte die schon vergessene Unipolarmaschine wegen ihrer niedrigen Anschaffungskosten und Verluste wieder in den Vordergrund. Der Aufbau einer vor einigen Jahren gebauten Unipolarmaschine für 7,5 V, 150 000 A, 514 U/min lehnte sich stark an den der Vorkriegsmaschinen an; denn sie besaß wie diese in Nuten gebettete isolierte Leiter und Schleifringe.

Wesentlich einfacher ist die Konstruktion von Poirson, der 1930 eine Unipolarmaschine für 7 V, 15 000 A, 1800 U/min baute und eine zweite, bedeutend größere Maschine für 14 V, 50 000 A, 750 U/min im Jahre 1937 auf der Pariser Weltausstellung im Betriebe vorführte. Letztere zeigt Bild 4. Bei ihr wurde ein ungenutzter Läufer verwendet, der zugleich als Anker, stromführender Leiter und Schleifring dient. Hierdurch ergaben sich folgende Vorteile<sup>4)</sup>: Da jegliche wärme-stauende Isolation im Läufer fehlt, sind die Abkühlungsverhältnisse, vor allem die der Schleifflächen, sehr günstig. Ein Schlagen oder Unrundwerden der Schleifflächen kann kaum eintreten, ebensowenig ein Verziehen infolge von Wärmedehnungen, da der Läufer ein einheitliches Ganzes bildet. Wirbelstromverluste sind praktisch nicht vorhanden. Die Bürsten laufen auf dem massiven Läufer, vor allem auf den beiden Stirnflächen, wesentlich ruhiger als auf aufgeschrumpften Ringen und werden wegen der guten Wärmeabfuhr zum Läufer hin besser gekühlt. Der Wegfall der Nuten bedeutet Ersparnisse an Erregerkopper.

Selbstverständlich ergeben sich die genannten Vorteile nur dann, wenn man auf die früher angestrebte Vielfachung der Spannung durch Hintereinanderschalten

von Läuferstäben über Schleifringe verzichtet und sich mit der Spannung von höchstens rd. 20 V begnügt, die längs des Luftspaltes entsteht. Die Ausführung einer solchen Unipolarmaschine ist höchst einfach, da der Läufer weder Wicklung noch Schleifringe besitzt. Im Gegensatz zur üblichen Gleichstrommaschine besteht die Unipolarmaschine in der Hauptsache aus Eisen und ist deshalb schwerer. Da sie jedoch keine hochwertigen Baustoffe, wie Dynamo-bleche, enthält, Kupfer nur für die Erregerwicklung, die ohne weiteres aus Aluminium ausgeführt werden kann, benötigt und ihr Bau verhältnismäßig wenig Arbeit verlangt, ist ihr Preis niedriger. Für kleine Ströme von nur einigen tausend Ampere jedoch verschwindet dieser preisliche Vorteil.

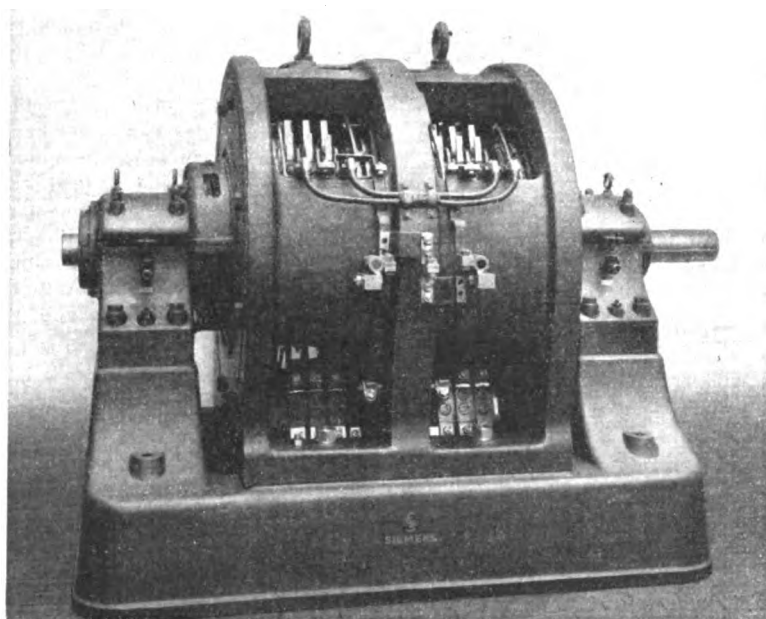
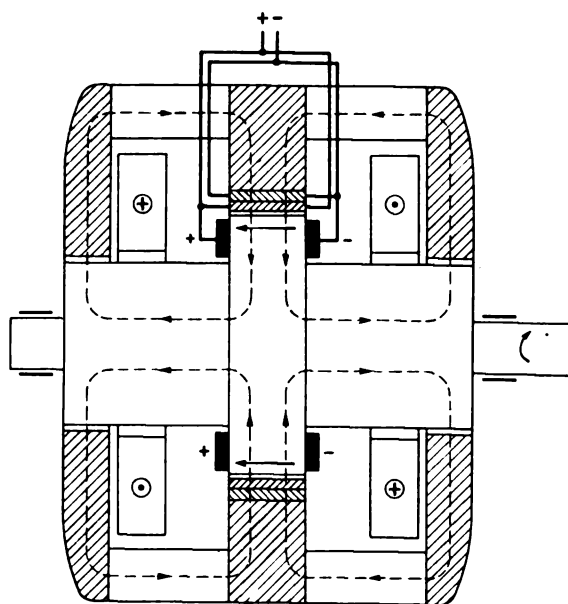


Bild 2. Ältere Unipolarmaschine für 10 V, 5000 A, 3000 U/min.



⊗ ⊙ Erregung — Kraftfluß — Strom

Bild 3. Wirkungsweise einer Unipolarmaschine.

### 4. Wirkungsgradvergleich mit Trockengleichrichtern

Der Wirkungsgrad einer Unipolarmaschine ist in der Hauptsache bestimmt durch die Reibungs- und Stromübergangsverluste der Bürsten. Für die Reibungsverluste gilt

$$V_R = 9,81 \frac{2I}{i} v_b \mu p \text{ (W), (4)}$$

<sup>4)</sup> Nach E. Poirson, Rev. gén. Electr. 44 (1938) S. 605.

für die Übergangsverluste

$$V_{\varphi} = 2 u I \text{ (W).} \quad (5)$$

Hierin bedeutet  $I$  den Strom,  $i$  die Stromdichte unter der Bürste, also  $\frac{2I}{i}$  die gesamte Bürstenfläche,  $v_b$  die mittlere Umfangsgeschwindigkeit unter den Bürsten,  $\mu$  die Reibungszahl,  $p$  den spezifischen Bürstendruck und  $u$  den Spannungsabfall einer Bürste. Bei  $i = 25 \text{ A/cm}^2$ ,  $v_b = 33 \text{ m/s}$ ,  $\mu = 0,15$ ,  $p = 0,18 \text{ kg/cm}^2$  wird

$$V_R = 9,81 \cdot \frac{2}{25} \cdot 33 \cdot 0,15 \cdot 0,18 \cdot I = 0,7 \cdot I.$$

Für  $u = 0,25 \text{ V}$  betragen die Stromübergangsverluste  $V_{\varphi} = 0,5 I$ . Luft-, Lagerreibungs- und Erregerverluste können zusammen zu etwa  $0,2 \cdot I$  eingesetzt werden. Da Eisen- und Stromwärmeverluste im Läufer praktisch nicht vorhanden sind, läßt sich für die Gesamtverluste schreiben

$$V \approx 1,4 \cdot I.$$

Hieraus bestimmt sich der Vollastwirkungsgrad zu

$$\eta = \frac{UI}{UI + V} \approx \frac{U}{U + 1,4} \quad (6)$$

Die hiernach ermittelten Wirkungsgrade sind für verschiedene Spannungen und Teillasten in Bild 5 aufgezeichnet. Berücksichtigt man noch den Wirkungsgrad des Antriebmotors (meist ein Asynchronmotor) mit  $\eta = 93\%$  im Mittel für Vollast, so stellt  $\eta_{ges}$  den Wirkungsgrad eines Unipolarumformers für 20 und 5 V dar. Verglichen mit dem

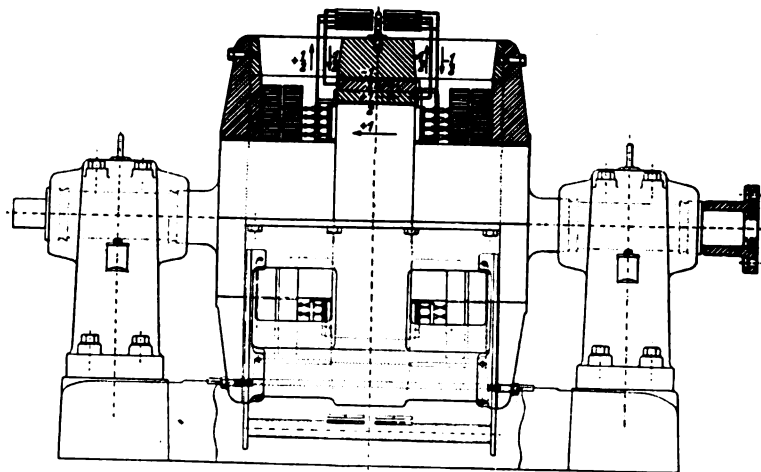


Bild 4. Längsschnitt durch die Unipolarmaschine von Poirson für 14 V 50 000 A, 750 U/min.

### 5. Betriebssicherheit und Weiterentwicklung der heutigen Unipolarmaschine

Die Betriebssicherheit der neuzeitlichen vereinfachten Unipolarmaschine ohne Wicklung und Isolation im Läufer ist ohne Zweifel bedeutend erhöht worden. Nichts ist am Läufer durch Kurzschlüsse gefährdet. Die einzige empfindliche Stelle bilden die Bürsten. Zwar fehlen jegliche Kommutierungsschwierigkeiten, und auch mechanische Störungen durch unruhigen Lauf der Bürsten fallen bei Ausbildung der Schleifflächen als Scheiben nicht mehr ins Gewicht, aber es bleiben doch die jeder Hochstrommaschine anhaftenden Anfälligkeiten der Bürsten infolge Erwärmung und Reibung. Ausreichende Belüftung und sorgfältige Wartung der Bürsten und Halter sind daher notwendig. Überlastung einzelner Bürsten und ihrer Anschlußlitzen oder -bänder muß durch gleichmäßige Verteilung von Bürstendruck und Kühlluft vermieden werden. Da Metallbürsten infolge sprunghaft ansteigender trockener Reibung binnen kurzem zerrieben werden, ist der Feuchtigkeitsgehalt der Kühlluft genügend hochzuhalten.

Diese einzige schwache Stelle der Unipolarmaschine, nämlich die Bürsten, von der nicht nur die Betriebsfähigkeit, sondern auch der Wirkungsgrad fast ausschließlich abhängen, fordert geradezu heraus, eine vollkommene Lösung der Stromabnahme zu suchen. Der Gedanke an den Quecksilberkontakt kehrt in verschiedenen Patenten wieder, ohne jedoch bisher verwirklicht worden zu sein. Reibungs- und Übergangsverluste würden bei Stromabnahme über Quecksilber zu einem unbedeutenden Wert absinken, die Gesamtverluste der Unipolarmaschine auf etwa  $\frac{1}{5}$  zurückgehen. Wieweit diese theoretischen Werte, z. B. Vollastwirkungsgrad für 5 V etwa 95%, in Wirklichkeit erreicht und dauernd gehalten werden können, läßt sich nur durch eingehende Versuche klären. Um Oxydbildung zu verhindern, könnte die Unipolarmaschine in einem trägen Gas, etwa Stickstoff, laufen. Ob die störende Amalgamation des Quecksilbers auf die Dauer unterbunden werden kann, muß die Entwicklung lehren. Erfahrungen hierüber liegen nach den Veröffentlichungen Hartmanns<sup>5)</sup> über seinen Quecksilberstrahlgleichrichter schon vor. Da bei der Unipolarmaschine jegliches Schaltfeuer fehlt, besteht begründete Hoffnung, daß auch hier die Stromabnahme über Quecksilber gelingt.

5) Hartmann, ETZ 53 (1932) S. 26, 98 u. 271.

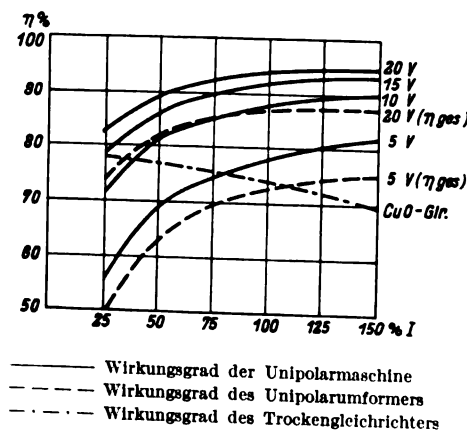


Bild 5. Wirkungsgradvergleich.

in Bild 5 eingezeichneten Wirkungsgradverlauf eines Trockengleichrichters (CuO-Glr.) liegen die Werte für Spannungen etwa ab 6 V bei Vollast höher, und zwar um so mehr, je höher die Spannung ist.

### 6. Zusammenfassung

Für niedrige Spannungen bis zu etwa 20 V lassen sich Unipolarmaschinen weit einfacher und betriebssicherer bauen als vor 30 Jahren. Wegen des günstigen Wirkungsgrades und Preises gegenüber den üblichen Gleichstrommaschinen (ab etwa 6000 A) und auch Trockengleichrichtern (ab 6 V) ist ihre Entwicklung für chemische Niederspannungsbäder erfolgversprechend.

RUNDSCHAU

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.335 : 621.317.733.3

**Eine neue Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücke für Niederfrequenz mit Hand- und Selbstabgleich.** [Nach H. Poleck, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 18 (1939) H. 2, S. 9; 18 1/2 S., 11 B.]

Es wird eine neue genaue technische Meßbrücke für Netzfrequenz (50 Hz) beschrieben, die eine Kombination einer Brückenschaltung nach dem Schering-Prinzip mit einem komplexen Kompensator darstellt. Die Meßschaltung ermöglicht die Untersuchung zweipolig isolierter und einpolig geerdeter Prüflinge bei Hand- und Selbstabgleich (Registrierung). Nach Bild 1 wird prinzipiell der Prüfling (Ersatzschaltbild:

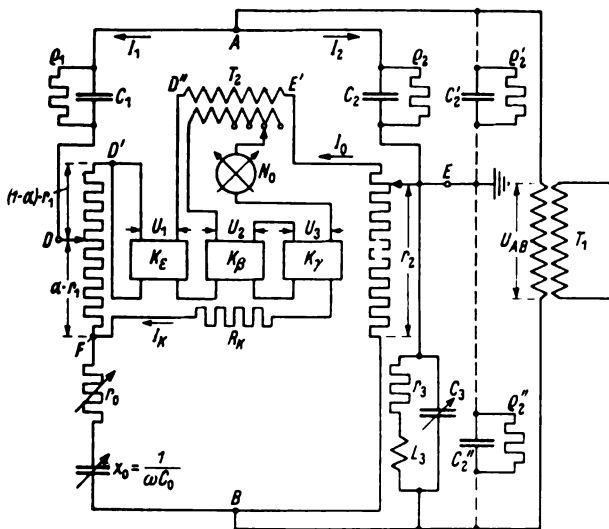


Bild 1. Die Meßschaltung für einpolig geerdete Prüflinge.

$C_2 \parallel \varrho_3$ ) mit dem Normal ( $C_1, \varrho_1$ ) über die beiden Meßwiderstände  $r_2$  und  $r_1$  verglichen. Bei isolierten Prüflingen ( $F$  mit  $B$  verbunden;  $B$  geerdet) gleicht man zunächst nach Wahl von  $r_2$  (Stufen) mit  $\alpha$  stetig auf ein Minimum ab und kompensiert die Diagonal-Restspannung mit dem Kompensator ( $K_\beta, K_\gamma$ ) über den Wandler  $T_2$ . Die Kapazität  $C_2$  ist der Einstellung  $\alpha$ , der Verlustfaktor  $\text{tg } \delta = \varrho_2 / \omega C_2$  der Einstellung  $\gamma$  (von  $K_\gamma$ ) direkt proportional. Änderungen  $\Delta C_2$  von  $C_2$  gegenüber dem Ausgangswert können auch mittels der Einstellung  $\beta$  (von  $K_\beta$ ) abgeglichen bzw. unmittelbar in % abgelesen werden. Die Einstellung  $\epsilon$  von  $K_\epsilon$  dient zum Ausgleich eines Verlustwinkels ( $\varrho_1$ ) von  $C_1$ . Eine Registrierung von  $\Delta C$  und  $\text{tg } \delta$  ist durch zwei Schreiber ermöglicht, deren Schreibfedern mit den Abgleicherelementen  $\beta$  und  $\gamma$  gekuppelt sind und von Nullmotoren mittels eines Verstärkers an Stelle des Vibrationsgalvanometers  $N_0$  selbsttätig eingestellt werden. Bei geerdeten Prüflingen wird nach Bild 1 die Kapazität  $C_2'$  mit Verlustleitwert  $\varrho_2'$  der Hochspannungsklemme des Brückenwandlers  $T_1$  bei abgeschaltetem Prüfling ( $C_3, \varrho_2$ ) mittels  $r_0$  und  $x_0$  vorabgeglichen, und der Einfluß von  $C_2''$  der Niederspannungsklemme von  $T_1$  durch einen von Null an regelbaren induktiven Blindleitwert ( $r_3, L_3, C_3$ ) beseitigt; danach kann die eigentliche Messung mittels  $\alpha, \beta, \gamma$  erfolgen. Die Aufbaueinheiten der Meßschaltung werden eingehend mit Bemessungsangaben beschrieben. Der geerdete Nullzweig des Kompensators ist nur magnetisch mit der Brückenschaltung gekoppelt. Das Prinzip und der Einsatz der Registrierung wird kurz erläutert. Für den dekadischen Meßwiderstand  $r_1$  (0 bis 2000  $\Omega$ ) ist eine gekoppelte Kombination von Vorwiderstand mit Stromteiler angegeben. Beim Meßwiderstand  $r_2$  (0,1 bis 2000  $\Omega$ ) wird mit einem Hilfsspannungsteiler der Fehlwinkel jeder der 22 Stufen beseitigt. Die vier Dekaden des kapazitiven Widerstandes  $x_0$  sind mittels Anzapf-wandler und fester Kapazitäten hergestellt. Die elektrostatische Schirmung ist sorgfältig derart durchgeführt, daß

Schaltkapazitäten nur parallel zu den Brücken-Speisepunkten, zur Diagonale oder zu  $r_2$  liegen und hier mittels ( $r_3, L_3, C_3$ ) kompensiert werden können; zum Anschluß von  $C_1$  wird ein doppelt geschirmtes Kabel verwendet. Dann ist eine genaue Theorie der Meßschaltung entwickelt, die zeigt, daß die theoretischen Fehler hauptsächlich dem Verhältnis  $\alpha \cdot r_1 \cdot \omega C_1$  proportional sind, und dadurch die Größe von  $C_1$  begrenzt wird. Mit einem Normal  $C_1$  sind Prüflinge von  $(0,05 \text{ bis } 20000) \cdot C_1$  meßbar; für  $\Delta C_2$  und  $\text{tg } \delta_2$  sind sechs Meßbereiche zwischen 0,01 und 1,0 vorgesehen. Die Abgleichempfindlichkeit ist bei  $C_2 = 100 \text{ pF}$  und 10 kV etwa  $1 \cdot 10^{-4}$ , mit einem störungsfreien Verstärker noch 200mal besser. Die Meßgenauigkeit beträgt in  $C_2 \pm 0,1 \%$ , in  $\text{tg } \delta_2 \pm 1$  bis  $2 \cdot 10^{-4}$  bzw.  $\pm 1$  bis 2 % des Meßbereiches, der zulässige Höchststrom für  $r_2 = 0,1 \Omega$  30 A. Für größere Ströme sollen nicht Stromwandler, sondern äußere winkelfreie Nebenschlüsse verwendet werden. Sb.

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.35-758.37 : 621.318.521

**Sammelschienen-schutz mit Quotienten-Differentialrelais.** [Nach R. M. Smith, W. K. Sonnemann und G. B. Dodds, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 243; 10 S., 14 B.]

Die Verfasser beschreiben Anwendungsmöglichkeiten von Quotienten-Differentialrelais als schnellwirkenden Sammelschienen-schutz und geben an Hand zahlreicher Oszillogramme die Ergebnisse ausführlicher Kurzschlußversuche bekannt, die unter möglichst naturgetreuen Verhältnissen und mit größerem Maschineneinsatz durchgeführt wurden. Der Besprechung der Relais und ihrer Schaltungen wird eine Reihe kritischer Betrachtungen über das Verhalten der Stromwandler bei den hier auftretenden besonderen Arbeitsbedingungen vorausgeschickt.

Es ergibt sich, daß der Sammelschienen-Differential-schutz in erster Linie eine Stromwandler-, nicht eine Relaisfrage ist. Würden nämlich die Wandler in allen Fällen einwandfrei arbeiten, so genügte für den Sammelschienen-Differentialschutz einfache unverzögerte Überstromrelais. Praktisch muß man jedoch leider mit sehr erheblichen Fehlern der Stromwandler rechnen, die sich auch dann nur unwesentlich verringern lassen würden, wenn man mit dem Aufwand an Eisen und Kupfer weit über das praktisch und wirtschaftlich vertretbare Maß hinausginge. Diese Fehler rühren nur zu einem verhältnismäßig geringen Anteil von dem Einfluß der Wechselstromsättigung her, die bei höheren Überströmen als Folge des begrenzten Eisenquerschnittes und Kupferaufwandes oder großer Sekundärbürden auftritt. Als viel wesentlicher wird die oftmals nicht genügend beachtete zusätzliche Magnetisierung durch das überlagerte Gleichstromglied angesehen. Diese kann den Eisenkern um ein Vielfaches stärker beanspruchen als ein reines Wechselstromglied gleichen Betrages. Bei Kurzschlüssen außerhalb der Sammelschiene, für die die Differenz der zu- und abfließenden Ströme primärseitig stets genau gleich Null ist, werden infolge der Wandlerfehler im sekundären Differenzstrompfad des Relais trotzdem sehr erhebliche Falschströme fließen, die zu Fehlauflösungen führen können. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn in der Wandlergruppe der fehlerbehafteten Leitung ein sehr hoher Kurzschlußstrom fließt, der durch eine größere Anzahl anderer Leitungen mit nur verhältnismäßig geringen Einzelanteilen zugeliefert wird. In diesem Falle arbeiten die Wandler der gesunden Leitungen auf gänzlich anderen Punkten ihrer Kennlinie als diejenigen des kranken Abganges, so daß selbst ein sehr sorgfältiger Abgleich der Wandler untereinander keine Abhilfe bringen kann.

Es wird deshalb, wie auch schon vom Umspannerschutz her bekannt, auf Quotienten-Differentialrelais mit Haltesystemen zurückgegriffen. Beim Sammelschienen-schutz ergeben sich jedoch dadurch zusätzliche Schwierigkeiten, daß im allgemeinen Falle eigentlich jeder abgehenden Leitung ein eigenes Haltesystem im Relais zugeordnet sein müßte, was sich aber schon aus konstruktiven Gründen nicht ermöglichen läßt. Es werden deshalb mehrere Quotienten-Differentialrelais mit höchstens je drei Haltesystemen vorgeschlagen, deren Auslösewicklungen ebenso wie ihre Kontakte in Reihe geschaltet sind. Man wird auf diese Weise praktisch meist mit zwei oder höchstens drei Relais je Sammelschiene auskommen können. Außer-



dem wird sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Betriebsbedingungen eine Ersparnis an Haltesystemen dadurch bewerkstelligen lassen, daß man die Wandler einzelner Leitungen zu einer gemeinsamen Gruppe zusammenfassen kann.

Für Leitungen mit besonders großem Unterschied zwischen kleinstem und größtem Kurzschlußstrom werden Differentialrelais mit stromabhängigem Ansprechquotienten empfohlen. Zur Begrenzung des Falschstromes im Auslösepfad werden zusätzliche Sperrwiderstände in den Differentialkreis gelegt, die jedoch nicht zu hochohmig sein dürfen, um nicht das Arbeiten des Schutzes bei Fehlern auf der geschützten Sammelschiene zu behindern.

Anschließend wird ein neues Quotienten-Differentialrelais beschrieben, dessen drei Haltesysteme mit je zwei gleichen Wicklungen versehen sind. Die Schaltung ist derart, daß immer eine Spule des einen Haltesystems mit der zweiten Spule eines anderen Haltesystems in Reihe liegt. Es werden also immer mindestens zwei Haltesysteme erregt, auch wenn nur ein einziger Haltepfad Strom führt. Auf diese Weise wird eine erhöhte Sicherheit gegen Fehlauflösungen bei außenliegenden Fehlern erreicht. Mit diesem Relais wurden unter möglichst naturgetreuen Verhältnissen ausführliche Kurzschlußversuche durchgeführt, die unter den verschiedensten Betriebsbedingungen durchweg gute Ergebnisse gezeitigt haben sollen.

In der anschließenden Diskussion nimmt die Besprechung der Stromwandlereigenschaften, insbesondere bei überlagerten Gleichstromkomponenten, wiederum einen breiten Raum ein. Zur Sicherung gegen die besonders beim Sammelschienenschutz möglichen hohen Falschströme im Differentialstrompfad wird außerdem die Verwendung eines Quotienten-Differentialrelais mit „Harmonischen-Hemmung“ (harmonic-restraint) vorgeschlagen. Solche Relais sind bereits für den Schutz von Umspannern bekanntgeworden, wo sie insbesondere zur Unschädlichmachung des Einschaltstromstoßes dienen; sie besitzen Filterstromkreise, durch die die überlagerten Harmonischen und das Gleichstromglied dem Haltesystem zugeführt werden, während das Auslösesystem nur von der Grundwelle erregt werden kann.

Bezüglich des Verhaltens der Stromwandler bei überlagerten Gleichstromgliedern wird auf eine Arbeit aus dem Jahre 1929 hingewiesen, die nach dem Wissen des Berichters wohl die einzige bisher über dieses wichtige Gebiet erschienene ausführlichere Schrifttumstelle ist<sup>1)</sup>. *H. Gtm.*

**Lichttechnik**

DK 535.242

**Ein Photometer zur Untersuchung der Farbenwiedergabe verschiedener Lichtquellen.** [Nach P. M. van Alphen, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 71; 7 S., 7 B.]

Zur Kennzeichnung der Farbwiedergabe bei Verwendung künstlicher Lichtquellen muß über das gesamte Gebiet des sichtbaren Spektrums der Verlauf der Intensität als Funktion der Wellenlänge bekannt sein. Für die meisten praktischen Anforderungen genügt es, wenn das Spektrum in mindestens acht Abschnitte aufgeteilt und der Lichtstrom in jedem dieser Abschnitte gemessen wird<sup>2)</sup>. Durch Versuche wurden für die Abschnitte folgende Grenzwellenlängen festgelegt: 4000—4200—4400—4600—5100—5600—6100—6600—7200 Å. Der Verfasser beschreibt eine Meßvorrichtung zur Bestimmung der Lichtströme für die einzelnen Spektralabschnitte. Der optische Teil der Anordnung besteht aus einem Doppelmonochromator. Die Lichtquelle befindet sich in einer Ulbrichtkugel, in deren Wand der Schlitz des Monochromators angebracht ist. Am Ausgang fällt der Lichtstrom auf eine Photozelle. Die Ausblendung der Spektralabschnitte erfolgt durch Blenden, deren Form und Höhe der Augenempfindlichkeit und der Empfindlichkeitskurve der Photozelle angepaßt sind, so daß der Photozellenstrom unmittelbar als Maß für den Lichtstrom in dem betreffenden Spektralabschnitt dienen kann. Die sehr schwachen ( $0,6 \cdot 10^{-10}$  lm) Lichtstromunterschiede, die am Ausgang der optischen Anordnung noch gemessen werden sollen, erfordern die Messung sehr kleiner Photozellenströme. Diese erfolgt nach einem Kompensationsverfahren mittels einer Elektrometerröhre. Am Gitter dieser Röhre liegt ein Kondensator, dessen Ladung durch den Zellenstrom erfolgt, wobei die Spannungsänderung durch Anlegen einer Gegenspannung am kathodenseitigen Kondensatorbelag kompensiert und die Zeit für eine bestimmte Gegenspannungsänderung gemessen wird. Hierdurch läßt sich eine Meßgenauigkeit von  $10^{-14}$  A erreichen.

1) D. E. Marshall u. P. O. Langguth, Current transformer excitation under transient conditions, Electr. Engng. 48 (1929) Transactions S. 1464.  
2) P. J. Bouma, Philips techn. Rdsch. 2 (1937) S. 1 und W. Uytendaele und G. Zecher, Philips techn. Rdsch. 3 (1938) S. 277 sowie Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 2.

Eichung und Prüfung des Photometers sowie die Herstellung der Blenden werden beschrieben. Als Anwendungsbeispiel werden Zahlentafeln über Messungen an natürlichen Lichtquellen und Lampen angegeben. Ferner wird auf die Berechnung der Farben beleuchteter Gegenstände unter Benutzung der Koordinaten im Farbdreieck<sup>3)</sup> angedeutet. Die Farbwiedergabe bei Mischlicht kann in gleicher Weise berechnet werden. *E. B.*

DK 621.326.004.6 : 621.365.2.015.2

**Untersuchungen über die Störanfälligkeit von Glühlampen durch den Betrieb von Lichtbogenöfen.** [Nach E. Schwabe, Elektrowärme 9 (1939) S. 127; 2 S., 4 B.]

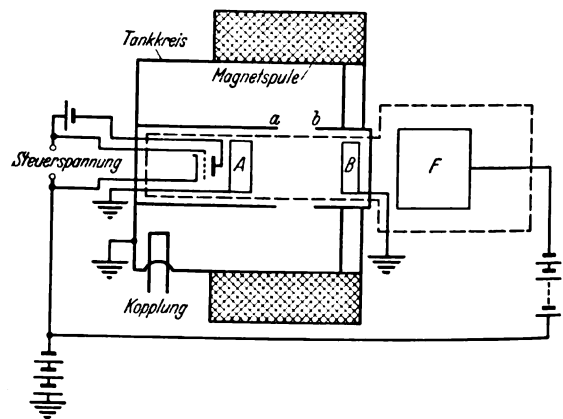
Zur Beurteilung der Bemerkbarkeitsgrenze von periodischen Spannungsschwankungen an Glühlampen in Abhängigkeit von der Schwingungsfrequenz wurde bisher auf die Arbeit von Simons<sup>2)</sup> zurückgegangen, die bei 6 bis 7 Schwankungen je Sekunde ein deutliches Minimum zeigt. Diese Ergebnisse wurden mit neuzeitlichen handelsüblichen Glühlampen nachgeprüft, deren Lichtemission bekanntlich mit zunehmender Betriebsspannung exponentiell zunimmt; 1% Spannungsänderung bewirkt etwa 3,4% Lichtstromänderung. Mit mehreren Personen wurden nacheinander Versuche in einem abgeschirmten Versuchsraum, in dem sich eine von zwei 60 W-Lampen erhellte Tischfläche und Lesevorlage befand, angestellt. Dabei konnten an einem regelbaren Vorschaltwiderstand Spannungssablenkungen von 0 bis 2% eingestellt und durch einen drehzahlregelbaren Gleichstrommotor, der über ein Vorgelege und eine Kontaktscheibe den Vorschaltwiderstand kurzzeitig überbrücken konnte, Flimmerfrequenzen von 1 bis 10 je Sekunde hervorgerufen werden. Trotz erheblicher Streuung der bei jeder Versuchsperson festgestellten Bemerkbarkeitsgrenze ergeben sich gleichartige Abhängigkeiten; die Kurve der Bemerkbarkeit ist der von Simons ähnlich, liegt nur im ganzen etwas tiefer, was in der geringeren Wärmeträgheit der neuzeitlichen gasgefüllten Glühlampen seine Erklärung findet. Bei den Störungen durch Lichtbogenöfen liegt die Bemerkbarkeitsgrenze im Mittel bei 0,4% Spannungsschwankung, während erst Schwankungen über 0,6% als störend empfunden werden. In schweren Störungsfällen kann durch Sonderlampen Abhilfe geschaffen werden. *an.*

**Fernmeldetechnik**

DK 621.396.64.029.6

**Ein Verstärker für sehr kurze Wellen.** [Nach A. V. Haeff, Electronics, N. Y. 12 (1939) S. 30; 3 S., 7 B.]

In der Arbeit wird eine Verstärkeranordnung beschrieben, bei der die zu verstärkende Spannung zur Geschwindigkeitsmodellung<sup>3)</sup> eines Elektronenstrahls benutzt wird. Den Aufbau veranschaulicht Bild 2. Mit Hilfe eines starken Magnetfeldes



a, b Spalt A, B Zylinderelektroden F Fangelektrode

Bild 2. Tankkreisregung durch dichtemodulierten Elektronenstrahl.

wird hier zunächst ein scharfer Elektronenstrahl erzeugt; dieser Strahl erfährt durch die hochfrequente Steuerspannung eine Dichtemodulation; es bilden sich Elektronenbündel, die an einem Spalt (a, b) in einem Tankkreis vorbeischießen und diesen Kreis durch Induktion erregen. Der Kreis nimmt Energie auf, wenn während der negativen Halbperiode einer Anfangsschwingung

1) P. J. Bouma, Philips techn. Rdsch. 1 (1936) S. 282 und 2 (1937) S. 39.  
2) K. Simons, ETZ 38 (1917) S. 453.  
3) Siehe hierzu die anschauliche Darstellung von M. Geiger, Telefunkenröhre 16 (1939) S. 177.

spannung am Kreis mehr Elektronen am Spalt vorbeifliegen als während der positiven Halbperiode, ein Zustand, der sich durch richtige Bemessung der Betriebsspannungen und der Elektrodenabstände erreichen läßt. Neben dem gewöhnlichen Dreielektrodensystem mit Ringanode weist die Verstärkerröhre zwei Zylinderelektroden (*A*, *B*) auf, die bezüglich der Kathode positiv vorgespannt sind und zur Beschleunigung der Elektronen dienen; sie verhindern außerdem ein Abweichen der Elektronen zur Glaswand und sind vom Tankkreisspalt so weit entfernt, daß sie vom hochfrequenten Feld in diesem nicht mehr beeinflusst werden; eine Kopplung zwischen Eingangskreis und Ausgangskreis kann auf diesem Weg also nicht stattfinden. Die Elektrode *F* endlich dient als Fangelektrode. Der ganze, das beschriebene Elektrodensystem in sich schließende Glaskolben wird in der geeigneten Weise in den Tankkreis gesteckt. Leistungsmäßig am günstigsten arbeitet die Anordnung bei Erregung in der Eigenfrequenz des Tankkreises. Bei einem Aufwand von 10 W Steuerleistung ließ sich so bei einer Wellenlänge von 65 cm eine verstärkte Leistung von 110 W auskoppeln; der Gesamtwirkungsgrad betrug dabei 35%. Gearbeitet wurde mit einer Beschleunigungsspannung von 6000 V und einer Spannung an der Fangelektrode von 2000 V. Der Fangelektrodenstrom betrug 150 mA; die Strahlschärfe war so groß, daß zu den Beschleunigungselektroden nur ein Strom von etwa 0,1 mA floß. Leistung wurde dem Tankkreis durch eine Koppelschleife entzogen, die in der geeigneten Weise eingeführt wurde. Die Hauptvorteile der beschriebenen Verstärkeranordnung bestehen darin, daß wegen der Benutzung sehr schneller Elektronen Laufzeiteinflüsse vermieden werden und daß wegen der Trennung vom Ausgangskreis die Endelektrode sehr groß und damit hochbelastbar gemacht werden kann. Außerdem ist der Ausgangskreis vom Eingangskreis weitestgehend entkoppelt. *E. C. M.*

DK 621.396.662.33

**Die Amtsweichen für den Hochfrequenz-Drahtfunk und ihre Unterbringung im Fernsprechamt.** [Nach A. Dold u. W. Ohlrogge, Siemens-Z. 6 (1939) S. 270; 8 S., 15 B.]

Bei der Übermittlung von Rundfunkprogrammen über Leitungen mit Trägerwellen werden aus wirtschaftlichen Gründen die bereits bestehenden Fernsprechnetze zur Übertragung benutzt. Die mehrfache Ausnutzung der Fernsprechleitungen durch das niederfrequente Ferngespräch und den Hochfrequenz-Drahtfunk erfordert am Anfang jeder Teilnehmerleitung eine Frequenzweiche (Amtsweiche). Sie hat für eine einwandfreie Trennung des Niederfrequenz- und Hochfrequenzweges zu sorgen, also einerseits die Drahtfunk-Sendespannungen, andererseits die Sprechspannungen unter Vermeidung gegenseitiger Störung an die gleiche Fernsprechleitung zu legen. Ferner muß die Amtsweiche alle hochfrequenten Störspannungen, die von den Wählern und Relais der Vermittlungsstelle auf die Leitung kommen können, wirksam abdrosseln, damit eine störungsfreie Drahtfunkübertragung gewährleistet ist. Die HF-Sendespannung erfährt, je nach der Länge der Teilnehmerleitung, eine mehr oder minder große Dämpfung. Man nimmt daher eine Abstufung der Sendeleistung durch die Amtsweichen vor (0,75, 3 u. 12 mW entsprechend den Reichweiten 0 bis 3,5 km, 3,5 bis 4,4 km und 4,4 bis 5,6 km bei Einzelanschlüssen).

Nachdem der Gang der Entwicklung kurz geschildert und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Lösungen (Zusammenfassung der Amtsweichen zu besonderen Amtsweichengestellen, Amtsweichen zum Einbau in das Vorwählergestell oder in den Hauptverteiler) erörtert werden, folgt ein Bericht über die endgültige Ausführung. Durch den Vorschlag, die Amtsweichen aufzuteilen, Hochpaß und Tiefpaß also voneinander zu trennen, gelang schließlich die Unterbringung der Amtsweichen auf der senkrechten Seite des Hauptverteilers ohne Änderung der in den Fernsprechämtern vorhandenen Sicherungsstreifen und Gestelle. Die Hochpässe für 0,75 und 3 mW enthalten einen Übertrager, der ausgangsseitig durch einen Kondensator gegen den auf der Leitung fließenden Mikrofon- und Wählerstrom blockiert ist; der Hochpaß für 12 mW hat zwei Kondensatoren. Ihre Anschaltung geschieht mittels Steckkontakten auf der Kabelseite des Sicherungsstreifens, parallel zu den abgehenden Teilnehmerleitungen. Die Tiefpässe werden zwischen den Lötösen des Sicherungsstreifens und den Innenleitungen des Amtes eingeschleift. Sie bestehen aus einer einzigen symmetrisch aufgebauten Doppeldrossel und bilden mit dem Kondensator im Hochpaß ein halbes Spulenglied. Nach Mitteilung der Meßergebnisse (HF- und NF-Durchlaßdämpfung, HF-Sperrdämpfung, NF-Nebensprechen, nichtlineares Nebensprechen) wird die Energieverteilung im Fernsprechamt dargestellt. *Dd.*

DK 534.835 : 621.395-72

**Lärm in Räumen mit Fernsprechstellen.** [Nach D. F. Seacord, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 255; 2½ S., 4 B.]

Der Aufsatz berichtet über umfangreiche Messungen des Raumlärms, die in Räumen mit Fernsprechstellen zur Bestimmung von Lärmstufen durchgeführt worden sind. Diese erstreckten sich auf eine reichhaltige Auswahl der unterschiedlichsten Raumarten (z. B. Büroräume mit verschiedener Anzahl von Fernsprechapparaten, desgl. Fabrikräume, Fabrikbüroräume, Wohnräume usw.) in verschiedenartigsten Gegenden, angefangen von der ländlichen Gegend bis zu überfüllten Bezirken in und in der Umgebung von großen Städten. Die Messungen fanden u. a. in 900 Räumen in und um Chicago und Philadelphia unter Winterbedingungen sowie in etwa 500 dieser Räume unter Sommerbedingungen statt. Ferner wurden noch besondere Messungen in ungefähr 800 Räumen in und um Cleveland und New York durchgeführt. Insgesamt sind auf diese Weise Meßwerte aus 2200 Räumen gewonnen worden, deren Auswertung allerdings noch nicht abgeschlossen ist. Einige Ergebnisse der vorläufigen Auswertung, und zwar diejenigen der Wintermessungen in den Meßgebieten von Chicago und Philadelphia, werden an Hand von graphischen Darstellungen erläutert.

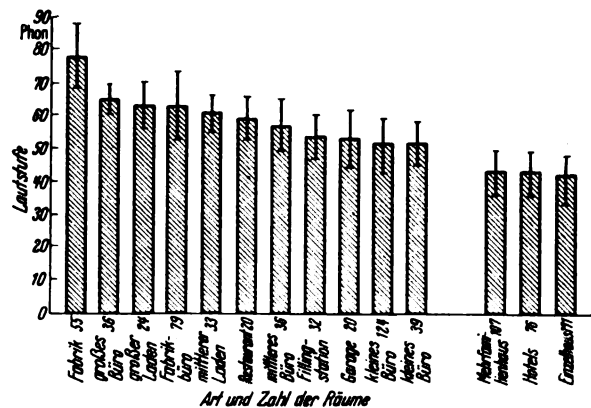


Bild 3. Darstellung der Meßergebnisse aus zwei Meßgebieten.

Weil der Raumlärm selbst innerhalb gleichartiger Räume von sehr verschiedener Lautstärke sein kann, drückt Seacord die Meßergebnisse in zwei Werten aus; nämlich als Durchschnittswert und als (Plus- und Minus-) Abweichung vom Durchschnittswert. Trotz der Erkenntnis, daß es schlechthin unmöglich ist, für jede Raumart innerhalb jedes Meßgebiets ein absolut allgemeingültiges Meßwertergebnis zu erzielen, ist der Verfasser doch überzeugt, daß durch die Zusammenfassung gleicher Raumarten der verschiedenen Meßgebiete Lärmwerte der verschiedensten Raumarten erlangt werden konnten, die für die Zwecke des Fernsprechingenieurs praktisch hinreichend sind.

Bild 3 vereinigt z. B. die in den Meßgebieten Pennsylvania und Illinois erlangten Werte als Stabdiagramm. Es handelt sich um die Auswertung von 852 Räumen mit 14 Raumarten (davon 11 Geschäfts- und 3 Wohnraumarten), wobei von jeder Raumart mindestens 20 Räume gemessen worden sind. Die Höhe der Stäbe gibt für die jeweils darunter vermerkte Anzahl der gemessenen Räume den Durchschnittsraumlärmwert an, während die Einzellinien am oberen Ende des Stabes in ihrer Ausdehnung über oder unter das Stabende maßstäblich die Plus- und Minus-Abweichung vom Durchschnittswert kenntlich machen.

Abschließend weist Seacord auf die starke Veränderlichkeit des Raumlärms hin. Die Durchschnittslärmwerte für verschiedene Raumarten liegen etwa zwischen 40 Phon in Wohnräumen bis etwa 80 Phon in Fabrikräumen. Ferner ist der Lärmwert für eine bestimmte Raumart nicht in allen Räumen dieser Art konstant. Während z. B. 5% der Wohnorte Durchschnittslärmstufen von etwa 50 Phon hatten, zeigten andere 5% der Wohnorte Durchschnittswerte von unter 30 Phon, so daß sich allein bei dieser Raumart ein Spielraum von über 20 Phon ergab. In manchen Wohnorten erreichte der Durchschnittslärmwert denjenigen in Geschäftsorten, und wiederum ergaben manche Geschäftsorte Durchschnittslärmwerte, wie sie sonst nur in Fabrikorten angetroffen werden. Bemerkenswert waren noch die Feststellungen, daß die Lärmwerte im Sommer um etwa 2 bis 3 Phon höher lagen als im Winter, und daß das Ausschalten von Räumen mit Rundfunkempfang bei der

Auswertung der Ergebnisse eine Senkung der Durchschnittslärmwerte um etwa 1 Phon ergab.

Die bei den umfangreichen Messungen erzielten Ergebnisse werden beim Entwurf von Fernsprechanlagen als Grundlage für solche Maßnahmen dienen, die eine Verminderung der Rückwirkung des Raumlärms auf den Sprechempfang bewirken sollen. *Rth.*

### Theoretische Elektrotechnik

DK 621.316.5.015-33

**Steuerung der Stoßspannung bei Schaltversuchen mit getrennter Strom- und Spannungsquelle.** [Nach A. M. Cassie, F. U. Mason u. L. H. Orton, *Electrician* 122 (1939) S. 841; 1½ S., 3 B.; s. auch *Rev. gén. Electr.* 46 (1939) S. 877.]

Zur Prüfung an Leistungsschaltern wurde schon vorgeschlagen, den Kurzschlußstrom durch einen Generator mit kleiner Spannung zu erzeugen und beim letzten Stromnulldurchgang von einer Stoßbatterie her eine Spannungswelle auf die Lichtbogenstrecke zu geben<sup>1)</sup>. Schwierigkeiten machte hierbei, den Spannungsstoß im richtigen Augenblick zu geben, da der Zustand des Lichtbogens bzw. der heißen Schaltgase nach dem Stromnulldurchgang sich sehr schnell ändert. Die bisher verwendeten Stromtore zur Steuerung des Spannungsstoßes in Abhängigkeit von einem bestimmten Augenblickswert

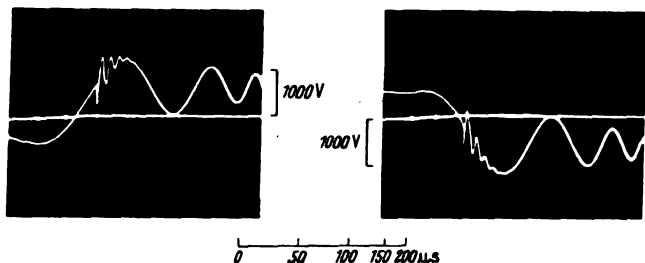


Bild 4. Kathodenstrahloszillogramm von der Einschwingspannung mit überlagertem Spannungsstoß.

des Abschaltstromes kurz vor dem Nulldurchgang sind nicht genau genug; daher verwenden die Verfasser eine Elektronenröhre als Relais, mit der der Zeitfehler  $< 1 \mu\text{s}$  wird. Mit einer solchen Einrichtung wurde eine Reihe von Versuchen mit einem Druckluftschalter gemacht, wobei ein Prüfgenerator von 100 kVA verwendet wurde, der 200 A bei 1000 V abgab. Die Zeit des Spannungsstoßes wurde von 5 bis 20  $\mu\text{s}$  nach dem Stromnulldurchgang variiert. Die veröffentlichten Oszillogramme (Bild 4) zeigen eine der wiederkehrenden Spannung überlagerte hochfrequente Schwingung, die einstellweilen noch eine kleinere Amplitude hat. Es soll jedoch möglich sein, Größe und Frequenz dieser überlagerten Schwingung weitgehend zu ändern und somit den Netzverhältnissen bzw. den Prüfungen in einem Hochleistungsprüffeld mit großer Leistung anzupassen. Schlußfolgerungen werden aus den Versuchen hinsichtlich der Schalterbeanspruchung noch nicht gezogen.

*W. Kn.*

### Physik

DK 537.228.1

**Mechanische Schwingungen eines piezoelektrisch angeregten Quarzes.** [Nach F. Seidl, *Z. Phys.* 112 (1939) S. 362; 1½ S., 2 B.]

In einer früheren Arbeit behandelten R. Wachsmuth und H. Auer<sup>2)</sup> die Ergebnisse von Versuchen, die Schwingungen einer Quarzplatte durch aufgestreutes Lykodiumpulver nachzuweisen. Sie regten die Quarzplatte in Länge und Breite in der Grundschwingung und in den Oberschwingungen an und erhielten in den Knoten der stehenden Wellen scharf gezeichnete StaUBLINEN, die sich bei der kleinsten Verstellung des Schwingkreis-kondensators änderten. Durch Division der Länge des Quarzes in der Schwingrichtung durch die Zahl der sichtbar gewordenen Knotenlinien wurde die halbe und daraus die ganze Länge der elastischen Welle im Quarz errechnet; durch Multi-

plikation der erregenden Frequenz mit der so bestimmten, elastischen Wellenlänge konnte die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elastischen Wellen im Quarz erhalten werden. Die Erregung einer Quarzplatte von 10 cm Länge erfolgte z. B. nacheinander mit acht verschiedenen elektrischen Frequenzen zwischen 199 und 385 kHz; die errechneten Fortpflanzungsgeschwindigkeiten lagen zwischen  $22,55 \cdot 10^4$  und  $26,95 \cdot 10^4$  cm/s, und es konnte ein mittlerer Wert von  $25 \cdot 10^4$  cm/s festgestellt werden, der mit dem von P. Langevin angegebenen Wert übereinstimmt. F. Seidl gibt Mikroaufnahmen Chladnischer Figuren auf der Oberfläche eines Schwingquarzes mit aufgestäubten Goldelektroden an; die Figuren bestehen in konzentrischen Ringen um die Quarzscheibenmitte. Auf die gleiche Weise wie oben wurde die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elastischen Welle im Quarz zu  $24 \cdot 10^4$  cm/s bestimmt. Die Abweichung dieses Wertes von den Ergebnissen von Langevin, Wachsmuth und Auer wird darauf zurückgeführt, daß die Erregung mit der Frequenz von 1152 kHz erfolgte und bis zum Überschreiten der Elastizitätsgrenze getrieben war, wodurch Störungen der Schwingungen auftreten konnten. Zu Bedenken gibt jedoch die Tatsache Anlaß, daß der von Wachsmuth und Auer mitgeteilte und von Seidl als Vergleichsgrundlage herangezogene Wert ein arithmetisches Mittel von acht Meßwerten darstellt, die noch dazu einen damals nicht näher untersuchten Gang im Sinne einer Dispersion der elastischen Wellen erkennen ließen; es ist möglich, daß sich der von Seidl bei einer einzigen Frequenz bestimmte Wert der Fortpflanzungsgeschwindigkeit auch deshalb nicht mit der Angabe von Wachsmuth und Auer deckt. *E. C. M.*

DK 537.723.1 : 621.315.615.2

**Betrachtungen über die Leitfähigkeit des Wassers und Erklärung des sonderbaren Einflusses des gelösten Wassers auf den Isolationswert des Öles.** [Nach J. Borel, *Bull. schweiz. elektrotechn. Ver.* 30 (1939) S. 305; 3 S., 3 B.]

Das Wassermolekül an sich ist ein ausgezeichneter Isolator. Wenn dennoch selbst mit der größten Sorgfalt hergestelltes destilliertes Wasser eine geringe Leitfähigkeit zeigt, so beruht das darauf, daß einige Wassermoleküle in positive H- und negative OH-Ionen dissoziiert sind. Für die Isolierstoffe der Elektrotechnik ist das Wasser allgemein von äußerst schädlichem Einfluß. Zur Bestimmung des Wassereinflusses auf Isolieröle wurden bei reinem amerikanischen und russischen Öl in verschiedenen Graden der Raffination die Isolations-eigenschaften in Abhängigkeit vom Anteil an destilliertem Wasser untersucht. Dabei stellte sich in allen Fällen heraus, daß gelöstes Wasser, soweit es den Sättigungszustand noch nicht erreicht hat, den Isolationswert des Öles bei Gleich- und Wechsellspannung in keiner Weise beeinträchtigt und damit auch die dielektrischen Verluste des Öles nicht heraufsetzt. Diese Werte sind bei trockenem und wassergesättigtem Öl praktisch die gleichen. Erst wenn das Öl übersättigt ist, Wasser also bereits in leichter Emulsion enthält, wobei es auch seine Durchsichtigkeit verliert, nimmt es in seiner diesbezüglichen Güte ab. Interessant ist der Gang des Verlustfaktors mit der Temperatur. Während dieser bei trockenem und wassergesättigtem Öl mit der Erwärmung leicht zunimmt, nimmt er bei übersättigtem Öl von einem verhältnismäßig hohen Werte aus ab, und zwar bis zu der Stelle, wo er bei vollständiger Auflösung des überschüssigen Wassers den Wert des trockenem bzw. gesättigten Öles erreicht, um dann wieder anzusteigen. Würde man bei wassergesättigtem Öl die Leitfähigkeit des reinen Öles und die des darin enthaltenen Wassers unter Berücksichtigung der Dissoziation addieren, so würde man eine Leitfähigkeit erhalten, die im wesentlichen durch die des Wassers bestimmt wäre. Da dies nach obigem tatsächlich nicht der Fall ist, muß geschlossen werden, daß das im Öl gelöste Wasser am Elektrizitätstransport nicht teilnimmt, daß also diese Wassermoleküle im Öl nicht dissoziiert sind. Das steht insofern mit der Theorie im Einklang, als die Dissoziation hier durchaus von dem Öl bestimmt sein muß und dies bei seiner geringen Dielektrizitätskonstanten dazu geringe Neigung hat.

Der Verfasser glaubt schließlich über obige Angaben hinaus festgestellt zu haben, daß feuchtes Öl zuweilen sogar noch etwas geringere elektrische Verluste aufweist als trockenes. Die Erklärung hierfür bleibt offen.

Anm. d. Ber. Es sei betont, daß nur Mischungen von reinem Öl und destilliertem Wasser untersucht wurden. Für die praktisch vorliegenden Verhältnisse dürften daher meist noch andere Gesichtspunkte als maßgeblich hinzukommen. *Brk.*

<sup>1)</sup> E. Marx, *ETZ* 57 (1936) S. 583; E. P. Vanoni und O. Someda, *ETZ* 60 (1939) S. 157.

<sup>2)</sup> *Z. Phys.* 47 (1928) S. 323.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

## Ausschuß für Zähler

Folgender Zusatz zu § 19 von VDE 0418/1932 ist als Entwurf beschlossen worden:

„Bei Zählern, die mit einem Grenzstrom von mehr als 125 % des Nennstromes dauernd belastbar sind, ist auf dem Leistungsschild außer dem Nennstrom auch der Grenzstrom, dieser in runden Klammern, anzugeben, z. B.: 5 (10) A.“

Begründete Einsprüche sind der Geschäftstelle bis zum 30. April 1940 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

## Fachversammlung

des Fachgebiets „Stromrichter“, Leiter: Dipl.-Ing. Dr. phil. J. v. Issendorf VDE.

## Vortrag

des Herrn Dr. W. Dällenbach, Berlin, am Dienstag, dem 23. April 1940, um 18<sup>00</sup>, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal EB 301, über das Thema:

„Entwicklungen und Fortschritte im Bau von Großgleichrichtern“.

## Inhaltsangabe:

Materialtransport, Wasserstoffdiffusion, Gasaufzehrung, Wegfall der Pumpen, Kritische Plasmagrenzen, Ionenverarmung, Edelgasfüllung, Kälte- und Kurzschlußfestigkeit, Freiluftanlagen.

Eintritt und Kleiderablage frei.

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.

19. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Anwendung von Stromrichtern bei motorischen Antrieben“. Vortragender: Dr.-Ing. H. Anschütz VDE.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

23. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: „Bremsen“ (Anordnung, Wirkungsweise, Kennlinien): Aussprache über Druckluft-, Gleich- und Wechselstrom-Nutz- und -Widerstandsbremsen.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

25. April 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: „Fernsehen“. „Hilfs-Zerlegungs- und Übertragungsverfahren“. Vortragender: Obering. R. Urtel.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer  
Burghoff

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz.** 25. 4. (Do), 20<sup>00</sup>, Staatl. Akademie für Technik: „Der Einfluß von Vierjahresplan und Krieg auf die Ausführung und Konstruktion von Erzeugnissen der Starkstromtechnik“. Obering. Plattner VDE.

**VDE Bezirk Köln.** 19. 4. (Fr), 20<sup>00</sup>, Lese-Gesellschaft: „Entwicklung und Prüfung von Schaltern größter Leistung“. Obering. W. Kaufmann VDE.

**VDE Bezirk Danzig.** 22. 4. (Mo), 20<sup>00</sup>, T. H. El. Inst.: „Neue Erkenntnisse über die Dämpfung von Freileitungsschwingungen“ (m. Lichtb.). Dr. Behrens.

**VDE Bezirk Niedersachsen, Hannover** (Arbeitsgemeinschaft der jungen Ingenieure). 23. 4. (Di), 20<sup>15</sup>, Hann.-Braunschweig, Stromversorgungs A.-G., Marienstr. 20: „Hochspannungskabel und Armaturen in Mittelspannungsnetzen“. L. Wörner VDE.

**VDE Bezirk Mittelhessen, Frankfurt a. M.** Der in H. 15 angekündigte Vortrag von Herrn Dr. Freiburger muß auf den 24. 4. verschoben werden.

**Fachgruppe Energiewissenschaft, Gauwaltung Wien.** 24. 4. (Mi), 18<sup>00</sup>, Haus der Technik: „Der Drahtfunk“ (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Waldow.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Leipzig.** 23. 4. (Di), 20<sup>00</sup>, Grassimuseum: „Lichtwirtschaft im Kriege“. Dipl.-Ing. J. Schaer.

## PERSONLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**K. Becker †.** — Am 8. April starb der Dekan der Wehrtechnischen Fakultät an der T. H. Berlin, Chef des Heereswaffenamtes und Präsident des Reichsforschungsrates, General der Artillerie, Professor Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. Karl Becker. Mit umfassendem Wissen und nie erlahmender Tatkraft hat der Verstorbene die Technik zur Entwicklung der modernen Waffen eingesetzt und damit einen hervorragenden Anteil an der Schlagkraft und technischen Überlegenheit unserer Wehrmacht. Becker war Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften und Mitglied der Akademie für Bauwesen und war im Besitz der Goethe-Medaille und der Grashof-Denk Münze.

## BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

DK 621.317.727.027.3 + .029.6

**Bemerkungen zu dem Aufsatz von Herrn O. Zinke: „Frequenzunabhängige kapazitiv-ohmsche Spannungsteiler für Meßzwecke“ in ETZ 60 (1939) S. 927**

Zur Ergänzung sei darauf hingewiesen, daß man die Erdkapazitäten bei der Spannungsteilung auch dadurch unschädlich machen kann, daß man den eigentlichen, zum Meßzweck benutzten Spannungsteiler von allen Seiten mit einem ähnlich gebauten Spannungsteiler umgibt, der die zur Erde führenden Feldlinien auffängt. Für einen Widerstandsspannungsteiler wurde dies von Rayner, Standing, Davis und Bowdler<sup>1)</sup>, und für einen kapazitiven Spannungsteiler von Krutzsch<sup>2)</sup> beschrieben. Dieses Verfahren hat gegenüber dem von Zinke angegebenen den Vorteil, daß man den Spannungsteiler in jede beliebige Umgebung stellen kann, ohne jedesmal die Erdkapazitäten ausrechnen und entsprechende Ausgleichkapazitäten anbringen zu müssen. Dieses Prinzip läßt sich natürlich auch bei gemischten Spannungsteilern verwenden. Der von Krutzsch erwähnte Spannungsteiler hat sich ausgezeichnet bewährt, da er nicht nur die Höhe der Spannung unabhängig von den Erdkapazitäten zu messen gestattet, sondern auch, was wesentlich schwieriger ist, die Phase der Meßspannung genau wiedergibt.

München, 19. 10. 1939

J. Krutzsch VDE

<sup>1)</sup> J. Instn. electr. Engrs. 68 (1930) S. 1132.

<sup>2)</sup> ETZ 57 (1936) S. 439.

**Stellungnahme zur Zuschrift des Herrn J. Krutzsch**

Mein Aufsatz hatte das Ziel, zu zeigen, daß sich durch Kombination von Widerständen und Kapazitäten normaler Bauart lediglich durch zweckmäßige Stufung weitgehend frequenzunabhängige Spannungsteiler aufbauen lassen. Sieht man außerdem eine äußere Abschirmung vor, die mit dem Erdpunkt des Spannungsteilers verbunden ist, so hat man auch den Einfluß der Umgebung völlig ausgeschaltet. Ist ferner, wie im Aufsatz angegeben, die Bedingung  $R \omega C_0 < 1$  erfüllt, so wird sowohl das Übersetzungsverhältnis unabhängig von der verteilten Erdkapazität, als auch die Phase getreu der Phase der Originalspannung erhalten. Der Gesamtaufbau des Spannungsteilers ist konstruktiv einfach, solange die Bedingung  $R \omega C_0 < 1$  nur eine grobe Unterteilung der Widerstände notwendig macht.

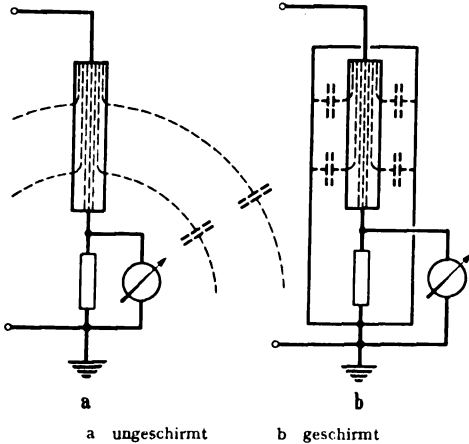


Bild 1. Feldlinienverlauf üblicher Widerstandsteiler.

Mit Recht weist J. Krutzsch darauf hin, daß man die verteilten Erdkapazitäten auch dadurch unschädlich machen kann, daß der Spannungsteiler von einem ähnlich gebauten Teiler umgeben wird. Krutzsch verwendet für Hochspannungsmessungen einen rein kapazitiven Teiler mit einer großen Zahl von Kondensatorplatten, die von ebenso vielen isolierten Schutzringen umgeben sind (Bild 2 a). Eine sehr ähnliche Anordnung eines Widerstandsteilers mit umgebendem Widerstandsrohr hat W. Raske<sup>1)</sup> veröffentlicht. Beide Anordnungen wirken nicht so, daß nach Erde verlaufende Feldlinien vom Schirm aufgefangen werden, vielmehr wird hier durch die Potentialverteilung längs der Schirme ein homogener Feldlinienverlauf (Bild 2) erzwungen, der sich grundsätzlich vom Verlauf der Feldlinien bei früher üblichen Spannungsteilern (Bild 1) unterscheidet.

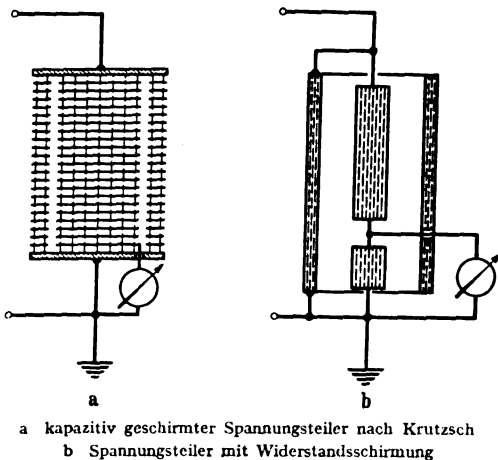


Bild 2. Feldlinienverlauf von Spannungsteilern, deren Schirme das Spannungsgefälle nachbilden.

Bei den üblichen Spannungsteilern nach Bild 1 verlassen die Feldlinien des Stroms den Widerstand und laufen als kapazitive Streulinien nach Erde bzw. Schirm. Damit die verteilten kapazitiven Nebenschlüsse nicht stören, muß die Bedingung  $R \omega C_0 < 1$  erfüllt sein. An diese Einschränkung ist man bei den Teilern nach Bild 2 nicht gebunden, weil hier der Schirm ein gleich-

<sup>1)</sup> Arch. tech. Messen. Z. 116 1, Dez. 1938.

artiges Spannungsgefälle besitzt wie der Spannungsteiler selbst und damit ein homogenes Feld erzwingt, so daß aus dem vorgeschalteten Widerstand bzw. Kondensator des Spannungsteilers keine Feldlinien austreten. Man kann auch einen Widerstands-Spannungsteiler mit einem kapazitiven Schirm umgeben, der aus isolierten Schutzringen nach Bild 2 a oder unterteilten isolierten Zylindern besteht. Auch hier entsteht durch die elektrischen Feldlinien des Schirms ein Potentialverlauf, der dem Spannungsgefälle am Spannungsteiler entspricht.

Das Prinzip des gesteuerten Schirms mit Spannungsgefälle ist bereits in der Arbeit von Orlich und Schultze<sup>1)</sup> angedeutet. Die gesteuerte Schirmung ist, wie die Arbeiten von Krutzsch und Raske zeigen, in der Hochspannungs-Meßtechnik vollkommen durchgebildet. Die konstruktive Gestaltung der Schirmung für die Zwecke der Hochfrequenz-Meßtechnik befindet sich noch im Versuchsstadium.

Berlin, 22. 12. 1939

O. Zinke VDE

DK 621.317-35

**Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn C. Moerder VDE „Messung der Oberwelligkeit von Wechselspannungen“ in ETZ 61 (1940) H. 4, S. 77**

In seiner Untersuchung über die Messung der Oberwelligkeit von Wechselspannungen vergleicht Herr Moerder u. a. eine Brücke mit Reihenresonanz nach Belfils (Bild 2) mit einer Brücke mit Parallelresonanz nach Linckh (Bild 3). Bei diesem Vergleich wird für beide Brücken die Leerlaufspannung in der Meßdiagonale auf die angelegte Spannung bezogen; dabei schneidet die Brücke nach Belfils, besonders in Verbindung mit einem Vorwiderstand, sehr schlecht ab. Man muß jedoch m. E. berücksichtigen, daß die niedrigohmige Brücke nach Belfils — im Idealfalle ist der Widerstand des Resonanzkreises gleich 0 — ihrem Wesen nach nicht für eine Messung der Leerlaufspannung, sondern für eine Messung des Kurzschlußstromes in der Meßdiagonale geeignet ist, während die hochohmige Brücke nach Linckh — Sperrwiderstand des Resonanzkreises im Idealfalle gleich  $\infty$  — sich vorzugsweise für eine Messung der Leerlaufspannung eignet. Verwendet man in der Brücke nach Belfils zur Messung und Registrierung des Effektivwertes der Restkurve z. B. ein Thermoelement von 65  $\Omega$ , so ist bei 1000  $\Omega$  Vorwiderstand das Verhältnis des Stromes im Thermoelement zur angelegten Spannung für die Grenzfrequenzen 1:1195. Die Abweichungen von diesem Wert (nach unten) betragen für die 3. Harmonische 3,6%, für die 5. 1,2% und für die 7. 0,6%. Für die Messung der Oberwellen in einem Drehstromnetz, in dem die 3. Harmonische normalerweise sehr klein ist, dürfte diese Genauigkeit in der Regel genügen, um so mehr, als es hier meist möglich ist, den Vorwiderstand auf die Hälfte zu verkleinern und damit auch die Fehler zu verringern. Der Strom in der Diagonale ist dann fast doppelt (bzw. viermal) so groß wie bei der Brücke nach Linckh, was für die Messung mit einem Thermoelement schon von wesentlicher Bedeutung ist. Für Untersuchungen mit einem hochohmigen Elektronenstrahloszillographen wird dagegen die Brücke nach Linckh vorzuziehen sein.

Berlin, 1. 2. 1940

Hans Klewe VDE

**Stellungnahme zur Zuschrift des Herrn H. Klewe**

Die Messung der Oberwelligkeit von Wechselspannungen nach dem in den R.E.M. festgelegten Maß verlangt eine Scheitelwertbestimmung an der Restkurve. Für eine solche sind am genauesten alle Meßverfahren, die auf eine Spannungsmessung zurückgehen, weswegen beim Vergleich der Brücke nach Belfils mit der nach Linckh nur die Leerlaufspannungen in Betracht gezogen wurden. Es ist richtig, daß sich bei Rückführung der Messung auf eine Kurzschlußstrommessung in der Brückendiagonale das Verhältnis der niedrigen zu den höheren Harmonischen bis auf die relativ geringen, von Herrn Klewe angegebenen Amplitudenfehler proportional abbildet. Jedoch ergeben sich dann eben nur sehr viel kleinere Spannungen am Nullzweig (20fach im Beispiel) für die Scheitelwertmessung. Aber auch wenn man dies in Kauf nimmt, so bleibt bestehen, daß die Winkelfehler der niedrigen Harmonischen im Nullzweig sehr groß sind. Die Grenzfrequenzen im Brückenkurzschlußstrom sind in Phase mit der zu messenden Spannung, die 3. Harmonische ist etwa 15°, die 5. Harmonische etwa 9° im Beispiel mit  $r_0 = 65 \Omega$  (Brückeninstrument) vorverschoben. Die Fehler lassen sich verkleinern durch Wahl eines höheren Gütegrades der beiden Luftdrosseln, was aber erheblichen Aufwand

<sup>1)</sup> Arch. Elektrotech. 1 (1912) S. 1.

an Kupfergewicht bedeutet. Bei  $L = 1 \text{ H}$  und Verkleinerung des Widerstandes der Drossel von  $r_1 = 65 \Omega$  auf  $r_1 = 30 \Omega$  wie bei Linckh ergibt sich für die 3. Harmonische statt etwa  $3\frac{1}{2}\%$ ,  $15^\circ$  Fehler nur noch  $1\%$  und  $8^\circ$  (Linckh erreicht  $0,6\%$  und  $3^\circ$ ). Eine Verkleinerung des Vorwiderstandes bringt wenig Fehlergewinn relativ zur Erhöhung des Verbrauchs (bei  $R_{\text{vor}} = 500 \Omega$  statt  $1000 \Omega$ , Fehler etwa  $2\%$ ,  $13^\circ$  für die 3. Harmonische im obigen Beispiel). Für die Bestimmung der „größten Kurvenformabweichung“ einer Spannungswelle erscheint der Winkelfehler der 3. und 5. Harmonischen in der Beilfischen Brücke noch zu groß. Hingegen vermag letztere gute Ergebnisse zu liefern bei Messungen des Klirrfaktors von Spannungen, wo Winkelfehler keine Rolle spielen.

Berlin, 12. 2. 1940

C. Moerder VDE

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.311.009

**Die Bedeutung der Technik für die Gemeinwirtschaft,** dargestellt am Beispiel der Elektrizität. Von Dr. rer. pol. R. Grünwald. Mit 133 S. im Format  $145 \times 225 \text{ mm}$ . Verlag der Hochschulbuchhandlung Krusche & Co., Nürnberg 1939. Preis geh. 3,75 RM.

Vor gar nicht langer Zeit ist einmal der Ausspruch „Kulturträger Elektrizität“ geprägt worden. Die vorliegende Schrift kann als ein Beweis für die Richtigkeit dieses Wortes angesprochen werden. Der Verfasser zeigt zuerst, wie die ganze menschliche Entwicklung durch die Technik beeinflusst worden ist und untersucht dann im 2. Teil den Einfluß der Elektrizität auf die Gemeinwirtschaft. Die Elektrizität ist dank der ihr innewohnenden Eigenschaften in der Lage, der Volkswirtschaft eine wertvolle Hilfe zu sein. Dies zeigt sich z. B. in der Tatsache, daß die Elektrizität die Klein- und Mittelbetriebe gegenüber den Großbetrieben dadurch wieder wettbewerbsfähig gemacht hat bzw. macht, daß sie diesen eine wirtschaftliche Kraftquelle gab bzw. gibt. Darüber hinaus gibt aber die Elektrizität noch mannigfaltige Möglichkeiten, nachteilige Folgen der Verstädterung zu beseitigen.

Das Buch gewinnt dadurch an Wert, daß der Verfasser in seinen in erster Linie volkswirtschaftlichen Betrachtungen auch versteht, ein richtiges Bild von der Struktur und dem Aufbau der deutschen Elektrizitätswirtschaft zu entwerfen, welches man leider bei vielen volkswirtschaftlichen Betrachtungen vermißt.

W. Willing VDE

DK 538.6

**Magnetische Felder und Kräfte.** Mit einer Übersicht über die Vektorenrechnung. Eine mit Zusätzen versehene Sonderausgabe des Beitrages „Elektrodynamik“ aus Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus Bd. IV (1920). Von Prof. Dr. H. Diesselhorst. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. F. Emde. Mit 56 Bild., VI u. 216 S. im Format  $170 \times 245 \text{ mm}$ . Verlag von Joh. Ambrosius Barth, Leipzig 1939. Preis geh. 8 RM.

Das Werk, ein Ausschnitt aus dem Handbuch von Grätz, gibt eine in knapper Ausdrucksform reichhaltige Darstellung des Teiles der Elektrodynamik, der sich mit magnetischen Feldern, quasistationären Strömen und den gegenseitigen Zusammenhängen, Wechselwirkungen und Kräften befaßt. Wie Emde in einem Geleitwort schon ausführt, ist darin die Lehre von den magnetischen Feldern und Kräften eingehender dargestellt, als es sonst in den allgemeinen Lehrbüchern der Elektrizitätslehre der Fall ist.

Die Einleitung bildet eine historische Übersicht über die Entwicklung der Erkenntnis der grundlegenden Zusammenhänge. In einer Reihe von Bildern werden die klassischen Versuchsanordnungen und Apparate gezeigt, durch welche die Forscher zur Entdeckung und klaren Formulierung ihrer Gesetze gelangt sind. Der erste Hauptabschnitt besteht aus einer sehr ausführlichen Zusammenstellung der Sätze und Formeln der Vektor-, Tensor- und Affinorrechnung, die in der Elektrodynamik Bedeutung haben. Die nicht als elementar geltenden Zusammenhänge sind zwar in einem besonderen Kapitel abgeleitet, jedoch kann trotzdem dieser Abschnitt nicht als eine selbständige Einführung in das Gebiet betrachtet werden. Der zweite Hauptabschnitt mit der Bezeichnung „Ponderomotorische Wirkungen in Systemen von Magneten und quasistationären

elektrischen Strömen“ stellt den eigentlichen Kern des Buches dar.

Das Werk ist, verglichen mit seinem Umfang, ein äußerst ergiebiges Nachschlagewerk und Handbuch. Es ist streng wissenschaftlich und zuverlässig entsprechend der Persönlichkeit seines Verfassers. Es wendet sich in erster Linie an Physiker und setzt voraus, daß der Leser mit den Grundlagen der Elektrodynamik bereits einigermaßen vertraut ist. Wer unter dieser Voraussetzung über diese und jene Frage eine Beleuchtung von einem andern Blickfeld oder eine weitergehende und strenge Darstellung sucht, wird das Buch mit Gewinn benutzen. Als einführendes Lehrbuch dürfte es weniger geeignet sein.

Vom Gesichtspunkt der Verwendung für Studierende der Elektrotechnik an technischen Hochschulen findet es der Benutzer bedauerlich, daß der Verfasser sich nicht zu der Einführung der Größengleichungen an Stelle des absoluten elektromagnetischen Maßsystems entschließen konnte. Es gibt doch kein Gebiet, auf dem die didaktischen Vorteile und der Gewinn an Anschaulichkeit durch die Größengleichungen so hervortreten wie in der Elektrodynamik. Wenn auf Seite 1212 gesagt wird, daß für die Formeln der speziellen Elektrodynamik das elektromagnetische Maßsystem bequem sei, so muß hinzugefügt werden, daß die konsequente Anwendung der Größengleichungen noch viel bequemer ist.

R. Brüderlink VDE

DK 534.2

**Leitfaden zur Berechnung von Schallvorgängen.**

Von Reg.-Rat Dr. H. Stenzel. Mit 106 Abb., III u. 124 S. im Format  $165 \times 240 \text{ mm}$ . Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 12,60 RM.

Die vorliegende Veröffentlichung des bekannten Verfassers stellt eine ausführliche Zusammenfassung aller bisher über Schallfeldberechnungen erschienenen Arbeiten dar und schließt insofern eine Lücke in der akustischen Literatur, als eine systematische eingehende Behandlung dieser Fragen bisher noch nicht vorlag.

Die Arbeit ist als Leitfaden zur Berechnung von Schallvorgängen angelegt und legt daher weniger Wert auf Mitteilung praktischer, technischer Einzelheiten als vielmehr auf die aus der Theorie der Schallsender und -empfänger sich ergebenden Folgerungen für verschiedene Anordnungen und Arten von Schallstrahlern. In drei Teilen behandelt der Verfasser die verschiedenen Arten des Schallfeldes. Den ersten Teil widmet er der Betrachtung des Schallfeldes in großer Entfernung von der Schallquelle sowohl für gerichtete als auch für ungerichtete Schallstrahlung, wobei er die Definitionen für den Richtfaktor, die Peilschärfe, das Peilmaß und die Trennschärfe einführt und ihre Größe für einige besondere Strahler berechnet. Neben der mit Strahlern besetzten Kreislinie, der kreisförmigen und rechteckigen Kolbenmembran und der geraden Strahlergruppe behandelt der Verfasser den Einfluß der verschiedenen Schwingungsformen der rechteckigen und kreisförmigen Membran auf den Richtungsfaktor. Er zeigt ferner, wie man mit Hilfe einer feststehenden, beliebig im Raum angeordneten Empfängergruppe allein durch elektrische Kompensation die Richtung größter Empfangsempfindlichkeit nach Belieben ändern kann. Im zweiten Teil wird das Schallfeld in unmittelbarer Nähe des Strahlers behandelt. Wegen der hierbei auftretenden größeren Mannigfaltigkeit der für die Bestimmung des Schallfeldes notwendigen Funktionen beschränkt sich der Verfasser auf die Behandlung zweier Einzelstrahler und der kreisförmigen Kolbenmembran, wobei er die letztere im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Praxis besonders ausführlich betrachtet. Das Schallfeld wird dabei durch den Verlauf der Linien konstanter Schalldruckamplitude dargestellt. Der dritte Teil der Arbeit bringt die Berechnung des Schallfeldes einfacher und zusammengesetzter Kugelstrahler sowie der durch eine starre Kugel verursachten Schallfeldstörung. Zahlreiche graphische Darstellungen erläutern die Berechnungen. Um die Übersicht der Abhandlung nicht zu erschweren, verzichtet der Verfasser auf die Angabe ausführlicher, theoretischer Ableitungen und führt solche nur an, soweit es zum Verständnis erforderlich ist. Wenn es auch wünschenswert ist, daß der Leser mit den Eigenschaften der Bessel-Funktionen sowie der Zylinder- und Kugelfunktionen vertraut sein möchte, um dem Gang der Berechnungen folgen zu können, so kann auch dem praktischen Physiker, dem diese mathematischen Formulierungen nicht so nahe liegen, die Abhandlung für das Entwerfen bestimmter Schallsenderkombinationen von großem Nutzen sein und ihm in mancher Hinsicht reiche Anregungen bieten.

K. Th. Kühn

DK 546

**Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie.** 8. Aufl. Herausgeg. von der Deutschen Chemischen Gesellschaft<sup>1)</sup>. System-Nr. 68: Platin, Teil A, Lieferung 2: Vorkommen (Abschluß). Preis kart. 26 RM. — Lieferung 3: Darstellung der Platinmetalle. Preis kart. 19 RM. — Teil B, Lieferung 2: Physikalische Eigenschaften des Metalls (bis elektrische Eigenschaften). Preis kart. 17 RM. — Teil B, Lieferung 3: Elektrochemisches Verhalten des Metalls (Überspannungerscheinungen). Preis kart. 14 RM. — Teil C, Lieferung 1: Verbindungen bis Platin und Wismut. Preis kart. 22 RM. — System-Nr. 59: Eisen, Teil C, Lieferung 2: Prüfung der Kerbschlagzähigkeit. Preis kart. 44 RM. — System-Nr. 59: Eisen, Teil F II, Lieferung 2: Nachweis und Bestimmung von Fremdelementen in Eisen und Stahl. Preis kart. 36 RM. Format 180 × 260 mm. Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1939.

S.-Nr. 68. Platin, Teil A, Lfg. 2

Mit dieser Lieferung wird die zu einer gesonderten Monographie gediehene Behandlung der Platinvorkommen abgeschlossen; sie erstreckt sich vor allem über die amerikanischen, australischen und afrikanischen Lagerstätten, wobei die süd-afrikanischen am umfangreichsten bedacht werden. Daran knüpft sich eine Zusammenstellung der bisher erkannten Pt-Mineralien, unter denen den Pt-Legierungen — gegenüber den Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen — ganz überwiegende Bedeutung zukommt, und ein äußerst interessanter Schlußabschnitt wirtschaftsstatistischer Inhalts. Schrifttumstand: bis Anfang 1939.

Teil A, Lfg. 3

behandelt zunächst die Darstellung der Platinmetalle, sowohl ihre Gewinnung aus Erzen als auch aus Abfällen und Rückständen, wie sie in Edelmetalle verarbeitenden oder sonstwie benutzenden Industrien, Gewerben und Laboratorien anfallen; die zum Teil verwickelten Arbeitsfolgen werden jeweils durch übersichtliche Schemata verdeutlicht. Weiterhin wird über die Herstellung der reinen Platinmetalle in kompakter, kompaktdisperser und kolloider Form sowie über ihre Verwendung berichtet. Schrifttumbereitschaft: bis Juni 1939.

Teil B, Lfg. 2

die das Schrifttum bis April 1939 berücksichtigt, setzt die physikalischen Eigenschaften des Metalls fort und umfaßt die optischen Eigenschaften (darunter Temperaturstrahlung und spektrales Verhalten), die magnetische Charakteristik und unter den elektrischen Eigenschaften insbesondere Leitfähigkeit, Thermokraft (eingehende Zusammenstellung der mit Pt kombinierten Thermolemente!) und das Verhalten des Platins bei der Elektronenemission wie bei Elektronen- und korpuskulärer Einstrahlung.

In Teil B, Lfg. 3

beginnt unter Schrifttumsberücksichtigung bis Mai 1939 die Behandlung des elektrochemischen Verhaltens des Platins mit den Überspannungerscheinungen bei an ihm erfolgender kathodischer H<sub>2</sub>-Entwicklung, anodischer O<sub>2</sub>- und Halogenabscheidung und den entsprechenden Umkehrvorgängen; in diesem Zusammenhang wird ein umfassender Überblick über die Theorien der Wasserstoff- und Sauerstoffüberspannung gegeben.

Teil C, Lfg. 1

Unter den Verbindungen des Platins, für die Teil C der System-Nr. vorgesehen ist, umfaßt dessen 1. Lfg. hauptsächlich die Systeme Platin und Wasserstoff, Pt und Sauerstoff einschließlich deren Hydrate, sodann die aus Pt und Stickstoff, Pt und Halogen, Schwefel, Bor, Kohlenstoff, Silizium, Phosphor, Arsen, Antimon und Wismut sich herleitenden einfachen Verbindungen und freien Pt-Komplexsäuren, unter vorläufigem Ausschluß der einem späteren Kapitel vorbehaltenen Verbindungen mit aminhaltigen Pt-Komplexionen. Schrifttumstand: bis Juni 1939.

S.-Nr. 59. Eisen. Teil C Lfg. 2

Mit diesem, das mechanisch-technologische Sonderwerk Teil C fortsetzenden Heft wird der Abschnitt „Kerbschlagzähigkeit“ eingeleitet; den in weiteren Lieferungen zu verzeichnenden Meßergebnissen an reinem Eisen, Stählen und Eisenlegierungen wird hier unter dem Untertitel: Prüfung der Kerbschlagzähigkeit in der üblichen monographischen Ausführ-

1) s. a. ETZ 60 (1939) S. 1088.

lichkeit eine ungemein reichhaltige und weitgespannte Übersicht entwickelt über ältere und neuere Apparate und Verfahren zur Bestimmung dieser Größe, über physikalische Grundlagen und über Versuchsbedingungen bei der Prüfung, über Zusammenhänge der Kerbschlagzähigkeit mit anderen Werkstoffeigenschaften und über viele andere Punkte; mit dieser umfassenden Zusammenstellung soll zugleich einer künftigen internationalen Normung dieser heute noch viel umstrittenen Prüfmethode der Weg bereitet werden. Das Schrifttum ist bis Oktober 1938 berücksichtigt.

Teil F II, Lfg. 2

Diese, dem Schrifttumstand bis Mai 1939 entsprechende Lieferung bringt die Abteilung II des der Technischen Analyse von Eisen und Stahl eingeräumten Teiles F zum Abschluß; sie umfaßt hauptsächlich Nachweis und Bestimmung der Elemente Titan, Aluminium, Kupfer, Nickel, Kobalt; behandelt weiterhin neuere in die Eisenhüttenlaboratorien eingezogene physikalische und physiko-chemische Analysemethoden, wie die chromatographische, polarographische, spektrographische, magnetometrische u. a. Analyse und gibt endlich einen gedrängten Abriss über die in einzelnen Staaten für die Bestimmung von Fremdelementen in Eisen und Stahl aufgestellten Normen, wobei lediglich die der V. S. Amerika ausführlicher behandelt werden, weil sie sich richtungweisend auf die Normenfassung der anderen Länder ausgewirkt haben. Heinrich Menzel.

DK 621.3 (075.4)

**Lehrgang für Elektro-Installateure.** Erarbeitet vom Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe. Teil 1. 4. Aufl. Mit zahlr. Bild., 33 Taf. u. 10 S. im Format 225 × 305 mm. Preis im Heft 3 RM. — Teil 2. 3. Aufl. Mit zahlr. Bild., 4 u. 61 S. im Format 225 × 305 mm. Preis im Heft 3,60 RM. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1939.

Die Mappen enthalten in bildlichen Darstellungen mit textlichen Erläuterungen auf Einzelblättern alles für den Elektroinstallateur Wissenswertes. Sie sind hauptsächlich für die Ausbildung des Nachwuchses gedacht, doch sind sie ohne Frage auch für den ausübenden Praktiker und für den Montageingenieur von großem Nutzen. Insbesondere dankenswert ist die erschöpfende Darstellung des Freileitungsbaues, die Behandlung von Bleikabeln, der Meß- und Prüfgeräte und der Schutzmaßnahmen. Vorangestellt sind die Eigenschaften des Aluminiums und seiner für den Installationsfachmann interessanten Verbindungen und eine Gegenüberstellung der mechanischen und elektrischen Werte von Aluminium und Kupfer.

Kurt Krohne VDE

## EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

## Bücher

**Fernmelde-Unterrichtslehre.** Von R. Grötsch. Mit 25 Abb. u. 134 S. im Format 135 × 200 mm. Deutsches Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1939. Preis kart. 3,50 RM.

[Der Verfasser will mit diesem Leitfadeneine möglichst zweckmäßige Ausbildungsform und ein vollkommenes System im Geben und Hören der Morsezeichen sowie der Aufnahme und Abgabe mit Tastaturmaschinen, Funk- und Fernsprecher wie auch Lautsprecheransage vermitteln, um damit einen planmäßigen Aufbau der Unterrichtsmethoden, -wege und -ziele zu erreichen. Ebenso werden auch Fragen der Schulausstattung, des Unterrichtsverhältnisses und der Unterrichtsorganisation behandelt.]

## Anschriften des Verfassers der Aufsätze dieses Heftes:

Dr. Ing. habil. P. Werners VDE, Dortmund, Nußbaumweg 183.  
Obering. Dipl.-Ing. M. Zorn VDE, Finkenkrug b. Berlin, Ringstr. 9.

Abschluß des Heftes: 12. April 1940.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 25. April 1940

Heft 17

## Neue technische Meßgeräte zur Isolierstoffprüfung

Von H. Poleck VDE, Berlin

DK 621.317-733.3.004.11

**Übersicht.** Eine universelle Meßschaltung zur Bestimmung der Kapazität und des Verlustfaktors von zweipolig isolierbaren und einpolig geerdeten Prüflingen wird beschrieben und ihre theoretische Grundlage abgeleitet. Die mit einem komplexen Kompensator kombinierte, vor Überlastung geschützte Meßbrücke hoher Genauigkeit ermöglicht wahlweise Hand- und Selbstabgleich bei unmittelbarer Ablesung der Meßergebnisse. Der technische Aufbau der Brücke, der Meßzusätze und Sicherheitseinrichtungen wird allen praktischen Anforderungen gerecht.

### 1. Anforderungen an Meßgeräte zur Untersuchung von Isolierstoffen

In den letzten Jahren hat die Kapazitäts- und Verlustfaktormessung als zerstörungsfreies Prüfverfahren für Isolierstoffe eine immer größere Bedeutung gewonnen. Vielseitige Untersuchungen erwiesen die Zweckmäßigkeit selbsttätig arbeitender Schreibeinrichtungen, die nicht nur eine schnellere und bequemere Arbeitsweise ermöglichen, sondern vor allem während der Prüfung das Verhalten des Prüflings bzw. die Änderung seiner Kennwerte unmittelbar erkennen lassen. Die Anforderungen der Praxis an eine universell anwendbare neuzeitliche Isolierstoff-Meßeinrichtung sind recht hoch und vielseitig. Man will Proben fester und flüssiger Dielektrika, die Isolationsgüte von Transformatoren, Maschinen, Durchführungen, Isolatoren, Kabeln und auch Kondensatoren jeder Art messen können, wobei manche Prüflinge einpolig fest geerdet bleiben müssen. Der Bereich der Prüfspannung erstreckt sich von einigen Volt bis zu mehreren 100 kV. Die Größe der Kapazität kann 1000  $\mu\text{F}$  und mehr (Elektrolytkondensatoren), einige 100  $\mu\text{F}$  (große Ölkondensatoren) oder wenige pF mit einem Verlustfaktor von  $10^{-3}$  bis 1,0 betragen. Die Prüflingsströme schwanken in entsprechenden Grenzen zwischen einigen  $\mu\text{A}$  bis 100 A und mehr. Dabei wird oft eine Meßtoleranz der Kapazität von  $\pm 0,1\%$  und des Verlustfaktors von etwa  $10^{-4}$  absolut verlangt.

Die Bedienung der Geräte soll einfach und gegen Überspannung und Überstrom möglichst geschützt sein; die Meßergebnisse sollen sich leicht auswerten lassen. Um diese Bedingungen mit einer einzigen Ausführung erfüllen zu können, sind die Geräte jeweils nur für eine Gebrauchsfrequenz, normal 50 Hz, gebaut. Im folgenden werden Prinzip, Aufbau und Eigenschaften einer neuen Universalbrücke mit Registriereinrichtung und Zusatzgeräten beschrieben.

### 2. Das Meßprinzip der Universalbrücke

Grundsätzlich wird nach Bild 1 der Strom  $I_2$  des Prüflings, dargestellt durch die Kapazität  $C_2$  und den Verlustwert  $G_2$ , mit dem Strom  $I_1$  eines Normals ( $C_1, G_1$ )

über die Meßwiderstände  $r_2$  und  $r_1$  verglichen. Während bei der bekannten Schering-Brücke eine Reihenschaltung von Kapazität und Verlustwiderstand vorausgesetzt ist, wird hier eine Nebenschaltung von Kapazität  $C$  und Verlustleitwert  $G$  zugrunde gelegt, da dies für den Zweck der Isolierstoffuntersuchung sinnvoller erscheint; denn hierbei interessieren vorwiegend die spannungsabhängigen Eigenschaften. Die im Dielektrikum entwickelte Verlustwärme ist dem Quadrat der Prüfspannung und dem Verlustleitwert  $G$  verhältnismäßig. Für die Beurteilung der dielektrischen Festigkeit eines Prüflings wird dieser zeitlich gleichbleibender und auch gesteigerter elektrischer Spannungs- oder Temperaturbeanspruchung ausgesetzt, wobei man aus dem Verhalten des Verlustfaktors  $\text{tg } \delta = G : \omega C$  entsprechende Schlüsse ziehen kann. Da der Verlustfaktor aber auch von einer Kapazitätsänderung mit beeinflußt wird, erscheint es zweckmäßiger, den Gang der Meßgrößen  $G$  und  $C$  zu beobachten oder besser zu registrieren, da das Verhalten des Verlustwertes  $G$  ein eindeutigeres Kennzeichen für die Güte oder den Beanspruchungsgrad des Isolierstoffes als  $\text{tg } \delta$  liefert. Andererseits behält natürlich der Verlustfaktor die große Bedeutung eines Vergleichsmaßes für verschiedene Isolierstoffe. Die beiden an sich gleichwertigen Ersatzschaltungen unterscheiden sich bei größerem  $\text{tg } \delta$  in ihren  $C$ -Meßwerten  $C_R$  (Reihenschaltung) und  $C_N$  (Nebenschaltung) dadurch, daß  $C_R : C_N = 1 + \text{tg}^2 \delta$  ist, was bei Vergleichsmessungen beachtet werden muß.

### 3. Das Meßverfahren für zweipolig isolierbare Prüflinge

Die Diagonale  $DE$  der vom Wandler  $T$  mit der Spannung  $U_B$  gespeisten Brückenschaltung, die normalerweise sonst nur den Nullanzeiger  $N_0$  enthält, ist bei der Schaltung nach Bild 1 auch nach erfolgtem Abgleich ( $U_0 = 0$ ) im allgemeinen nicht spannungslos. Dem Meßwiderstand  $r_1$  ist nämlich ein Stromkreis nebengeschaltet, dessen Strom  $i_1$  die Kompensatoren  $K_\beta, K_\gamma, K_\delta$  speist. Diese liefern die Kompensationsspannungen  $U_\beta, U_\gamma, U_\delta$ , die den Einstellgrößen  $\beta, \gamma, \delta$  der Kompensatoren und der Zweigspannung  $U_1$  verhältnismäßig sind. Zwischen  $D$  und  $E$  liegt der Ausgang von  $K_\delta$  (Spannung  $U_\delta$ ) und der Eingang (Spannung  $U_\Delta$ ) eines Übersetzers  $W_m$  mit dem Übersetzungsverhältnis  $m \leq 1$ . Es ist also:

$$U_1 + U_\delta + U_\Delta = U_2. \quad (1)$$

Die Ausgangsspannung  $m U_\Delta$  von  $W_m$  wird mittels der von  $K_\beta$  und  $K_\gamma$  gelieferten und in Reihe liegenden Spannungen  $U_\beta$  und  $U_\gamma$  über den Nullanzeiger  $N_0$  verglichen; für  $U_0 = 0$  ist demnach

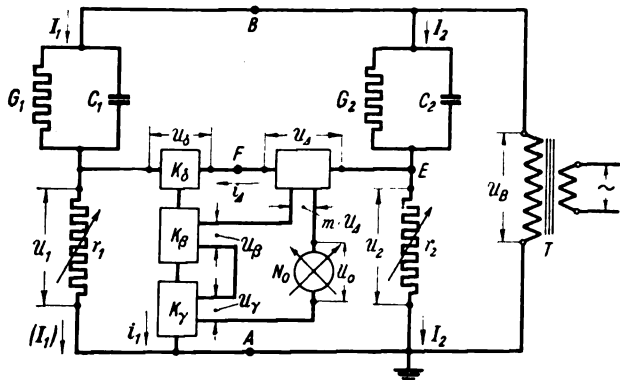
$$U_\Delta = \frac{1}{m} (U_\beta + U_\gamma). \quad (2)$$



Nach Bild 1 ist weiter:

$$U_1 = \Im_1 r_1 \text{ und } U_2 = \Im_2 r_2, \quad (3)$$

wenn  $i_1 \ll I_1$  und bei  $U_0 = 0$  auch der Diagonalstrom über Punkt  $F$ , nämlich  $i_\Delta$ , Null wird. Der Übersetzer bzw. Wandler muß also einen gegen den Widerstand des



$C_1, G_1$  Normal  
 $C_2, G_2$  Prüfling  
 $r_1$  und  $r_2$  Meßwiderstände  
 $K_\beta, K_\gamma, K_\delta$  Kompensatoren  
 $W_m$  idealer Übersetzer mit Übersetzungsverhältnis  $m$   
 $N_0$  Vibrationsgalvanometer  
 $i_1 \ll I_1$

Bild 1. Meßschaltung für zweipolig isolierbare Prüflinge.

Kreis  $FDAE$  genügend hohen Leerlaufwiderstand auf seiner Eingangsseite besitzen. Außerdem legen wir noch folgende Bedingungen fest:

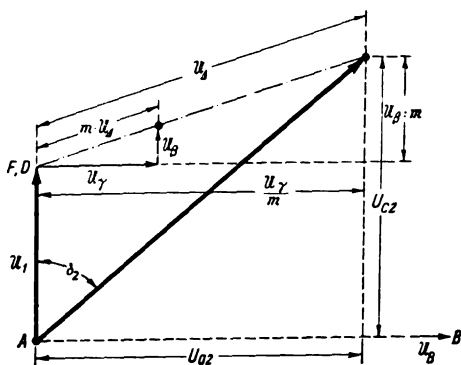
$$\left. \begin{aligned} U_\beta &= \beta U_1 \text{ und } U_\beta \text{ in Phase mit } U_1 \\ U_\gamma &= \gamma U_1 \text{ „ } U_\gamma \text{ 90}^\circ \text{ nacheilend gegen } U_1 \\ U_\delta &= \delta U_1 \text{ „ } U_\delta \text{ 90}^\circ \text{ „ „ } U_1. \end{aligned} \right\} (4)$$

Der einfacheren Ableitung wegen setzt man nun voraus, daß die Ströme  $I_1$  und  $I_2$  nicht von  $U_1$  und  $U_2$ , sondern nur von der Speisespannung  $U_B$  abhängen, d. h.

$$U_{BD} \gg U_{DA} \text{ und } U_{BE} \gg U_{EA} \quad (5)$$

und nimmt der Einfachheit halber an, das Normal sei verlustfrei, d. h.

$$G_1 = 0 \text{ und damit } \delta_1 = 0. \quad (6)$$



Punkte  $A, D, F, E$  entsprechen Bild 1. Normal ist verlustfrei Teilspannungen  $U_1$  und  $U_2 \ll U_B$

Bild 2. Vereinfachtes Diagramm der Meßschaltung Bild 1.

Nach Bild 2 kann man sich nach Gl. (5) die Spannung  $U_2$  auf  $r_2$  aus den aufeinander senkrecht stehenden Komponenten  $U_{C_2}$  vom Strom über  $C_2$  und  $U_{G_2}$  vom Strom über  $G_2$  hervorgerufen denken, deren geometrische Summe dann  $U_2$  ergibt, während  $U_1$  vom Strom über  $C_1$  herrührt. Es ist also:

$$U_1 = U_B \omega C_1 r_1; \quad U_{C_2} = U_B \omega C_2 r_2; \quad U_{G_2} = U_B G_2 r_2. \quad (7)$$

Aus Bild 2, für  $U_0 = 0$  gezeichnet, ist direkt abzulesen:

$$U_1 + U_\beta : m = U_{C_2}; \quad U_\gamma : m = U_{G_2}. \quad (8)$$

Aus den Beziehungen (7) und (8) folgen die Gleichungen für die Meßwerte:

$$\left. \begin{aligned} \text{a. } C_2 &= C_{20} (1 + \Delta C_2) = C_1 \frac{r_1}{r_2} \left[ 1 + \frac{\beta}{m} \right] \\ &= C_1 \alpha \frac{r_{10}}{r_2} \left[ 1 + \frac{\beta}{m} \right] \\ \text{b. } G_2 &= \omega C_1 \frac{r_1}{r_2} \left[ \frac{\gamma}{m} \right] = \omega C_1 \alpha \frac{r_{10}}{r_2} \left[ \frac{\gamma}{m} \right] \\ \text{c. } \text{tg } \delta_2 &= G_2 : (\omega C_2) = \frac{\gamma}{m} \text{ bei } \beta = 0 \\ \text{d. } \text{tg } \delta_{20} &= G_2 : (\omega C_{20}) = \frac{\gamma}{m}. \end{aligned} \right\} (9)$$

In der Gl. (9) ist  $C_2$  aufgeteilt in  $C_{20}$  und die Änderung  $\Delta C_2$  von  $C_{20}$ , d. h.  $C_2 = C_{20} + \Delta C_2$ . Ferner ist  $r_1 = \alpha r_{10}$  gesetzt, wobei  $\alpha$  der eingestellte und ablesbare Bruchteil von  $r_{10}$  ist.

Die Bereiche der stetig regelbaren Einstellgrößen  $\alpha, \beta, \gamma$  und der stufig regelbaren ( $r_{10} : r_2$ ),  $m$  sind folgende:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 0 \text{ bis } 1,111; \quad r_{10} = 2000 \Omega \\ \beta &= -0,005 \text{ bis } +0,005; \text{ Skala } -0,5 \text{ bis } +0,5\% \\ &\text{ in } 100 \text{ Teilen} \\ \gamma &= 0 \text{ bis } 0,01; \text{ Skala: } 1\% \text{ in } 100 \text{ Teilen} \\ r_{10} : r_2 &= 1; 2; 2,5; 4; 5; 10; 20 \text{ bis } 20000 \\ 1/m &= 1; 2; 5; 10; 20; 100. \end{aligned} \right\} (10)$$

#### 4. Durchführung der Messung, Fehlergrenzen und Einfluß des Normals

**Meßvorgang.** Beim Meßvorgang wird zunächst die Brücke mittels  $\alpha$  und  $\gamma$  bei  $\beta = 0$  abgeglichen, wonach  $C_{20} = C_1 \alpha (r_{10} : r_2)$  und  $\text{tg } \delta_2 = \gamma : m$  abgelesen werden. Dann wird bei veränderten Prüfbedingungen  $\alpha$  unverändert gelassen und mittels  $\beta$  und  $\gamma$  weiter abgeglichen, wobei  $\Delta C_2 = \beta : m$  und  $\text{tg } \delta_{20} = \gamma : m$  beobachtet werden können.  $\text{tg } \delta_{20}$  ist der auf die Ausgangsgröße  $C_{20}$  bezogene Verlustfaktor, dessen Änderung der Änderung des Verlustwertes  $G_2$  verhältnismäßig ist. Eine sehr einfache Berechnung der Meßwerte  $C_{20}, \Delta C_2, \text{tg } \delta_2, \text{tg } \delta_{20}$  ist dadurch ermöglicht, daß stets  $C_1 (r_{10} : r_2)$  sowie  $1 : m$  gleich 1- oder 2- oder 5mal einer Zehnerpotenz gewählt werden kann, wenn der Zahlenwert von  $C_1$  auch diese Größeneigenschaft besitzt, z. B. 100, 2000 oder 50000 pF.

Bei einem nutzbaren Bereich von  $\alpha = 0,05$  bis 1 und dem oben angegebenen Bereich von  $r_{10} : r_2$  beträgt also der Kapazitätsmeßbereich 1 : 400 000 für ein einziges Normal  $C_1$ ; der Meßbereich für  $\text{tg } \delta$  und  $\Delta C$  ist unabhängig von  $C$  zwischen 1 und 100% nach (10) wählbar.

**Fehlergrenzen<sup>1)</sup> des Meßverfahrens.** Die Meßwertgleichungen (9) wurden unter der Bedingung (5) abgeleitet, die um so weniger erfüllt ist, je größer  $C_1$  und  $C_2$  gewählt werden. Die hierdurch entstehenden Meßfehler sind verhältnismäßig  $\varphi_1 = r_1 \omega C_1$ . Näherungsweise wird bei  $\Delta C_2 = 0$   $C_2$  und  $G_2$  um  $f_\alpha = \varphi_1 \cdot \text{tg } \delta_2$  zu klein,  $\text{tg } \delta_2$  also richtig gemessen. Bei konstantem Wert  $r_1$  bzw.  $\alpha$ , d. h. beim Abgleich mit den Einstellungen  $\beta$  und  $\gamma$  (Registrierung), wird  $\Delta C_2$  um  $f_\alpha$  zu klein und  $\text{tg } \delta_{20}$  um  $f_\gamma = \varphi_1 [1 + \Delta C_2] \cdot [\Delta C_2 / \text{tg } \delta_{20}]$  zu groß bestimmt. Damit  $f_\gamma$  nicht unzulässig groß wird, soll  $\beta : \gamma$  kleiner als 0,5 bleiben, andernfalls müssen  $\alpha$  und  $C_1$  entsprechend klein gewählt werden;  $C_1$  soll nicht größer als 0,05  $\mu\text{F}$  sein.

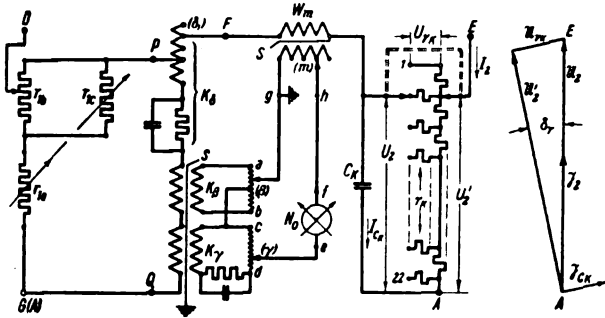
Der Normalkondensator und sein Verlustwinkel. Die Meßgenauigkeit ist natürlich von

<sup>1)</sup> Eine genaue theoretische Ableitung befindet sich in H. Polek. Eine neue Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücke für Niederfrequenz mit Hand- und Selbstabgleich. Wiss. Veröff. Siemens-Werk 18 (1939) H. 2, S. 9 (mit Schritttum).

der Güte des gewählten Normals abhängig. Für Prüfspannungen über 20 kV werden Preßgaskondensatoren ( $\delta_1 < 10^{-4}$ ) empfohlen, unter 20 kV werden Glimmerkondensatoren, z. B. 2000 pF ( $\delta_1 = 1$  bis  $3 \cdot 10^{-4}$ ), oder unter 2 kV auch Styroflexkondensatoren, z. B. 50 000 pF ( $\delta_1 < 10^{-4}$ ) verwendet. Um auch Normale mit höherem Verlustwinkel benutzen zu können, kann dessen Einfluß durch die Einstellung  $\delta_1$  (in 12 Stufen von 0 bis  $12 \cdot 10^{-4}$ ) von  $K_\delta$  [Bild 1 und Gl. (4)] beseitigt werden.

5. Die innere Meßschaltung und der Selbstabgleich

Der Schaltungsaufbau der Meßbrücke ist aus Bild 3 ersichtlich. Der Meßwiderstand  $r_1 = \alpha \cdot r_{10}$  mit  $r_{10} = 2000 \Omega$  und einer  $\alpha$ -Ablesung von 0 bis 1,111 be-



Punkte A, D, F, E entsprechen Bild 1

Bild 3. Schaltungsaufbau der Meßbrücke

steht aus 4 Dekaden:  $10 \cdot 200 \Omega$  als Vorwiderstand  $r_{1a}$ ,  $10 \cdot 20 \Omega + 10 \cdot 2 \Omega + 0$  bis  $2 \Omega$  stetig als Stromteiler  $r_{1b}$ ; gemeinsam mit  $r_{1a}$  wird der Nebenschluß  $r_{1c}$  zu  $r_{1b}$  verstellt. Die Widerstandsstufen von  $r_{1a}$  und  $r_{1c}$  steigen mit wachsendem  $r_{1a}$  etwas an, da der Widerstand zwischen P und Q  $100\,000 \Omega$  (winkel frei) beträgt. Der Spannungsunterschied zwischen AD und AP ist höchstens  $2,2 \text{‰}$ , was im Prinzip einer ( $\beta : m$ )-Einstellung von  $2,2 \cdot 10^{-3}$  entspricht und einen Fehler im Verlustfaktor  $f_\gamma$  (s. voriger Abschnitt) von höchstens  $0,8 \cdot 10^{-4}$  absolut bei  $C_1 = 0,05 \mu\text{F}$  und  $\alpha = 1$  verursachen kann. Der Meßwiderstand  $r_2$  zwischen A und E besitzt 22 Stufen der Nennwerte 0,1 bis  $2000 \Omega$ , die infolge der sehr verschiedenen Belastbarkeit —  $2000 \Omega$  bis 0,03 A und  $0,1 \Omega$  bis 30 A — eine sehr unterschiedliche Bauart aufweisen. Je kleiner der Widerstand ist, desto „induktiver“ wird sein Fehlwinkel  $\delta_r$ . Mittels der Zusatzwiderstände  $r_k$  zwischen den Kontakten jeder Stufe des doppelpoligen Schalters und des Kondensators  $C_k$  wird nach dem rechts stehenden Diagramm in Bild 3 jede Stufe in bezug auf die benutzte Vergleichsspannung  $U_2$  winkelfrei justiert. Zwischen A und E liegt ein induktiver Leitwert ( $r_3, L_3$  im Bild 4), der  $\mathfrak{S}_{C_k}$  auf Stufe 1 kompensiert, weshalb hier  $r_k = 0$  ist; daher können für höhere Ströme als 30 A an A und E bei Stellung 1 äußere winkelfreie Nebenschlüsse angeschlossen werden. Die Kompensatoren  $K_\delta, K_\beta, K_\gamma$  enthalten Wandler aus hochpermeablem Nichteisen; die Kerne von  $K_\delta$  und  $K_\gamma$  besitzen einen Luftspalt und wirken als Drossel. Zwischen a—b und c—d liegen die Spannungsteiler (Raupenwicklung) zur stetigen Einstellung von  $\beta$  und  $\gamma$ . Der Übersetzer  $W_m$  ist auch ein Nichteisen-Wandler mit sehr kleinem Magnetisierungsstrom und besitzt auf der Kompensatorseite 6 Anzapfungen für die  $m$ -Einstellung. Zwischen e und f liegt das Vibrationsgalvanometer  $N_0$ , dessen Anzeigeempfindlichkeit etwa 5 mm für  $1 \mu\text{A}$  bei  $7 \Omega$  Eigenwiderstand beträgt, der zwecks Anpassung mittels eines nicht eingezeichneten Wandlers abhängig von  $m$  entsprechend übersetzt wird.

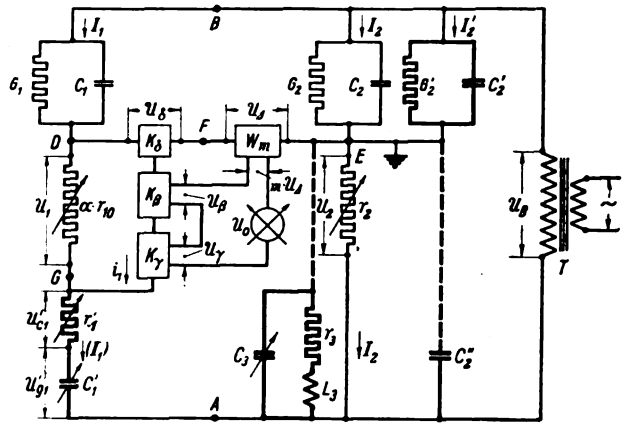
Beim Selbstabgleich sind die Spannungsteiler ab und cd der Brücke durch 2 gleichartige in 2 Schreibern

ersetzt, deren Schreibfedern die Einstellungen  $\beta$  für  $\Delta C_2$  und  $\gamma$  für  $\text{tg } \delta_{20}$  aufzeichnen. Die mit den Schreibfedern mechanisch gekuppelten Spannungsteiler werden von „Nullmotoren“ (Induktionszähler systemen)<sup>2)</sup> über einen Verstärker selbsttätig geregelt, dessen Eingang an den Punkten e und f (Bild 3) angeschlossen ist.

Der besondere Vorteil der ganzen Anordnung besteht darin, daß der Nullindikatorkreis auf Erdpotential (g) gebracht und die kapazitive Kopplung durch statische Schirme — angedeutet durch S auf Bild 3 — eindeutig festgelegt werden kann. Die Frequenzabhängigkeit macht sich praktisch nur bei der Verlustfaktoreinstellung ( $\gamma$ ) dadurch bemerkbar, daß diese z. B. bei einer Frequenzänderung  $\Delta f = + 1 \%$  um 1 % kleiner ist. Auf beste statische und auch magnetische Schirmung der ganzen Meßschaltung wurde besondere Sorgfalt verwendet.

6. Die Messung einpolig geerdeter Prüflinge

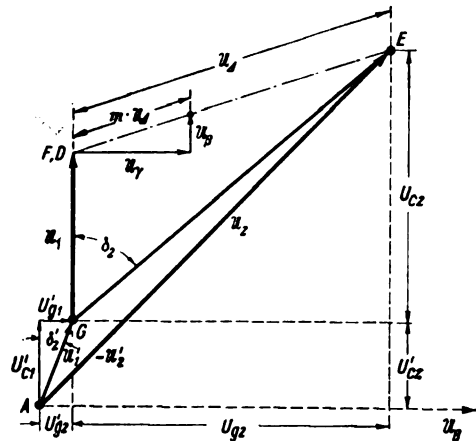
Ist der Prüfling einpolig geerdet, so ist der Diagonalepunkt E (Bild 4) der Brücke damit auch geerdet. Hierbei liegt die durch  $G'_2$  verlustbehaftete Kapazität  $C'_2$  der



Punkte A, B, D, F, E entsprechen Bild 1. Zusätze zu Bild 1 besonders hervorgehoben

$r'_1, C'_1$  Meßzusatz für geerdete Prüflinge  
 $r_3, L_3, C_3$  Kapazitätsausgleich

Bild 4. Meßschaltung für einpolig geerdete Prüflinge.



Punkte A, D, F, G, E entsprechen Bild 4

Tellspannungen  $U_1$  und  $U_2 \ll U_R$

Bild 5. Diagramm der Meßschaltung Bild 4

Oberspannungsseite des Brückenwandlers T parallel zum Meßobjekt, die Kapazität  $C'_2$  der Unterspannungsseite von T parallel zu  $r_2$ .  $G'_2$  wird nun mittels  $C'_1$  und  $C'_2$

<sup>2)</sup> W. Geyger, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 842.

mittels  $r'_1$  bei  $\alpha = 0$  und abgeschaltetem Prüfling, d. h.  $G_2$  und  $C_2 = 0$ , vorabgeglichen. Es ist nach Bild 5:  $U'_{C_1} = I_1 \cdot r'_1$  und  $U'_{G_1} = I_1 \cdot (1 : \omega C'_1)$ , deren geometrische Summe  $U'_1$  beim Vorabgleich gleich  $U'_2$  auf  $r_2$  mit den von  $C'_2$  und  $G'_2$  herrührenden Komponenten  $U'_{C_2}$  und  $U'_{G_2}$  sein muß. Nunmehr wird der Prüfling zugeschaltet, wobei sich  $U_2$  an Stelle von  $U'_2$  einstellt, und der Hauptabgleich mittels  $\alpha, \beta, \gamma$  vorgenommen; das Dreieck  $GDE$  ist dann das gleiche wie  $ADE$  auf Bild 2.

Außerdem muß noch der Einfluß von  $C''_2$  beseitigt werden, der einen Fehlwinkel von  $r_2$  zur Folge hätte. Als „Kapazitätsausgleich“ ist hier für die in der Brücke enthaltene Kombination der Größen  $r_2, L_3, C_3$  vorgesehen, von denen  $C_3$  in drei Stufen je 2000 pF und einer stetig regelbaren Stufe von 0 bis 2000 pF, d. h. von 0 bis 8000 pF, eingestellt werden kann. Der konstante induktive Blindleitwert der Reihenschaltung von  $r_2$  und  $L_3$  wird nun durch den kapazitiven Blindleitwert  $\omega (C''_2 + C_3)$  auf die Weise kompensiert, daß  $C_3$  so lange geändert wird, bis bei zwei verschiedenen Stufen von  $r_2$  und  $\alpha$  die gleiche  $\gamma$ -Einstellung vorhanden ist. Dieser Abgleich konvergiert schnell, wenn man beim kleineren  $r_2$ -Wert  $\gamma$ , beim größeren  $C_3$  verstellt; der ermittelte  $C_3$ -Wert gilt dann für den benutzten Transformator  $T$  und

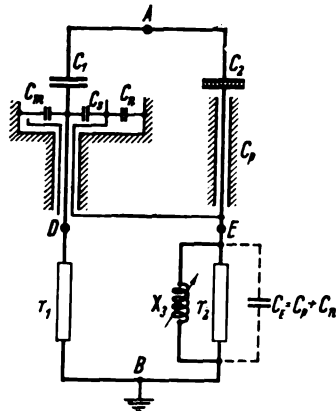


Bild 6. Teilkapazitäten der äußeren Meßschaltung.

$C_1$  mit einem doppelt geschirmten Kabel angeschlossen, dessen Teilkapazität zwischen Ader und Innenschirm  $C_B$  und zwischen beiden Schirmen  $C_n$  sein möge. Durch die

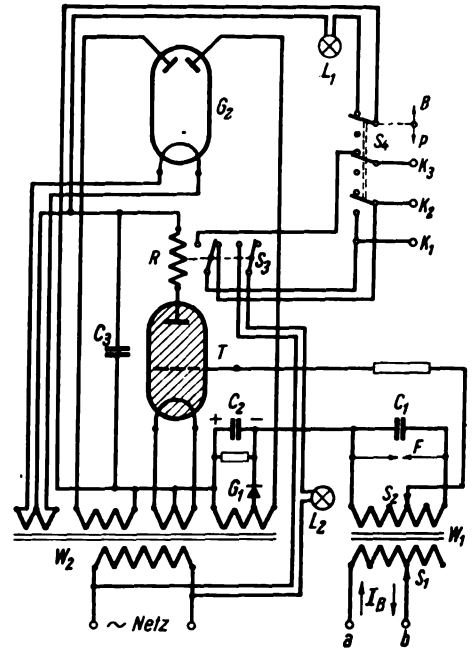


Bild 7. Überstromschutzschaltung für die Meßbrücke.

die Weise kompensiert, daß  $C_3$  so lange geändert wird, bis bei zwei verschiedenen Stufen von  $r_2$  und  $\alpha$  die gleiche  $\gamma$ -Einstellung vorhanden ist. Dieser Abgleich konvergiert schnell, wenn man beim kleineren  $r_2$ -Wert  $\gamma$ , beim größeren  $C_3$  verstellt; der ermittelte  $C_3$ -Wert gilt dann für den benutzten Transformator  $T$  und

Doppelschirmung, die auch innerhalb der Brücke durchgeführt ist, werden Teilkapazitäten parallel zu  $r_1$  dadurch vermieden, daß diese in zwei Größen zwischen den Diagonalepunkten  $D$  und  $E$  (z. B.  $C_S$ ) und zwischen  $E$  und Ende aufgeteilt sind. Die zusätzliche Kapazität zwischen  $D$  und  $E$  hat praktisch keinen Einfluß, und  $C_E$  zwischen

1. Reihe. Anschlüsse für Galvanometerbeleuchtung, Nebenschlüsse (über 30 A), Prüfling, Normal, Erde, Brückenpunkt  $A$ , Scheitelspannungsschreiber.
2. Reihe. Lichtschutzkappe, Scheitelspannungsmesser mit 5 Meßbereichen (Gleichrichterinstrument in Serie mit Normal), Umschalter für Spannungsschreiber, Kapazitätsausgleich ( $C_3$ ).
3. Reihe. Umschalter für Hilfsverstärker, Empfindlichkeitsregler für das Galvanometer, Umschalter für Registrierung,  $\Delta C$ -Abgleich,  $\text{tg } \delta$ -Abgleich, dazwischen zugehörige Meßbereichumschaltung, Normalverlustwinkelausgleich.
4. Reihe. Resonanzregler für das Galvanometer, 4 Dekaden von  $r_1$ , Stufenschalter für  $r_2$ , rechts Anschlüsse für den Meßzusatz für geerdete Prüflinge. In der linken Seitenwand Steckanschlüsse für den Hilfsverstärker und die Registriergeräte.

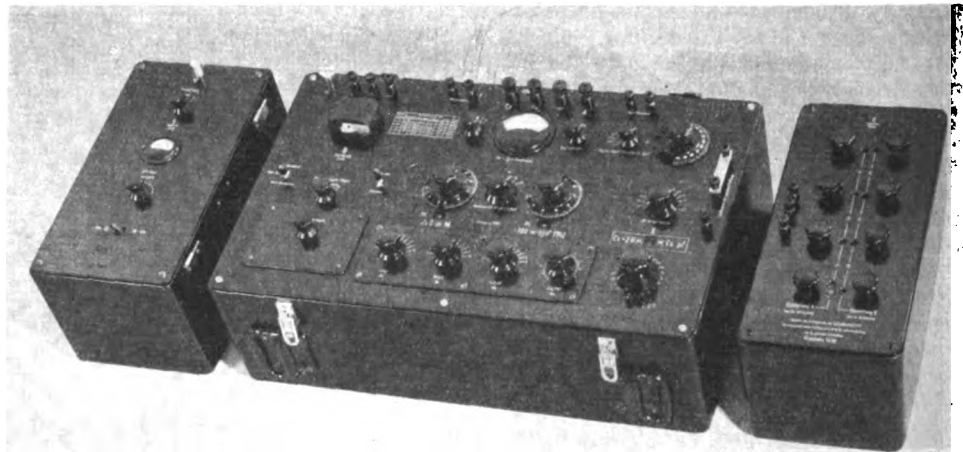


Bild 8. Ansicht der Meßgeräte mit Hilfsverstärker links, Meßzusatz für geerdete Prüflinge rechts, Meßbrücke in der Mitte. Klemmen und Knopf-anordnung der Meßbrücke.

abhängig vom eingestellten  $r_2$ -Wert, während  $r'_1$  und  $C'_1$  von  $r_2$  abhängig ist. Die tatsächlichen Widerstandswerte von  $r_2$  sind in Hinblick auf den nebengeschalteten Wirkleitwert von ( $r_2, L_3$ ) etwas höher als die Nennwerte gewählt.

7. Die äußere Meßschaltung

Nach Bild 6 ist der Prüfling  $C_2$  mit einem einfach geschirmten Kabel der Erdkapazität  $C_p$  und das Normal

$E$  und Erde kann mittels der Kombination ( $r_2, L_3, C_3$ ) nach Bild 4 — in der äußeren Meßschaltung durch  $X_3$  angedeutet — kompensiert werden.  $C_m$  zwischen Meßbelag des Normal und Erde soll so klein als möglich sein und muß gegebenenfalls dadurch berücksichtigt werden, daß das Normal einen scheinbaren Verlustwinkel von  $\alpha \cdot r_{10} \cdot \omega C_m$  besitzt. Bei Erdung des Punktes  $E$  wird  $C_E = 0$ .

### 8. Bemerkenswerte Eigenschaften der Geräte

Der Kapazitätsmeßbereich der Brücke beträgt 0,05 bis 20 000mal der Normalkapazität, die Meßempfindlichkeit  $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ , z. B. für eine Prüflings- und Normalkapazität von 100 pF, für Handabgleich bei 10 kV, mit Hilfsverstärker bei 50 V, für Selbstabgleich bei 7,5 kV. Die Meßgenauigkeit beträgt  $\pm 0,1\%$  im Kapazitätswert und  $\pm 1 \cdot 10^{-4}$  im Verlustfaktor bzw.  $\pm 1\%$  vom Meßbereich beim Handabgleich und  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$  bzw.  $\pm 2\%$  beim Selbstabgleich. Die Brücke ist mit Überspannungsableitern für 250 V geschützt. Ein besonderer Überstromschutz (Bild 7) sichert die Meßwiderstände vor Überlastung. Das Vibrationsgalvanometer ist durch den Hilfsverstärker vollkommen geschützt, da dessen Ausgangsstrom auf 1 mA begrenzt ist. Ebenso ist der Verstärkereingang der Registrierung durch einen Glimmlampenschutz gesichert. Die Überstromschutzschaltung wirkt folgendermaßen:

Der Brückenspeisestrom  $I_B$  erzeugt über den Stromwandler  $W_1$  an  $C_1$  eine  $I_B$  entsprechende Spannung  $U_1$  je nach Einstellung von  $S_1$  (grob) und  $S_2$  (fein). Der Netztransformator  $W_2$  heizt den Gleichrichter  $G_2$  und das Stromtor  $T$  und liefert für  $T$  eine durch  $C_3$  geglättete, durch die Prüflampe  $L_1$  angezeigte Anodenspannung und über  $G_1$  und  $C_2$  die negative Vorspannung  $U_2$ . Überschreitet der Scheitel-

wert von  $U_1 + U_2$  am Gitter die Zündspannung, so spricht das Relais  $R$  an. Bei Stellung  $B$  von  $S_4$  und Betätigung von  $S_3$  durch  $R$  wird ein Arbeits- bzw. Ruhestromkreis ( $K_1, K_3$ ) bzw. ( $K_1, K_2$ ) des Schutzschalters für den Brückentransformator geschlossen bzw. geöffnet; gleichzeitig leuchtet  $L_2$ . Die Prüfstellung  $P$  von  $S_4$  dient zur ungefähren Messung von  $I_B$  mit einem Einstellbereich von  $3 \times 9$  Stufen: 0,05 bis 0,45; 0,5 bis 4,5; 5 bis 45 A; dabei ist der Widerstand zwischen  $a$  und  $b$  500; 5; 0,5 m $\Omega$ .

### 9. Ausführung der Meßgeräte

Bild 8 zeigt links den Hilfsverstärker, rechts den Meßzusatz für geerdete Prüflinge und in der Mitte die Meßbrücke selbst in Ansicht. Die verschiedenen Anschlüsse sind durch die in etwa vier Reihen angeordneten Klemmen bzw. Einstellknöpfe übersichtlich zusammengefaßt.

### 10. Zusammenfassung

Es wurde eine vollständige Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßeinrichtung entwickelt, die aus einer Meßbrücke mit Zusatzgeräten, wie einem Empfindlichkeitsverstärker, einem Meßzusatz für geerdete Prüflinge, einem Überlastungsschutz und einer Registriereinrichtung besteht; die Einzelgeräte können in einen Meßtisch eingebaut werden.

## Die elektronischen Bildzerlegerröhren<sup>1)</sup>

DK 621.397.611.2

Bereits im Jahre 1908 wurde von Campbell Swinton der erste Vorschlag für die Aufteilung, d. h. Zerlegung, eines Bildfeldes mittels eines Elektronenstrahles gemacht. Swinton empfahl, das zu sendende Bild auf einem Mosaik von Photozellen zu entwerfen und die sich entsprechend der Bildhelligkeit aufladenden Mosaiklemente mittels eines Abtastelektronenstrahls zu entladen. Jedoch erst im Jahre 1926 versuchte er, den Gedanken in die Tat umzusetzen, wobei er Selen für das lichtempfindliche Mosaik verwendete. In diese Zeit fällt auch eine größere Anzahl weiterer Vorschläge für Bildgeberröhren.

Zworykin hat als erster eine solche Speicherzerlegerröhre praktisch durchgebildet. Über diese Ergebnisse berichtete er erstmalig 1933. Hierbei gab er auch die mit diesen Bildzerlegern theoretisch erreichbaren Werte an. Wenn auch bei den ersten Versuchsröhren nur ein geringer Bruchteil der theoretisch erreichbaren Empfindlichkeit erzielt wurde, so gaben die Röhren dennoch die Möglichkeit, erstmalig Außen- und Innenaufnahmen mit genügender Bildauflösung durchzuführen.

Etwa im Jahre 1932 begann die Firma der beiden Verfasser ebenfalls mit der Entwicklung einer Bildgeberröhre, die das Prinzip der lichtelektrischen Speicherung verwirklichte. Die ersten Versuchsröhren enthielten eine Aluminiumplatte, die durch elektrolytische Oxydation mit einer dünnen Schicht von Aluminiumoxyd überzogen und auf der ein Mosaik von Silberteilchen durch Verdampfung niedergeschlagen war. Dazu war unmittelbar vor der Aluminiumplatte ein feinmaschiges Netz angeordnet. Die Silberteilchen waren in der bekannten Weise lichtempfindlich gemacht. Bei der Projektion eines Bildes auf dieses Mosaik und Abtastung mittels eines Elektronenstrahles erhielt man Signale, die nach entsprechender Verstärkung auf dem Schirm einer Braunschen Röhre das vorher zerlegte Bild entstehen ließen.

Eine solche Emitron genannte Röhre ist folgendermaßen aufgebaut: Eine Kugel aus Pyrexglas von ungefähr 20 cm Dmr. ist mit einem Ansatzrohr versehen, das das Elektronenstrahl-Erzeugungssystem enthält. Das Photozellenmosaik ist so angeordnet, daß das zu sendende Bild senkrecht auffällt und der Elektronenstrahl unter einem Winkel von etwa  $30^\circ$  in der bekannten Weise zeilenweise abtastet. Das Mosaik befindet sich auf der einen Seite einer Glimmerplatte von 0,02 bis 0,03 mm

Dicke und etwa  $10 \times 12 \text{ cm}^2$  Fläche. Auf der anderen Glimmerseite ist eine homogene Metallschicht aufgebracht, die mit dem Mosaik einen Kondensator bildet. Diese Glimmerplatte wird von einer zweiten kreisförmigen Glimmerplatte getragen, die sich eng an die Röhrenwand anschließt.

Das Abtast-Elektronenstrahlensystem arbeitet mit elektrostatischer Bündelung der Elektronen und magnetischer Ablenkung. Der Strahldurchmesser in der Ebene des Mosaiks beträgt höchstens 0,2 mm. Für den Fall, daß die Tiefenschärfe des Strahls beim schrägen Auftreffen auf die Mosaikplatte nicht ausreicht, ist eine Zusatzelektrode vorgesehen, die synchron mit dem Abtaststrahl den Brennpunkt verschiebt. Der Strahlstrom hat einen Wert von 0,1 bis  $0,5 \mu\text{A}$ . Bei diesen geringen Strömen, die durch entsprechend enge Blenden gehen, ist ein außerordentlich dünner Strahl und damit eine große Tiefenschärfe erreichbar, im Gegensatz zu den Anordnungen in den Braunschen Oszillographenröhren. Es ist weiterhin außerordentlich wichtig, daß die den Strahl umgebenden langsamen Sekundärelektronen durch Zusatzblenden ausgeblendet werden, um unerwünschte Bildstörungen auf dem Mosaik zu vermeiden.

Besonderer Wert wurde darauf gelegt, die Mosaikplatte erschütterungsfrei in dem Rohr anzubringen. In sehr anschaulicher Weise wird der Herstellungsprozeß für das Mosaik an Hand von photographischen Aufnahmen gezeigt. Man sieht, wie eine homogene Silberschicht zunächst aufreißt und dabei einzelne Löcher erhält. Beim langsamen Erhitzen auf etwa  $700^\circ$  vergrößern sich die Löcher, und es entstehen schlangenförmige Teile, die schließlich ganz aufbrechen, so daß nur noch mehr oder weniger runde Metallinseln übrig bleiben.

Über die Wirkungsweise dieser speichernden Bildzerleger wird folgendes berichtet: Wenn man eine Metallfläche oder eine lichtelektrische Schicht, wie sie meist in den Bildgeberröhren als Mosaik zur Anwendung kommt, mit Elektronen beschießt, verläuft der Sekundäremissionsfaktor in Abhängigkeit von der Elektronengeschwindigkeit folgendermaßen: Für Elektronen kleiner Geschwindigkeiten (bis etwa 100 V) bleibt er unter 1, um bei größeren Elektronengeschwindigkeiten anzusteigen und bei rd. 400 bis 500 V sein Maximum zu erreichen. Erst bei größeren Strahlgeschwindigkeiten von etwa 2000 V sinkt er auf 1 zurück, um bei weiterer Erhöhung der Strahlgeschwindigkeit wieder darunter zu fallen.

<sup>1)</sup> J. D. McGee und H. G. Lubszynski J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 468; 7 S., 6 B.

Die oben beschriebenen Röhren arbeiten mit einer Elektronengeschwindigkeit von etwa 1000 V, so daß sich ein Sekundäremissionsfaktor, der wesentlich größer als 1 ist, ergibt. Unter diesen Umständen läßt sich das beschossene Teilchen je nach Größe des Strahlstromes etwas positiver, gleich oder etwas negativer als das Potential der letzten Beschleunigungselektrode auf. Dieses Potential hängt außerdem noch von den geometrischen Bedingungen ab und wird mit  $-1,5$  V gegenüber der Absaugelektrode angegeben.

Im Augenblick des Auftreffens des Strahls auf das Element läßt sich dieses entsprechend der Austrittsgeschwindigkeit der Sekundärelektronen auf einen positiven Wert von etwa 3 V auf. Nach dieser Aufladung geht der Überschuss an Sekundärelektronen zum großen Teil zu den Nachbarlementen, denn es können im Mittel nur so viel Elektronen zur Absaugelektrode gelangen, wie Primärelektronen auf das Element geschossen werden. Wenn aber der Strahl das Element verläßt, sinkt sein Potential durch die Sekundärelektronen, die an anderen Stellen ausgelöst werden, im Verlauf der Bildwechselzeit auf den angegebenen Gleichgewichtswert ab. Außerdem gelangen zu dem positiv aufgeladenen Element Photoelektronen der unmittelbar benachbarten, noch nicht abgetasteten Elemente. Für kurze Zeit fließt dann infolge der großen Feldstärke ein Sättigungsstrom, der einen wesentlichen Anteil an dem Wirkungsgrad des Bildzerlegers ausmacht.

Die Vortragenden vertreten die Ansicht, daß auf Grund dieser von Zworykin „line sensitivity“ genannten Erscheinung besonders die hohe Wirksamkeit des Bildzerlegers beruht. Die Gesamtempfindlichkeit, d. h. der Teil des Signals, welcher der Speicherung über die gesamte Bildabstastzeit entspricht, ist im Verhältnis zu dem oben genannten Signal klein, wie aus der folgenden Beobachtung hervorgeht: Wenn ein Gegenstand schnell über das Bild auf und ab bewegt wird, erscheint der Gegenstand auf dem Empfangsbild als eine Reihe von scharfen Einzelbildern, zwischen denen jeweils ein schwaches Bild auftritt. Das kommt daher, daß die Empfindlichkeit unmittelbar vor dem Abtaststrahl am größten ist, weil dort die Photoelektronen wegen des großen Potentialunterschiedes gegen die vom Strahl getroffenen Mosaikteilchen am stärksten abgesaugt werden. Daher benötigt man auch bei der Abtastung eines Filmes, der kontinuierlich über das Mosaik läuft, erheblich weniger Licht, als wenn Einzelbilder in den Abtastintervallen auf das Mosaik geworfen werden und der Strahlstrom während dieser Zeit zu Null gemacht wird. Ebenso erhält man einen wesentlich stärkeren Bildstrom für kurze Zeit, wenn man plötzlich das Potential der Absaugelektrode positiv gegen die Signalplatte macht. Allmählich stellt sich jedoch ein neuer Gleichgewichtszustand ein.

Die neueste Entwicklung auf dem Gebiet der speichernden Bildzerleger zeigt das sog. Super-Emitron, über das im einzelnen berichtet wird. Bekanntlich ist der Wirkungsgrad des normalen Emitrons verhältnismäßig gering und beträgt etwa 5 %. Dies liegt vor allen Dingen daran, daß die Sättigung der Photoemission nur einen ganz geringen Bruchteil der Bilddauer anhält. Außerdem

wird auch durch die Verteilung der vom Strahl ausgelösten Sekundärelektronen auf die übrigen Mosaik-elemente ein Teil der gespeicherten Ladung neutralisiert. Durch diese Verteilung, die über die Platte ungleichmäßig ist, entsteht außerdem das bekannte Störsignal.

Um die beiden Funktionen der Photoemission und Ladungsspeicherung zu trennen und damit den Wirkungsgrad des Emitrons zu steigern, wird eine Anordnung getroffen, bei der das optische Bild nicht unmittelbar auf das Mosaik projiziert wird, sondern zunächst auf eine durchsichtige Photokathode. Das Lichtbild auf dieser Photokathode wird elektronenoptisch auf das abzutastende Mosaik abgebildet. Die Vorteile dieser Anordnung sind erstens eine Steigerung der Empfindlichkeit der primären Photokathoden, zweitens eine Vergrößerung der Ladung auf dem Mosaik durch Sekundäremission und drittens günstigere optische Bedingungen.

Unter Berücksichtigung des Bedeckungsfaktors erhält man bei dem normalen Emitron eine Empfindlichkeit von etwa  $12 \mu\text{A}/\text{lm}$ . Dagegen erreicht man mit einer homogenen durchsichtigen Photokathode der hier verwendeten Art mehr als das Doppelte. Wenn außerdem der Bedeckungsfaktor des im Super-Emitron verwendeten Mosaiks gegenüber dem im normalen Emitron auf das Doppelte erhöht wird und die optischen Bedingungen günstiger gestaltet werden können, dann erhält man insgesamt eine 10- bis 15fache Steigerung der Signalamplitude. Offenbar günstig ist auch noch der Einfluß der homogenen Austrittsgeschwindigkeit der vom Elektronenbild ausgelösten Sekundärelektronen gegenüber Photoelektronen beim normalen Emitron. Hierdurch wird ein wesentlich größerer Teil der auf dem Mosaik ausgelösten Elektronen zur Absaugelektrode geführt.

Der Aufsatz gibt weiterhin Einzelheiten über den Aufbau des Super-Emitrons. Die durchsichtige Photokathode hat einen Durchmesser von ungefähr 60 mm; die elektronenoptische Abbildung erfolgt mittels einer eisengekapselten Magnetspule. Die durch die Spule hervorgerufene Bildrotation wird durch entsprechende Drehung des Gesamtrohres ausgeglichen. Die elektronenoptische Vergrößerung beträgt etwa das Vierfache. Damit wird auch das optische Bild auf der Photokathode kleiner als das Lichtbild unmittelbar auf dem Mosaik des Emitrons, so daß Linsen kürzerer Brennweite benutzt werden können und sich eine größere Tiefenschärfe ergibt. Besondere Sorgfalt muß aber auf die magnetische Abschirmung verwendet werden, damit keine Beeinflussung des Ablenkfeldes durch das Feld der Konzentrationsspule eintritt. Zum Schluß ist noch auf einige Abarten dieser Röhre hingewiesen, insbesondere auf die Möglichkeit der Verwendung von Elektronen anderer Geschwindigkeiten sowohl beim Abtaststrahl als auch beim Elektronenbild. Der Sekundäremissionsfaktor nimmt infolgedessen andere Werte an, und es ergeben sich andere Verhältnisse hinsichtlich Höhe und Richtung der Ladung auf dem Mosaik. So verschwindet auch beispielsweise das Störsignal, wenn man bei höheren Elektronengeschwindigkeiten für den Abtaststrahl eine Aufladung des Mosaiks in negativer Richtung bewirkt. *Hma.*

## Einführung zu den neuen Bestimmungen über Freileitungs-Kettenisolatoren

Von A. Bürklin VDE, Berlin und W. Weicker VDE, Hermsdorf/Thür.

DK 621.315.624(083.133.2)

Auf S. 375 dieses Heftes werden gewisse Abänderungen zu den bisherigen Bestimmungen für Freileitungs-Kettenisolatoren in den Freileitungsvorschriften (VDE 0210), in den Isolatoren-Prüfvorschriften (VDE 0446) sowie in den Normblättern über Kappenisolatoren (DIN VDE 8007 bzw. DIN VDE 8007 U) und über Vollkernisolatoren (DIN VDE 8009 bzw. DIN VDE 8009 U) veröffentlicht. Außerdem wird ein neues Normblatt über Vollkern-Zusatzisolatoren (DIN VDE 8014) bekannt gegeben. Im folgenden werden die hauptsächlichsten Unterschiede der neuen Festlegungen gegenüber den bisherigen erläutert.

Die Bewertung der Kettenisolatoren hinsichtlich ihrer Zuordnung zum Leitungsquerschnitt soll, wie bisher bereits bei Isolatoren in gekitteter Ausführung [vgl. VDE 0210 U/ X. 39, § 12 c); VDE 0446 U/1937, § 10 und § 11; DIN VDE 8007 U und DIN VDE 8009 U] vorgesehen, in Zukunft einheitlich sowohl für gekittete als auch kittlose Befestigung<sup>1)</sup> nach dem Dauerlastwert des Isolators erfolgen. Für Isolatoren in kittloser Ausführung fällt der bisher in DIN VDE 8007 und DIN VDE 8009 sowie in

<sup>1)</sup> Die Bezeichnungen „gekittet“ und „kittlos“ beziehen sich bei Kappenisolatoren auf die Klüppelbefestigung, bei Vollkernisolatoren auf die Kappenbefestigung.

VDE 0210/X. 39, § 12 c) und VDE 0446/1929, §§ 10 und 11 noch vorgesehene 1 h-Prüflastwert fort. Die Dauerlastwerte sind auf Grund der von der Porzellanindustrie vorgelegten Dauerlast-Kurven (kritische Last, bei der abhängig von der Belastungszeit, entweder elektrischer Durchschlag oder Vollbruch eintritt) festgelegt worden.

Für Kappenisolatoren und für Vollkernisolatoren in kittloser und gekitteter Ausführung, wurde nur je ein Normblatt (DIN VDE 8007 und DIN VDE 8009) neu aufgestellt, so daß die früher nur für gekittete Ausführung geltenden Normblätter DIN VDE 8007 U und DIN VDE 8009 U in Zukunft fortfallen. Die Isolatoren in gekitteter Ausführung haben dieselben Größenabmessungen und die gleichen Dauerlastwerte wie die in kittloser Ausführung, unterscheiden sich aber von diesen durch die etwas niedrigeren kurzzeitigen Belastungswerte (Mindestbruchlast und mechanische Stückprüflast). Gekittete Isolatoren werden von kittlosen in der Typenbezeichnung durch ein dahinter gesetztes „k“ unterschieden (z. B. Kurzzeichen für Kappenisolator der Größe K 3 mit gekitteter Klöppelbefestigung: K 3 k). Da für die bisher in kittloser Ausführung vorgesehenen beiden größten Kappenisolatoren K 6 und K 7, sowie für die beiden größten Vollkernisolatoren VK 6 und VK 7 nur ein sehr geringer Bedarf vorlag, werden diese im Sinne möglicher Typenbeschränkung in Zukunft von der Normung ausgenommen.

Dagegen sollen demnächst für die Anwendung in Gegenden mit gleichzeitiger Nebel- und Verschmutzungsgefahr sogenannte „Nebelisolatoren“ mit vergrößertem Oberflächenweg (mit drei Schirmen), und zwar auch für die größeren Abmessungen, entsprechend K 6 und K 7, zur Normung vorgesehen werden.

Der Kappenisolator K 5 wird zunächst nur für kittlose, dagegen nicht für gekittete Klöppelbefestigung genormt.

Zur Erfüllung der Forderung nach Erhöhung des Isolationswertes an Stellen erhöhter Sicherheit [vgl. VDE 0210/X. 39, § 33 c) 2.] sowie in gewissen sonstigen Fällen, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, sogenannte Vollkern-Zusatzisolatoren zu verwenden. Hierfür ist ein neues Normblatt DIN VDE 8014 aufgestellt worden. Vorgeesehen sind die beiden Größen VKZ 3/4 und VKZ 5 mit kittloser sowie gekitteter (Kennzeichen „k“) Kappenbefestigung. Die Typen VKZ 3/4 und VKZ 5 haben die gleichen Strunkdurchmesser und demgemäß auch die gleichen Belastungswerte wie die Vollkernisolatoren der Typen VK 4 bzw. VK 5. Der Zusatzisolator VKZ 3/4 ist zur Verwendung zusammen mit einer Kette aus Vollkernisolatoren VK 3 oder VK 4, der Zusatzisolator VKZ 5 zusammen mit einer Kette aus Vollkernisolatoren VK 5 gedacht.

Nach der Neufassung von VDE 0210, § 12 c) werden künftighin für die Zuordnung der Abspannketten zu den Leitungsquerschnitten (gleichgültig, ob es sich um Isolatoren gekitteter oder kittloser Ausführung handelt) folgende Forderungen<sup>2)</sup> gestellt:

1. Der Dauerlastwert  $D_I$  des Isolators muß gleich der Dauerlast  $D_L$  der Leitung sein ( $D_I = D_L$ ).
2. Der Dauerlastwert  $D_I$  des Isolators braucht aber nicht größer als das Zweifache des Höchstzuges  $P$  der Leitung zu sein<sup>3)</sup> ( $D_I = 2P$ ).

Die für Bahn-, Post- und Wasserstraßenkreuzungen in § 35 d) 6. von VDE 0210/X. 39 bisher angegebene Zuordnung von Doppelabspannketten zu den Leitungsquerschnitten wurde den neuen Gesichtspunkten (bestimmtes Verhältnis von Dauerlastwert des Isolators zur Dauerlast bzw. zum Höchstzug der Leitung) angepaßt.

Infolge der in VDE 0210, § 12 c) jetzt vorgesehenen gleichen Bewertung der Isolatoren in gekitteter und kittloser Ausführung nach ihrem Dauerlastwert entfällt die Notwendigkeit zu einer besonderen Umstellvorschrift für § 12 c); daher wird dieser Paragraph in VDE 0210 U/X. 39 gestrichen. Das gleiche gilt sinngemäß für § 35 d) 6. von VDE 0210 bzw. VDE 0210 U/X. 39.

Da, wie schon oben erwähnt, der 1 h-Prüflastwert von Kettenisolatoren fortfällt und durch den zu gewährleistenden Dauerlastwert ersetzt wird, mußten die Prüfbestimmungen in § 10 und § 11 von VDE 0446/1929 entsprechend geändert werden. Hierfür wurde der für gekittete Isolatoren nach §§ 10 und 11 von VDE 0466 U/1937 bereits gültige Wortlaut in die Hauptvorschrift (künftig sowohl für gekittete wie für kittlose Befestigung) übernommen. Die Umstellvorschriften VDE 0446 U/1937 können demgemäß außer Kraft gesetzt werden.

Bestimmungen zum Nachweis des in DIN VDE 8007 und DIN VDE 8009 für eine einjährige Belastungszeit angegebenen Dauerlastwertes der Kettenisolatoren durch einen kurzzeitigen Belastungsversuch (z. B. während 24 h) konnten in § 10 und § 11 von VDE 0446 noch nicht aufgenommen werden, da hierüber noch Untersuchungen und Erwägungen im Gange sind. Es ist aber beabsichtigt, bei der demnächst erfolgenden Neubearbeitung der Isolatoren-Prüfvorschriften (VDE 0446) geeignete Kurzzeitprüfungen zum Nachweis der Dauerlastkurven vorzusehen.

<sup>2)</sup> Über die Begründung dieser Forderungen sowie über die daraus sich ergebende zahlenmäßige Zuordnung der Leitungsquerschnitte zu den einzelnen Größen der Kettenisolatoren wird an anderer Stelle eingehend berichtet werden.

<sup>3)</sup> Für Kettenisolatoren in gekitteter Ausführung nach DIN VDE 8007 U bzw. 8009 U war bereits bisher eine ähnliche Forderung gestellt worden ( $D_I = 1,85 P$ , vgl. § 12 c) von VDE 0210 U/X. 39).

## Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen

VDE-Ausschuß für Freileitungen

DK 621.315.17(083.133.2)

### VDE 0210

Entwurf

Einspruchsfrist: 11. Mai 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

9. Änderung der ab 1. 1. 1930 gültigen Fassung

§ 3

(Begriffserklärungen)

Neuer Absatz hinter der bisherigen Begriffserklärung unter g):

- g<sub>1</sub>) Dauerlast einer Leitung im Sinne dieser Vorschriften ist das Produkt aus Istquerschnitt und Dauerzugfestigkeit.

Absatz i) wird wie folgt geändert:

- i) Höchstzug einer Leitung im Sinne dieser Vorschriften ist das Produkt aus Istquerschnitt und Höchstzugspannung.

§ 12

Isolatoren

- c) Der zweite und dritte Absatz erhält folgende geänderte Fassung:

Kettenisolatoren in Abspannlage sind so zu bemessen, daß bei Verwendung genormter Isolatoren der nach den jeweils gültigen DIN-Normen vorgeschriebene, bei Verwendung nicht genormter Isolatoren der gewährleistete Dauerlastwert des Isolators gleich der Dauerlast der

Leitung ist; jedoch braucht der Dauerlastwert des Isolators nicht mehr als das 2-fache des Höchstzuges der Leitung zu betragen.

Der Dauerlastwert von Doppelketten kann gleich dem doppelten Dauerlastwert einer Einfachkette gesetzt werden.

d) 2. Stichprobenprüfung.

Neuer Wortlaut für  $\gamma$ ):

$\gamma$ ) Mechanische Dauerprüfung von Kettenisolatoren.

Kappenisolatoren müssen stichprobenweise unter gleichzeitigem Anlegen elektrischer Spannung einer mechanischen Dauerprüfung gemäß § 10 von VDE 0446/... unterworfen werden, ohne durchzuschlagen.

Vollkernisolatoren müssen stichprobenweise einer mechanischen Dauerprüfung gemäß § 11 von VDE 0446/... unterworfen werden, ohne schädliche Formveränderungen zu erleiden.

§ 32

Kreuzungen und Parallelführungen.

- b) 6. Dieser Absatz erhält folgenden Wortlaut:  
6. Der Abstand der Leitungen von der Fahrbahn darf bei ungleicher Eisbelastung der Felder oder bei Leitungsbruch in einem Nachbarfeld nicht kleiner als 5 m werden;

§ 35

(Bahn-, Post- und Wasserstraßen-Kreuzungen)

- d) Befestigung der Leitungen an Kettenisolatoren.

2. Der letzte Satz erhält die Fassung:

Dabei müssen die Kettenisolatoren die erforderliche Festigkeit nach 6. haben.

Neuer Wortlaut für Abschnitt 6:

6. Doppelketten in Abspannlage müssen einen Dauerlastwert haben, der gleich dem 2-fachen der Dauerlast der Leitung im Kreuzungsfeld ist. Der Dauerlastwert der Einzelkette braucht jedoch nicht größer zu sein als das 2-fache des Höchstzuges der Leitung im Kreuzungsfeld. Er darf ferner nicht kleiner sein als der Dauerlastwert der Isolatoren in den anschließenden Strecken.

## Umstell-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen

VDE-Ausschuß für Freileitungen

DK 621.315.17(083.133.2)

### VDE 0210 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 11. Mai 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

2. Änderung der ab 15. 9. 37 gültigen Fassung

§ 12

Isolatoren

Der bisherige Wortlaut wird gestrichen.

§ 23

Allgemeines

- g) Der letzte Satz erhält folgende geänderte Fassung:

Bei Rohr- und Rohrgittermasten sind Wanddicken bis herab zu 2,5 mm zulässig, sofern ein Luftzutritt und demzufolge ein Rosten im Innern nicht erfolgen kann.

§ 35

- d) Befestigung der Leitungen an Kettenisolatoren

Der bisherige Wortlaut fällt fort.

## Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an

VDE-Ausschuß für Isolatoren

DK 621.315.624(083.133.2)

### VDE 0446

Entwurf

Einspruchsfrist: 11. Mai 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

1. Änderung der ab 1. 7. 29 gültigen Fassung

§ 10

Mechanische Dauerprüfung von Kappenisolatoren unter Spannung.

Bei Kappenisolatoren ist der Dauerlastwert vom Hersteller zu gewährleisten. Dabei ist der voraussichtliche Verlauf der Dauerlastkurve (kritische Last, bei der entweder elektrischer Durchschlag oder Vollbruch eintritt, abhängig von der Belastungszeit) anzugeben und der Nachweis hierfür durch kurzzeitige Belastungsversuche zu erbringen. Bei dieser Prüfung soll eine

Spannung dicht unterhalb der bei der Prüfanordnung gegebenen Trockenüberschlagspannung wenigstens zeitweise, mindestens aber 15 min lang bei Beginn und am Ende der Prüfung, an den Prüfling angelegt werden, wobei weder Durchschlag noch Vollbruch des Isolators eintreten darf.

§ 11

Mechanische Dauerprüfung von Vollkernisolatoren

Bei Vollkernisolatoren ist der Dauerlastwert vom Hersteller zu gewährleisten. Dabei ist der voraussichtliche Verlauf der Dauerlastkurve (kritische Last, bei der Vollbruch eintritt, abhängig von der Belastungszeit) anzugeben und der Nachweis hierfür durch kurzzeitige Belastungsversuche zu erbringen. Nach dieser mechanischen Prüfung, die ohne Spannung auszuführen ist, darf der Isolator keine schädlichen Formveränderungen aufweisen.

**Normen für Isolatoren**

**VDE-Ausschuß für Isolatoren**

DK 621.315.624

Anwendung der noch nicht endgültig veröffentlichten Entwürfe auf eigene Gefahr

3. Ausgabe April 1940

Starkstrom-Freileitungen											DIN	
Kappenisolatoren Reihe K											Entwurf 1	
Elektrotechnik											VDE 8007	
Maße in mm											Einspruchsfrist 11. Mai 1940	
(Abbildung und zugehörige Angaben wie in den bisher gültigen Normblättern DIN VDE 8007 und 8007 U)												
Bezeichnung eines Kappenisolators der Größe 3 gekittet (k) . . . . <sup>1)</sup> : Kappenisolator K 3 k VDE 8007 . . . . <sup>1)</sup>												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
VDE-Kurzzeichen		Keramischer Teil		Klöppelbolzen und Klöppelpfannen passend für Durchmesser $d$ vom Nennmaß:	Baulänge $B$ eines Isolators	Dauerlast <sup>2)</sup> $t$ 1 Jahr	Bruchlast $t$ mindestens		Stück-Prüflast <sup>4)</sup> $t$ 1 Minute			
kittlos <sup>3)</sup>	gekittet <sup>3)</sup>	Höhe $H$	Tellerdurchmesser $D$				kittlos	gekittet	kittlos	gekittet		
K 1	K 1 k	80	170	11	110	1,5	3,0	2,5	1,7	1,5		
K 2	K 2 k	100	250	16	135	2,1	5,0	4,2	2,5	2,1		
K 3	K 3 k	120	280	16	170	3,0	7,0	6,0	3,4	3,0		
K 4	K 4 k	140	280	16	185	3,6	8,5	7,0	4,3	3,6		
K 5	—	140	280	20	190	4,4	10,0	—	5,3	—		

<sup>1)</sup> Farbe, möglichst braun, bei Bestellung angeben.  
<sup>2)</sup> Diese Angabe bezieht sich auf die Klöppelbefestigung.  
<sup>3)</sup> Die Dauerlast (Prüfung an Stichproben) ist vom Hersteller zu gewährleisten und dient zur Kennzeichnung der Zuordnung des Isolators für einen bestimmten Leitungsquerschnitt nach VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“.  
<sup>4)</sup> Diese Prüfung ist als Stückprüfung mit jedem Isolator vorzunehmen. Bei dieser mechanischen Vorprüfung darf sich die Form der Kappe nicht ändern.  
 Fehlende Maße sind freie Maße.  
 Zulässige Abweichungen der Abmessungen  $\pm 5\%$ .  
 Die Kappenisolatoren müssen auf dem keramischen Teil mit dem Ursprungszeichen und der Jahreszahl der Herstellung versehen sein. Die Verbindung der Kappe und des Klöppels mit dem keramischen Teil des Isolators sowie Rippenform und Rippenzahl sind nicht genormt.  
 Prüfverfahren nach VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“  
 Werkstoff des Isolierkörpers: keramischer Werkstoff  
 Klöppelbolzen und Klöppelpfannen, Anschlußmaße nach DIN VDE 8060

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.624

3. Ausgabe April 1940

Starkstrom-Freileitungen											DIN			
Vollkernisolatoren Reihe VK											Entwurf 1			
Elektrotechnik											VDE 8009			
Maße in mm											Einspruchsfrist 11. Mai 1940			
(Abbildung und zugehörige Angaben wie in den bisher gültigen Normblättern DIN VDE 8009 und 8009 U)														
Bezeichnung eines Vollkernisolators der Größe 3 gekittet (k) . . . . <sup>1)</sup> : Vollkernisolator VK 3 k VDE 8009 . . . . <sup>1)</sup>														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VDE-Kurzzeichen		Keramischer Teil			Klöppelbolzen und Klöppelpfannen passend für Durchmesser $d$ vom Nennmaß:	Baulänge $B$ eines Isolators	Dauerlast <sup>2)</sup> $t$ 1 Jahr	Bruchlast $t$ mindestens		Stück-Prüflast <sup>4)</sup> $t$				
kittlos <sup>3)</sup>	gekittet <sup>3)</sup>	Höhe $H$	Tellerdurchmesser $D_1$	Strundurchmesser $D_2$ mindestens				kittlos	gekittet	der während 1. Minute <sup>5)</sup>		der 2. und 3. Minute		
									kittlos	gekittet	kittlos	gekittet	kittlos	gekittet
VK 1	VK 1 k	140	170	115	50	11	205	1,5	3,0	2,5	2,6	2,2	2,1	1,9
VK 2	VK 2 k	170	200	185	60	11	230	2,1	3,5	3,0	3,0	2,5	2,5	2,1
VK 2 v	VK 2 v k	190	220	220	60	16	275	2,1	5,0	4,2	4,3	3,6	3,5	3,0
VK 3	VK 3 k	240	250	250	70	16	325	3,0	7,0	5,4	5,8	4,5	4,8	3,8
VK 4	VK 4 k	270	280	280	75	16	360	3,6	8,0	6,2	6,5	5,0	5,5	4,3
VK 5	VK 5 k	270	280	280	85	20	375	4,5	10,0	8,0	8,5	6,8	7,0	5,6

<sup>1)</sup> Farbe, möglichst braun, bei Bestellung angeben.  
<sup>2)</sup> Diese Angabe bezieht sich auf die Kappenbefestigung.  
<sup>3)</sup> Die Dauerlast (Prüfung an Stichproben) ist vom Hersteller zu gewährleisten und dient zur Kennzeichnung der Zuordnung des Isolators für einen bestimmten Leitungsquerschnitt nach VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“.  
<sup>4)</sup> Diese Prüfung ist als Stückprüfung mit jedem Isolator vorzunehmen. Bei dieser mechanischen Vorprüfung darf sich die Form der Kappen nicht ändern.  
<sup>5)</sup> Nach der 1 Minuten-Prüfung ist der Isolator vollständig zu entlasten.

Fortsetzung siehe S. 378



Fehlende Maße sind freie Maße.

Zulässige Abweichungen der Abmessungen  $\pm 5\%$

Fortsetzung von S. 377

Die Vollkernisolatoren müssen auf dem keramischen Teil mit dem Ursprungszeichen und der Jahreszahl der Herstellung versehen sein. Die Verbindung der Kappen mit dem keramischen Teil des Isolators sowie Rippenform und Rippenzahl sind nicht genormt.

Prüfverfahren nach VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“.

Werkstoff des Isolierkörpers: keramischer Werkstoff

Klöppelbolzen und Klöppelpfannen, Anschlußmaße nach DIN VDE 8060

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

DK 621.315.624

April 1940

### Starkstrom-Freileitungen Vollkern-Zusatzisolatoren Reihe VKZ

DIN

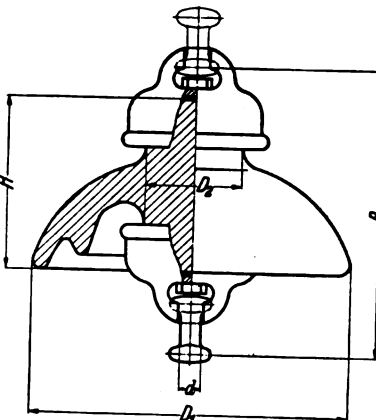
Entwurf 1

VDE 8014

Elektrotechnik

Einspruchsfrist 11. Mai 1940

Maße in mm



Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht verbindlich.

Freiliegende Flächen des keramischen Teiles bis auf etwaige Brennflächen glasiert.

Zu einem vollständigen Vollkern-Zusatzisolator gehören:

- 1 Isolierkörper
- 2 Kappen
- 1 Doppelklöppel
- 2 Sicherungssplinte

Bezeichnung eines Vollkern-Zusatzisolators der Größe 3/4, gekittet (k) . . . . . 1):  
Vollkern-Zusatzisolator VKZ 3/4 k VDE 8014 . . . . . 1)

VDE-Kurzzeichen	Keramischer Teil												
	Höhe H	Teilerdurchmesser D <sub>1</sub>	Strunkdurchmesser D <sub>2</sub> mindestens	Klöppelbolzen und -pfannen passend für Durchmesser d vom Nennmaß	Baulänge B eines Isolators	Dauerlast <sup>3)</sup> t 1 Jahr	Bruchlast t		Stück-Prüflast <sup>4)</sup> t				
							mindestens	mindestens	während		der 2. und 3. Minute		
kittlos <sup>2)</sup>	gekittet <sup>2)</sup>					kittlos	gekittet	kittlos	gekittet	kittlos	gekittet		
VKZ 3/4	VKZ 3/4 k	140	250	75	16	225	3,6	8,0	6,2	6,5	5,0	5,5	4,3
VKZ 5	VKZ 5 k	150	280	85	20	250	4,5	10,0	8,0	8,5	6,8	7,0	5,6

1) Farbe, möglichst braun, bei Bestellung angeben.

2) Diese Angabe bezieht sich auf die Kappenbefestigung

3) Die Dauerlast (Prüfung an Stichproben) ist vom Hersteller zu gewährleisten und dient zur Kennzeichnung der Zuordnung des Isolators für einen bestimmten Leitungsquerschnitt nach VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“.

4) Diese Prüfung ist als Stückprüfung mit jedem Isolator vorzunehmen. Bei dieser mechanischen Vorprüfung darf sich die Form der Kappen nicht ändern.

5) Nach der 1 Minuten-Prüfung ist der Isolator vollständig zu entlasten.

Fehlende Maße sind freie Maße.

Zulässige Abweichungen der Abmessungen  $\pm 5\%$

Die Vollkern-Zusatzisolatoren müssen auf dem keramischen Teil mit dem Ursprungszeichen und der Jahreszahl der Herstellung versehen sein. Die Verbindung der Kappen mit dem keramischen Teil des Isolators sowie Rippenform und Rippenzahl sind nicht genormt.

Prüfverfahren nach VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“.

Werkstoff des Isolierkörpers: keramischer Werkstoff

Klöppelbolzen und Klöppelpfannen, Anschlußmaße nach DIN VDE 8060

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.13.018.3 : 621.314.65.018.3

**Der Einfluß von Oberwellen im Drehstromnetz auf die Harmonischen der Gleichspannung und des Netzstromes von Stromrichtern.** [Nach E. Fässler, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 4, S. 210; 21 S., 6 B.]

Die Harmonischen der Gleichspannung und des Netzstromes nehmen bei gegebener Größe der Grund- und Oberwellen der Drehstromspannung, gegebener Aussteuerung und Überlappung für bestimmte Lagen dieser Oberwellen extreme Werte an. Es wird gezeigt, welche geometrische Bedeutung diesen Werten zukommt und wie sie sich für gebräuchliche Sechsstufen-Schaltungen mit vielfach genügender Annäherung auch rechnerisch bestimmen lassen.

Im Anschluß daran wird ein Verfahren zur Abschätzung der Gleichspannungs- und Netzstromoberwellen für Mehrphasenschaltungen angegeben, die sich aus einzelnen Sechsstufen-Schaltungen aufbauen. Im Falle der Netzstromoberwellen wird der theoretisch mögliche Sonderfall des Betriebes bei gleicher Aussteuerung und Überlappung der einzelnen Gruppen besonders untersucht, da er eine auch praktisch interessante Gesetzmäßigkeit zwischen den Ordnungszahlen der Harmonischen der Drehstromspannung und denjenigen des Netzstromes erkennen läßt.

In einem Anwendungsbeispiel wird von einer Drehstromspannung ausgegangen, bei welcher die vier ersten Oberwellen dem Kehrwert ihrer Ordnungszahlen ( $m = 5, 7, 11, 13$ ) proportional sind und deren Amplitudensumme 5 % der Grundwellenamplitude beträgt. Hierfür werden im Falle einer Sechsstufen-Schaltung die Gleichspannungsoberwellen der Ordnungszahlen  $n = 6$  und  $n = 12$  und im Falle einer Zwölfphasen-Schaltung die erste Gleichspannungs- und Netzstromoberwelle ( $n = 6$  bzw.  $n = 5$ ) bestimmt.

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.385.832.013

**Über Bildfehlermessungen an einer eisengekapselten Linse mit veränderlichem Luftspalt.** [Nach H. Becker u. A. Wallraff, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 4, S. 230; 6½ S., 7 B.]

Für eine eisengekapselte Linse mit veränderlichem Luftspalt wurde die Größe der verschiedenen Bildfehler untersucht. Dabei ergibt sich, daß für Spaltbreiten zwischen 10 und 15 mm ein Maximum der Fehlergrößen vorhanden ist. Für kleinere und ebenso wieder für größere Schlitzweiten waren die geringsten Fehler festzustellen. Dabei darf bei geringeren Luftspaltbreiten der erhöhte Schienstrombedarf und die dabei gleichzeitig auftretende Schwierigkeit der Linseneinstellung nicht übersehen werden. Für alle untersuchten Fehler lassen sich die für eisenlose Linsen erhaltenen Abhängigkeiten von der Brennweite bestätigen. Die Größe der Fehler liegt jedoch erheblich über denen eisenloser Linsen, und zwar beträgt sie gegenüber den Linsen geringster Abbildungsgüte (kleine axiale Breite) meist über das Doppelte. Weiterhin wurde festgestellt, daß die Abweichungen nicht mehr mit der elektronenoptischen Theorie der Bildfehler (erste Näherung) in Übereinstimmung zu bringen sind; vielmehr müssen die Fehlerglieder höherer Ordnung mit berücksichtigt werden.

DK 537.742.5 : 621.317.725

**Hochspannungsmessungen mit dem rotierenden Voltmeter.** [Nach H. Prinz, Arch. techn. Messen (1939) Lfg. 96, T. 74; 6 S., 16 B.]

Der Verfasser berichtet über die Entwicklung der Meßverfahren für Hochspannung, bei denen das elektrische Feld der zu messenden Spannung als Erregung einer elektrostatischen Maschine verwendet wird. Da er sich dabei wesentlich auf das amerikanische Schrifttum stützt, ist ihm die Tatsache entgangen, daß ein derartiges Instrument in Deutschland bereits im Jahre 1925 vom Bericht zur Messung luftelektrischer

Feldstärken entwickelt und benutzt worden ist<sup>1)</sup>. Das Grundprinzip, das diesem Meßverfahren in verschiedenen Abwandlungen zugrunde liegt, besteht darin, daß bei Bewegung einer Walze mit zwei voneinander isolierten Belegungen nach Art eines umlaufenden Kondensators in einem Felde ein von Belegung zu Belegung in der Verbindungsleitung fließender Wechselstrom entsteht, der der Spannung und der Drehzahl proportional ist (Bild 1). Dieser Wechselstrom kann entweder unmittelbar

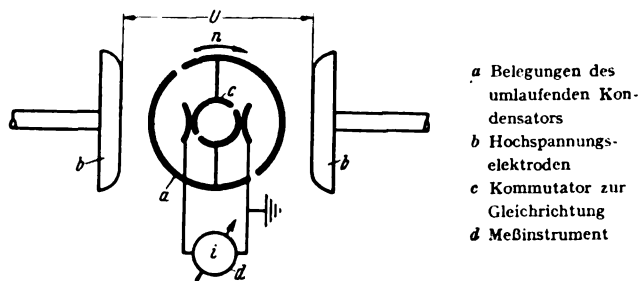


Bild 1. Grundsätzliche Anordnung des Hochspannungsvoltmeters mit umlaufendem Kondensator.

oder nach Gleichrichtung in einem Gleichstrommeßgerät ermittelt werden; er kann auch nach Verstärkung einem größeren Instrument zugeführt werden. Die Unterschiede der Ausführungen verschiedener Verfasser beschränken sich meist auf Änderungen der Elektrodenform für die zuzuführende Hochspannung oder der Form des umlaufenden Kondensators. Dieser wird gelegentlich als Abdeckscheibe vor einer feststehenden Scheibe ausgeführt, was ebenfalls in der oben angeführten Veröffentlichung von Matthias bereits vorgeschlagen ist. Bei Antrieb des drehbaren Kondensators mit der halben synchronen Drehzahl können auch Wechselspannungen gemessen und durch Phaseneinstellung die Kurvenform von Wechselspannungen bestimmt werden. Schaltungen und Ausführungsbeispiele für alle diese Anwendungen sind im Aufsatz wiedergegeben.

Die Vorteile des Verfahrens gegenüber Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke bestehen darin, daß erstens eine fortlaufende Messung ohne Spannungszusammenbrüche möglich ist, daß zweitens das Gerät wesentlich handlicher ist und dem Einfluß der Hochspannung völlig entzogen werden kann, und daß drittens eine absolute Proportionalität der Anzeige mit der zu messenden Spannung besteht, ohne daß Berichtigungen hinsichtlich Barometerstand und Lufttemperatur oder Feuchtigkeit erforderlich sind. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß eine Extrapolation auf hohe Spannungen nach Eichung mit niederen Spannungen ohne weiteres statthaft ist. Auf die Fehlereinflüsse, die dem Instrument anhaften (Einfluß der Eigenkapazität zwischen den Belegungen, Rückwirkung der Spannung bei Verstärkungsmessungen, Einfluß von Raumladungen), geht der Bericht ebensowenig ein wie die Aufsätze, über die in ihm berichtet wird. Sgn.

### Elektrische Maschinen

DK 621.313.333.001.1

**Der Entwurf von Kleinstinduktionsmotoren.** [Nach N. F. T. Saunders, J. Instn. electr. Engrs. 85 (1939) S. 161; 17 S., 13 B.; Disk. 14 S., 4 B.]

Saunders behandelt das Gebiet der Kleinstinduktionsmotoren praktisch und theoretisch. Das einschlägige deutsche und französische Schrifttum wird von ihm nicht erwähnt, seine Betrachtungen beschränken sich ausschließlich auf englische und amerikanische Quellen.

Zur Dimensionierung vierpoliger Einphasenmotoren mit abschaltbarer Hilfsphase wird eine Formel angegeben, die das gesamte ideale Eisenvolumen als lineare Funktion der ab-

<sup>1)</sup> Elektrizitätswirtsch. 25 (1926) S. 300.

gegebenen Leistung darstellt. Über Nutenformen sowie Kupfer- und Aluminium-Käfiganker werden vergleichende Angaben gemacht, für Luftspalt und Läufernutenzahlen empirische Formeln genannt und an Beispielen erläutert. Weiter zeigt Saunders an Hand einer Abbildung, wie eine sinusförmige MMK-Verteilung bei Einphasenwicklungen erreichbar ist, welche Werte für Zonen- und Sehnungsfaktoren sich bei den verschiedenen Wicklungsarten ergeben, ferner die Berechnung der mittleren Windungslänge, der Streuung, des Magnetisierungsstromes und magnetischen Flusses. Weitere Abbildungen geben Korrektionsfaktoren als Funktion des Verhältnisses von Kurzschlußscheinwiderstand zu Leerlaufscheinwiderstand an, aus welchen die für jeden Fall sich ergebenden Kurzschlußströme im Gegensatz zu den aus der Saundersschen Streuungsberechnung bestimmten „scheinbaren Kurzschlußströme“ zu entnehmen sind. Auf zwei Tafeln legt der Verfasser Berechnungsformulare vor, deren Benutzung je nach der erwünschten Genauigkeit empfohlen wird. Am Schluß der Arbeit folgt eine kurze Ableitung der schwierigsten Formeln, woran sich die Diskussion anschließt, an der 25 Ingenieure regen Anteil nahmen. Als erster beteiligt sich Hoseason mit dem Hinweis, daß eine ideal-sinusförmige MMK-Verteilung wegen der Nutzung nicht möglich ist, daß ferner eine Läufernutenteilung gleich der Wellenlänge des unschädlich zu machenden Ständeroberfeldes und Nutenschragung um eine Ständernteilung die Oberwellenwirkung abschwächt, ebenso Isolierung der Läuferstäbe empfehlenswert erscheint. Salisbury bestreitet die Nützlichkeit des von Saunders empfohlenen Lackdrahtes und schlägt vor, den Ständer mit Seide oder Baumwolldraht zu bewickeln. Macfarlane gibt an, daß er auch mit ungeraden Läufernutenzahlen gute Erfahrungen gemacht habe, während Saunders Theorie eine gerade Zahl von Läufernuten empfiehlt. Von den übrigen, in der Diskussion gegebenen Anregungen ist besonders noch die von Middleton erwähnenswert, der Saunders grobe Fehler in seinen Streuungsformeln nachweist und diese richtigstellt. Auch in Deutschland früher bekannte Herren beteiligten sich an der Diskussion. Von ihnen empfiehlt einer die Verwendung von Asbestdraht, der andere setzt sich für die Verwendung von Lackdraht ein; beide versuchen also, eine Verbilligung zu erreichen, der erstere auf Kosten der Erwärmung, der letztere durch Verringerung des Anteils der Isolation am Nutenraum.

Abschließend sei gesagt, daß sowohl Saunders selbst als auch dessen an der Diskussion beteiligte 25 Fachgenossen ihr Augenmerk vorwiegend auf praktische, in Deutschland seit 10 Jahren bekannte Dinge gerichtet haben.

[Anm. d. Berichters: Saunders Darbietungen vermitteln — teilweise auf unrichtige Formeln aufgebaut — ein unklares und manchmal direkt falsches Bild über die physikalischen Vorgänge. Weder der Verfasser selbst noch seine 25 Fachgenossen haben den wichtigen Einfluß der Eisensättigung auf die Streuung erkannt, wodurch der Kern des Problems gänzlich unberührt blieb. Für die deutsche Fachwelt bietet Saunders Arbeit kaum etwas Neues.] Bz.

Geräte und Stromrichter

DK 621.314.6.07 : 621.3.015.33

**Eine Einrichtung zur Erzeugung von periodischen Spannungskurven, die zur Steuerung von Gasentladungsgefäßen geeignet sind.** [Nach G. Clewert, Dissertation T. H. Braunschweig 1939.]

Legt man eine Reihenschaltung von Gleichrichtern mit fester Stromspannungsabhängigkeit, ohmschem Widerstand und Induktivität an eine Wechselstromquelle, so entstehen an der Induktivität Spannungskurven mit sehr steiler Front, wenn ein überwiegender ohmscher Widerstand bestimmend auf die Stromkurve der Reihenschaltung bleibt. Der Anstieg der Kurve des induktiven Spannungsabfalles wird um so steiler, je ausgeprägter der Kennlinienknick des Gleichrichters ist, und je kurzzeitiger (im elektrischen Winkelmaß) dieser durchlaufen wird. Bei konstanter Induktivität besteht die an ihr entstehende Spannungswelle aus einer halben Sinuswelle vom positiven bis negativen Maximum mit steilem Anstieg und Abfall bei den Maximalwerten. Die positive Viertelwelle ist vorteilhaft zur Steuerung von Gasentladungsgefäßen geeignet. Bei Verwendung von Trockengleichrichtern, die sich in einem Versuchsbetriebe recht gut bewährt haben, entsteht eine Steuerungsanlage, die praktisch keinerlei Abnutzung unterliegt und wartungslos arbeitet.

Ist der bei konstanter Induktivität erzeugte Spannungsblock für bestimmte Steuerungen zeitlich zu breit, so kann man ihn durch Ausnutzung der Sättigungserscheinung des Eisens zeitlich in weitem Maße zusammendrücken. Durch Anordnung

eines Luftspaltes ist man in der Lage, je nach Aufteilung der magnetischen Spannung auf Eisen- und Luftweg die Breite des Spannungstoßes zu variieren.

Die bei Gleichstrommagnetisierung auftretende schädliche Remanenz des Eisenkernes kann in einfacher Weise durch Anordnung einer Hilfswicklung, die von dem in der um 120° versetzten Steuerungsphase fließenden Strom in negativem Sinne durchflossen wird, beseitigt werden.

In praktischer Erprobung konnte leicht eine Breite des Steuerspannungstoßes von 12 bis 80°el. bei einer Anstiegsteilheit der Spannungskurve von etwa 3 bis 4°el. für die gesamte Anstiegszeit beherrscht werden. Ein 6phasiges Hg-Dampfgefäß konnte bis zu größten Zündverzögerungen betrieben werden, ohne daß allzu große Schwankungen in der angesteuerten Spannung bemerkbar wurden. eb.

Fernmeldetechnik

DK 621.396.933.1

**Automatischer Funkpeiler.** (Verfahren zur Messung der Zeitkonstanten von Schwingkreisen.) [Nach J. Marique, Wireless Engr. 16 (1939) S. 121; 4 S., 3 B.]

Läßt man bei einem Peilgerät die Suchspule (Rahmen oder Goniometer) sich mit einer Drehzahl  $f$  drehen, so ist die induzierte EMK einer einfallenden Welle mit der Frequenz  $F$  darstellbar in der Form

$$e_1 = \frac{1}{2} E \cos 2\pi (F - f) t - \frac{1}{2} E \cos 2\pi (F + f) t,$$

was auch die beiden „Seitenfrequenzen“ einer mit  $f$  gemodelten Welle  $F$  bedeutet, bei der der Träger  $F$  selbst unterdrückt ist. Diese beiden Frequenzen werden in dem Empfänger des Peilgerätes meist in Amplitude und Phase verschieden verstärkt.

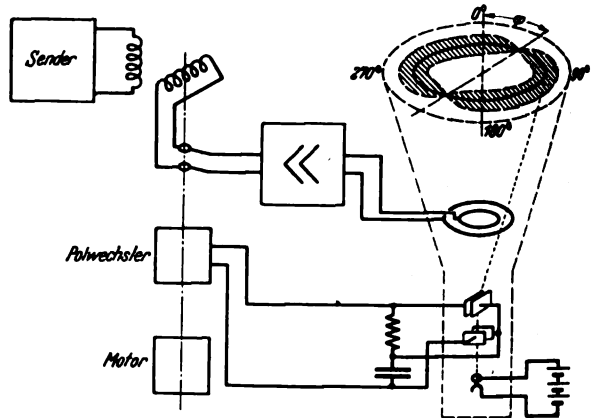


Bild 2. Anzeigevorrichtung mittels Braunschwer Röhre.

Es sei  $\Phi$  die Phasenverschiebung des Trägers  $F$  ohne Modelung und  $\varphi = \varphi_1 = \varphi_2$  die Phasenverschiebung der Seitenfrequenzen, dann ist die Ausgangsspannung des Empfängers

$$e_2 = A \cos [2\pi (F - f) t + \Phi - \varphi] - B \cos [2\pi (F + f) t + \Phi + \varphi],$$

wenn  $A$  und  $B$  die beiden verschiedenen Amplituden sind. Man kann auch schreiben

$$e_2 = \sqrt{A^2 - B^2 - 2AB \cos 2(2\pi f t - \varphi)} \sin (2\pi F t + \Phi + \psi)$$

und

$$\tan \psi = \frac{A - B}{A + B} \cos (2\pi f t + \varphi).$$

Es entsteht eine zusätzliche Phasenverschiebung  $\psi$  der Hochfrequenz (abhängig von der Drehzahl  $f$ ); ferner ist die Amplitude der Ausgangsspannung nicht Null, wenn

$$2\pi f t = 0$$

(Eingangs-EMK des Verstärkers = 0), sondern wenn

$$2\pi f t + \varphi = 0$$

wird. Dies bedeutet, daß die Anzeige eines Peilgerätes (Minimum) in einem solchen Falle um den Betrag  $\varphi$  falsch ist. Dieser Fehler tritt auch ein, wenn man nicht mit dem Doppelkreisdiagramm, sondern mit der Herzkurve (Seitenbestimmung) arbeitet. Diese Erkenntnis ist für das Peilwesen von großer Bedeutung.

Man kann einen Schritt weiter gehen und den Winkel mit Hilfe der Braunschwer Röhre bestimmen; die benutzte Schaltung zeigt Bild 2.

Es ergibt sich, daß

$$\varphi = \int \frac{d\Phi}{dF}$$

Bei Änderung der Senderfrequenz  $F$ , ist die Kurve

$$\varphi = f'(F)$$

proportional der ersten Ableitung der Kurve

$$\Phi = f(F),$$

die die Phasenverhältnisse von Ein- und Ausgangsspannung darstellt. Dies bedeutet, daß  $\varphi$  ein Maximum wird, wenn sich  $\Phi$  am stärksten in Abhängigkeit von  $F$  ändert.

Diese Verhältnisse lassen sich ferner durch die Beziehung

$$\operatorname{tg} \varphi = 2\pi \tau f$$

darstellen, worin  $\tau$  die Zeitkonstante des Schwingungskreises ist. Da  $\varphi$  mit Hilfe der oben beschriebenen Anordnung bestimmt werden konnte, läßt sich auf diese Weise auch die Zeitkonstante des Schwingungskreises (oder auch zweier gekoppelter Kreise) ermitteln. Bei Quarzfiltern ist z. B. ein  $\varphi$  von etwa  $70^\circ$  auf diese Weise gemessen worden. *Zm.*

DK 621.396.67 : 621.397.6

**Fernsehempfangsantennen.** [Nach H. O. Roosenstein, Telefunken-Hausmitt. 20 (1939) S. 13; 11½ S., 25 B.]

Es wird über die Entwicklung von Fernsehantennen berichtet. Die beschriebenen Luftleiter sind ausnahmslos sogenannte Einmastantennen, die sich durch geringe Baukosten auszeichnen. Verschiedene Bauarten ungerichteter Antennen werden behandelt, die sich untereinander durch die Wirksamkeit der Kabelabschirmung unterscheiden. Für sehr schwierige Empfangsverhältnisse ist eine gerichtete Antenne vorgesehen, die sowohl bezüglich Empfindlichkeit als auch Störungsfreiheit den anderen Antennen überlegen ist. Die zunächst mangelhafte Abschirmwirkung der konzentrischen hochfrequenten Anschlußleitungen wird durch das Vorhandensein von „Mantelwellen“ erklärt, das sind elektromagnetische Wellen, die außen auf dem Kabelmantel verlaufen. Diese Wellen sind mit dem Strom im Kabelinneren dadurch verknüpft, daß am freien oberen Kabelende die Stromstärke auf der Ader der Stromstärke außen auf dem Kabelmantel gleicht. Um zu verhindern, daß diese Ströme sich längs des Kabelmantels ausbreiten und dadurch unerwünschte Resonanzerscheinungen sowie Hand- und Störungsempfindlichkeiten hervorrufen, werden auf die Empfangswelle abgestimmte, als Saugkreis wirkende Gebilde verwendet. Diese besitzen die äußere Form von kurzen Metallstäben, die über Selbstinduktionsspulen mit den Stellen des Kabelmantels verbunden sind, an denen die Mantelströme unschädlich gemacht werden sollen. Auch durch die Verwendung von sogenannten Sperrtöpfen, d. s.  $\lambda/4$ -lange konzentrisch zum Kabelmantel angeordnete und an ihrem Ende damit verbundene Metallrohre, wird die Ausbreitung von Mantelwellen auf den Zuleitungskabeln unterbrochen. Von verschiedenen bildlich dargestellten Antennenformen werden die Empfangseigenschaften schaubildlich gezeigt, wobei sich die Wirksamkeit der erwähnten Maßnahmen gegen die Mantelwellen herausstellt. Die natürliche Frequenzdurchlässigkeit der dargestellten Konstruktionen reicht für Empfangszwecke ohne weiteres aus, so daß die im Aufsatz beschriebenen Schaltungen zur Verbesserung der Bandbreite bei der normalen Verwendungsart überflüssig sind. Die beschriebene Richtantenne besitzt eine durch die Symmetrie begründete und daher frequenzunabhängige Nullempfangsrichtung, die die praktisch vollkommene Beseitigung eines Störers ermöglicht. Diese Antenne liefert gegenüber der zuerst beschriebenen Einzelantenne eine 1,7fach erhöhte Leistung. Die gegen die Mantelwellen ergriffenen Maßnahmen haben zur Folge, daß die Frequenzdurchlässigkeitskurve aller Antennen von der Länge und der Verlegungsart des Zuleitungskabels praktisch unabhängig ist. *Eb.*

### Theoretische Elektrotechnik

DK 621.392.5

**Polynom-Vierpole vorgeschriebener Frequenzabhängigkeit.** [Nach W. Bader, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 4, S. 181; 28½ S., 1 B.]

Ein Vierpol werde in der üblichen Schaltung von einer Quelle mit der Ursprungsspannung  $U_0$  und dem Innenwiderstand  $R_1$  gespeist und versorge seine Sekundärlast  $R_2$  mit der Spannung

$U_2$ . Die von der Frequenz  $x$  abhängigen äußeren Eigenschaften einer derartigen Schaltung seien durch  $U_0^2 = P(x) \cdot U_2^2$  beschrieben. Man kann nun stets  $P$  oder die ihr gleichwertige Größe, nämlich die Betriebsdämpfung, für eine gegebene Schaltung ermitteln. Besonders befriedigend und praktisch nützlich aber ist die umgekehrte Aufgabe, nämlich einen noch unbekanntem Vierpol mit passend vorgeschriebenem  $P$  zu finden um einen bestimmten technischen Zweck zu erreichen. Teillösungen liegen bereits vor. In dieser Arbeit wird eine strenge Lösung mit verlustfreien Vierpolen für beliebige  $R_1, R_2$  unter der Voraussetzung gegeben, daß  $P(x)$  ein selbstverständlich reelles Polynom in  $x$  ist.

Die Schaltung läßt sich mit positiven Teilen ausführen, wenn

$$P(0) = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)^2 \quad (1)$$

$$P(x) \geq 4 \frac{R_1}{R_2} \quad \text{für reelle } x \quad (2)$$

$$P(x) = \text{gerade.} \quad (3)$$

Die erste Bedingung läßt sich stets durch einen beweisbar unentbehrlichen idealen Transformator umgehen. Die zweite und dritte gelten für alle verlustfreien Vierpole beliebiger Schaltung und gewähren offenbar dem Verlauf von  $P(x)$  fast beliebigen Spielraum. Man gewinnt als Lösung eine Kettenschaltung mit voneinander verschiedenen Selbstinduktionen im Längszweig und Kapazitäten im Querszweig. Die Werte der einzelnen Schaltungsteile lassen sich rational und unabhängig voneinander durch den höchsten Koeffizienten von  $P$  sowie gewisse Nullstellen der beiden Polynome  $P(x)$  und  $P(x) - 4 \frac{R_1}{R_2}$  ausdrücken. Für ein gegebenes  $P(x)$  findet man mehrere einander nicht äquivalente Schaltungen, die im Verlauf des Eingangsstromes sich voneinander unterscheiden. In der Arbeit wird der Weg vom vorgeschriebenen  $P(x)$  oder einer anderen Funktion, die auch den Phasengang erkennen läßt, zu den Schaltungsteilen in allen einzelnen Schritten zurückgelegt. Die Bedingungen für die Ausführbarkeit werden aufgestellt und begründet. Eine für sich lesbare Zusammenstellung und ein Beispiel sollen die Anwendung des Verfahrens erleichtern. Im Anhang wird die Zerlegung eines Polynoms in die Quadratsumme zweier Polynome in einer für vorliegenden Zweck geeigneten Form dargestellt.

Man ist also in der Lage, zwischen beliebigen Ohm-Widerständen eingebettete verlustfreie Vierpole zu konstruieren, die keineswegs Siebschaltungen zu sein brauchen, insofern die Frequenzabhängigkeit nach einem Polynom verlaufen muß oder darf, damit eine gewünschte Wirkung erzielt wird.

### Physik

DK 537.521.6

**Zündspannungssenkung im inhomogenen Feld.** [Nach H. Scholtheis, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 4, S. 237; 4 S., 7 B.]

Bestrahlt man eine Funkenstrecke mit kurzwelligem Licht, so zündet sie bei einer niedrigeren Spannung als im unbestrahlten Zustand. Für ebene Elektroden ist bekannt, daß bei nicht zu großer Fremdstromdichte die Zündspannungssenkung proportional der Wurzel aus der Fremdstromdichte ist (Wurzelgesetz von Rogowski und Fucks). In vorliegender Arbeit wird die Zündspannungssenkung im inhomogenen Feld einer Funkenstrecke mit kugelförmiger Kathode untersucht. Bestrahlt wird mit einer Quecksilberdampfampe durch die aus einem feinen Drahtgitter bestehende Anode hindurch. Gemessen wird zunächst die Zündspannung und dann der Photostrom in Abhängigkeit vom Lampenabstand. Daraus wird die Abhängigkeit der Zündspannungssenkung von der Photostromdichte ermittelt. Es ergibt sich, daß das Wurzelgesetz auch für das inhomogene Feld gilt. Die Messung der wirklichen Photostromdichte zur Ermittlung des Proportionalitätsfaktors des Wurzelgesetzes soll in einer weiteren Untersuchung folgen. Außerdem wird gezeigt, daß bei gleichem Lampenabstand die Zündspannungssenkung bei großem Kugeldurchmesser stärker ist als bei kleinem, sie nimmt mit zunehmender Inhomogenität ab. Versuche, die an Funkenstrecken infolge Zündverzugs auftretenden Zündspannungsschwankungen zu verhindern, zeigen, daß hierzu bereits die Bestrahlung der Funkenstrecke mit einer normalen Glühlampe ausreicht. Dies wird an Hand einer Meßreihe augenfällig dargestellt.

Werkstatt und Baustoffe

DK 669.21 : 621.3.028

Über die Gold-Chrom-Widerstandslegierung für Normalwiderstände. [Nach A. Schulze, Phys. Z. 41 (1940) S. 121; 6 S., 6 B.]

In neuerer Zeit hat man wieder versucht, Edelmetalle bzw. -legierungen für Normalwiderstände zu verwenden. Unter den Edelmetall-Legierungen, insbesondere den Goldlegierungen, von denen verschiedene Arten untersucht worden sind, haben sich besonders die Gold-Chrom-Legierungen als Widerstandswerkstoff für Normalwiderstände als geeignet erwiesen. Im Bureau of Standards in Washington wurden zuerst von Thomas Gold-Chrom-Widerstände hergestellt. Sie haben den großen Vorzug, Temperaturkoeffizienten von nur wenigen Millionsteln bzw. von Null zu besitzen und kurze Zeit nach ihrer Fertigstellung zeitlich konstante Werte anzunehmen.

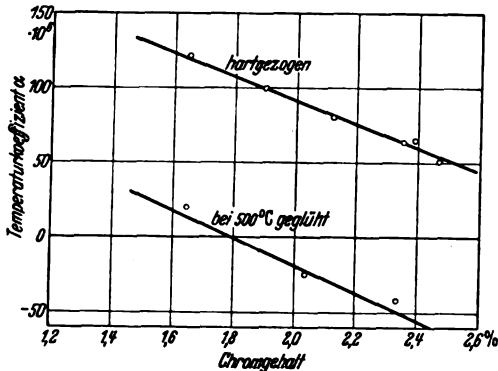


Bild 3. Widerstands-Temperaturkoeffizienten der Gold-Chrom-Legierungen.

Die Gold-Chrom-Legierungen wurden in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eingehend untersucht. Der spezifische Widerstand von reinem Gold, der bei Raumtemperatur etwa  $0,02 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  beträgt, steigt bereits durch geringe Chromzusätze sehr stark an, beträgt bei 1,8 Gewichtsprozent Chromzusatz etwa  $0,27 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  und bei 2,5% Chromzusatz etwa  $0,41 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ . Der hiermit Hand in Hand gehende Abfall des Temperaturkoeffizienten ist außerordentlich groß. Für ein enges Konzentrationsgebiet (in der Umgebung von 2 Gewichtsprozent Chromzusatz) ist sein Verlauf in Bild 3 wiedergegeben. Die obere  $\alpha$ -Kurve vom hartgezogenen Zustand der Legierungen zu, während die untere dem weichen (durch Glühung bei  $500^\circ$  erreichten) Zustande entspricht.

Durch eine geeignete thermische Behandlung der Legierungen (Alterung bis etwa  $200^\circ \text{C}$ ) ist es möglich, den Widerstands-Temperaturkoeffizienten auf Null herunterzudrücken. Es hat sich hiernach gezeigt, daß die Gold-Chrom-Legierungen mit 2,05 Gewichtsprozent Chrom für den vorliegenden Zweck als besonders geeignet erscheinen wegen der hierbei erforderlichen Alterungen. Ihr spezifischer Widerstand bei  $20^\circ$  beträgt  $\sigma = 0,33 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ , er ist somit um etwa 25% kleiner als der des Manganins und etwa 16mal größer als der des reinen Goldes. Die Thermokraft gegen Kupfer ist höher als bei Manganin und beträgt 7 bis  $8 \mu\text{V}$  je Grad. Bei der Erhitzung dieser Legierung bildet sich auf der Drahtoberfläche eine dünne Chromoxydschicht, die am besten mit Königswasser abgebeizt wird. Es empfiehlt sich, die Alterung auf alle Fälle im Vakuum oder in neutraler Atmosphäre vorzunehmen. Der Verlauf des elektrischen Widerstandes in der Umgebung der Raumtemperatur erfolgt gemäß der Gleichung:

$$W = W_{20} [1 + \alpha (t - 20) + \beta (t - 20)^2].$$

Die  $\beta$ -Werte sind jedoch sehr klein, so daß die Abweichung von der Linearität sehr gering ist.

Der Temperaturbereich, innerhalb dessen die Temperaturkoeffizienten sehr klein sind, beträgt etwa  $50^\circ$ ; oberhalb und unterhalb dieses Temperaturbereichs nehmen sie wieder zu. Die Widerstandstemperaturkurven sind von  $-200^\circ$  bis  $+200^\circ \text{C}$  untersucht worden.

Interessant ist, daß ebenso wie bei den Nickel-Chrom-Legierungen auch bei den Gold-Chrom-Legierungen ein S-förmiger Verlauf der Widerstandstemperaturkurven festgestellt wurde. Auch bei den Widerstandslegierungen der Kupfer-Mangan-Gruppe (Manganin, Isabellin, Novokonstant) ergibt

sich dasselbe Bild. Dieses eigenartige Verhalten, das durch das Inlösgehen der beiden nahe verwandten Metalle Mangan und Chrom hervorgerufen wird, ist höchstwahrscheinlich auf den komplizierten Gitterbau dieser beiden Metalle zurückzuführen.

Von der Gold-Chrom-Legierung mit 2,05 Gewichtsprozent Chrom wurde nun eine Reihe von Normalwiderständen hergestellt. Für Widerstände von

1 $\Omega$	wurden Drähte von 0,6 mm Dmr.
10 $\Omega$	.. .. . 0,3 .. ..
100 $\Omega$	.. .. . 0,1 .. ..
1000 $\Omega$	.. .. . 0,04 .. ..

verwendet. Der Draht war bifilar auf einem mit Gewinde versehenen Porzellanrohr (65 mm lang und 35 mm äußerer Dmr.) aufgewickelt. Sodann wurde er in einem mit Argon gefüllten Rohr aus K-Masse 16 bis 20 Stunden bei etwa  $200^\circ \text{C}$  getempert und anschließend langsam bis auf Raumtemperatur abgekühlt. Nach dem Abgleichen wurde der Widerstand mit einer dünnen Schicht aus Bakelitlack bestrichen und darauf etwa zwei Stunden auf einer Temperatur von  $80^\circ$  gelassen, bis der Lack getrocknet war. Die Enden des Drahtes waren an Kupferringe hart angelötet. Um eine haltbare Lösung zu erreichen, mußte der Legierungsdraht mit einer dünnen Kupferschicht überzogen werden. Die Kupferringe waren in der üblichen Weise durch Verschraubung und Weichlötlötung mit den inneren Enden der Kupferbügel verbunden.

Eine Reihe der so hergestellten Gold-Chrom-Widerstände konnte bereits über drei Jahre laufend beobachtet werden. Sie haben durchweg sehr kleine Temperaturkoeffizienten, wie aus den Beispielen der Tafel 1 zu ersehen ist.

Tafel 1. Temperaturkoeffizienten der Gold-Chrom-Widerstände.

Widerstand	$\times 10^6$	$\beta \times 10^6$
1 <sub>1</sub>	-1,1 <sub>1</sub>	-0,01
1 <sub>2</sub>	-0,7 <sub>2</sub>	+0,02
1 <sub>3</sub>	-3,3 <sub>3</sub>	+0,12
10 <sub>1</sub>	-4,4 <sub>1</sub>	-0,10
10 <sub>2</sub>	-2,4 <sub>2</sub>	-0,09

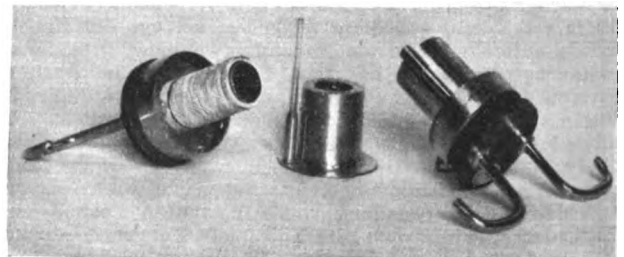


Bild 4. Ein 10  $\Omega$ -Gold-Chrom-Widerstand.

Auffällig ist, daß trotz der dünnen Lackschicht, mit der diese Widerstände überzogen sind, ein Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf den elektrischen Widerstand festzustellen ist. Dies spricht dafür, daß der Widerstandswerkstoff mechanischen Beanspruchungen gegenüber äußerst empfindlich ist. Stellt man an die Gold-Chrom-Legierungen Ansprüche auf höchste Genauigkeit, so dürfen diese nur im Raum mit konstanter Feuchtigkeit belassen werden. Um den Feuchtigkeitseinfluß gänzlich zu beseitigen, wurden unter Berücksichtigung der bisher gemachten Erfahrungen einige neue Gold-Chrom-Widerstände hergestellt. Hierbei wurde jegliche Verwendung irgendwelchen Lacks vermieden. Die Spule war in einem Messinggehäuse eingebaut und so von der Außenluft abgeschlossen (Bild 4). Das Innere des Gehäuses war mit einem neutralen Gas, und zwar mit Argon, gefüllt. Diese Konstruktion soll eine völlige Unabhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit gewährleisten. Diese Widerstände werden bereits seit acht Monaten laufend beobachtet.

Die Gesamtänderungen der Widerstände betragen im Laufe von 2 bis 3 Jahren nur 1 bis 2 Hunderttausendstel, was durchaus für die Brauchbarkeit der Gold-Chrom-Legierungen zur Verwendung von Normalwiderständen spricht. Sb.

## AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

### Die Zeichenschutzfähigkeit von Kabelkennfäden

DK 347.77: 621.315.2

Großes Aufsehen hatte in der Fachwelt das Urteil des Reichsgerichts vom 28. 5. 1937 erregt, welches den sogenannten Kabelkennfäden den Warenzeichenschutz abkannte. Gegen diese Auffassung erhob sich ein Sturm, eine ganze Reihe namhafter Fachleute sprach sich dagegen aus, und groß war naturgemäß die Beunruhigung in der Kabelindustrie. Nun hat das Reichspatentamt durch seinen 12. (Warenzeichen-)Beschwerdesenat in einer Entscheidung vom 31. 10. 1939 (Aktenzeichen: A 28078/22 b Wz.) entgegen dem Reichsgericht an seiner alten Übung festgehalten und nach Einholung von Fachauskünften den Kabelkennfädenzeichen die Eintragbarkeit als Warenzeichen zugesprochen. Als bald danach hat sich auch der Gesetzgeber für die Schutzfähigkeit ausdrücklich ausgesprochen, und zwar durch folgende

Verordnung über den Warenzeichenschutz für Kabelkennfäden vom 29. 11. 1939<sup>1)</sup>:

„Auf Grund gesetzlicher Ermächtigung wird mit Zustimmung des Generalbevollmächtigten für die Wirtschaft und des Oberkommandos der Wehrmacht folgendes verordnet:

#### § 1.

(1) Wer sich in seinem Geschäftsbetrieb zur Unterscheidung von den Waren anderer für die Kennzeichnung von Kabeln, isolierten Leitungen, Schnüren und dergleichen eines mit ihnen verbundenen, unschwer offenzulegenden Kennfadens bedienen will, kann diesen nach den Bestimmungen des Warenzeichengesetzes vom 5. Mai 1936 (Reichsgesetzbl. II, S. 134) zur Eintragung in die Warenzeichenrolle beim Reichspatentamt anmelden.

(2) Unter den Voraussetzungen des § 17 des Warenzeichengesetzes können solche Kennfäden auch als Verbandszeichen angemeldet werden.

#### § 2.

Eingetragene Kennfäden genießen den Schutz des Warenzeichengesetzes.

#### § 3.

Der-Präsident des Reichspatentamtes erläßt die näheren Bestimmungen über die Anmeldung von Kennfäden.“

Die Gründe der genannten Senatsentscheidung waren im wesentlichen folgende:

Die Prüfungsstelle hatte das Zeichen zunächst mit folgender Begründung als nicht schutzfähig beanstandet:

„In dem durch Urteil des Reichsgerichtes vom 28. Mai 1937 abgeschlossenen Rechtsstreit ist seitens der Gerichte festgestellt worden<sup>2)</sup>, daß die sog. Kabelkennfäden im Verkehr größtenteils unbekannt sind und insbesondere von den Kleinhändlern, den Installateuren und den Verbrauchern der elektrischen Leitungen und Kabel nicht als Ursprungskennzeichen beachtet werden. Danach kann auch seitens des Reichspatentamtes die Unterscheidungskraft solcher Zeichen nicht mehr anerkannt werden. Das angemeldete Zeichen wird daher nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 des Warenzeichengesetzes von der Eintragung ausgeschlossen werden müssen.“

Demgegenüber hat die Anmelderin ausgeführt, daß Reichspost und Reichsbahn für die Lieferungen von Fernmeldekabeln die Anwendung von Firmenkezeichnungen vorgeschrieben, um jederzeit einwandfrei den Kabelursprung ermitteln zu können, und daß ferner auch das Oberkommando der Kriegsmarine unter Bekämpfung des Standpunktes des Reichsgerichtes die Kabelkennfäden als unterscheidungskräftig im Sinne des § 4 WZG. erachte.

Die Prüfungsstelle ist dem nicht beigetreten. Sie hat die Anmeldung zurückgewiesen und dazu in Ergänzung ihres erwähnten Vorbescheides u. a. ausgeführt, daß aus dem Urteil des Reichsgerichtes hervorgehe, daß beachtliche Teile des Verkehrs, insbesondere die Installateure und sonstigen Kleinverbraucher, vielfach nicht über die Bedeutung der Kennfäden unterrichtet sind und an ihnen nicht die

Herkunft der mit ihnen versehenen Waren aus einem bestimmten Geschäftsbetrieb zu erkennen vermögen. Insofern fehle den Kennfädenzeichen mithin die Unterscheidungskraft.

Zur Begründung ihrer hiergegen gerichteten Beschwerde macht die Anmelderin geltend, daß die Installateure und übrigen Kleinverbraucher nur einen verschwindend kleinen Teil der Abnehmer darstellten. In erster Linie würden mit Kennfäden versehene Kabel an Grob- abnehmer, wie Reichspost, Reichsbahn, Beschaffungsämter der Wehrmacht, Straßenbahnverwaltungen, Elektrizitätswerke, Werften, Eisenbahnwagenfabriken, Kraftwagenfabriken und Großhändler geliefert. Alle diese Abnehmer werteten die Kennfädenfärbung als Ursprungsmarke. An die erwähnten Großhändler hielten sich aber auch die Installateure und sonstigen Kleinverbraucher bei Beanstandungen des Kabels oder bei Nachbestellungen, und der Großhändler erkenne eben an den Kennfäden, genau so wie die erwähnten Behörden und sonstigen Großabnehmer, den Ursprung der Ware. Im übrigen handele es sich bei dem Kennfadenbilde um nichts anderes als um die Abwicklung eines zylindrischen Körpers, des Fadens. Es gebe eine große Zahl eingetragener Warenzeichen, die ebenfalls solche Abwicklungen eines körperlichen Gegenstandes, z. B. eines Kubus oder eines quaderförmigen Körpers, darstellten. Wesentlich sei allein; daß Gegenstand der Ursprungsmarke nicht der Körper selbst, sondern nur seine Oberfläche sei. Schließlich beruft sich die Anmelderin für die Schutzfähigkeit eines Kennfadenbildes als Warenzeichen auf das den Standpunkt des Reichsgerichtes nicht teilende Schrifttum.

Der Beschwerde war aus folgenden Erwägungen stattzugeben:

Zur Klärung der Frage der Unterscheidungskraft hat der erkennende Senat Ermittlungen durch Befragung zweier Reichsverbände und einer Fachgruppe angestellt. Die Fragen lauteten:

- „1. Trifft es zu, daß Installateure und sonstige Kleinverbraucher im Gegensatz zu sämtlichen öffentlichen Betrieben und sonstigen Großabnehmern die Bedeutung von Zeichen der angemeldeten Art als Ursprungszeichen nicht kennen, obwohl die Verwendung solcher Kennfäden vom Verband Deutscher Elektrotechniker vorgeschrieben ist?“
2. Welche Gesamtmenge an Kabeln und anderen mit farbigen Kennfäden versehenen elektrischen Leitungen werden an öffentliche Betriebe und sonstige Großabnehmer und welche Gesamtmenge an die Kleinbetriebe, z. B. Installateure, geliefert? Ist die Gesamtmenge der Lieferungen an Kleinabnehmer im Verhältnis zu denen an Großabnehmern nur ganz gering?“

Alle drei befragten Stellen, der Reichsinnungsverband des Elektrohandwerks, der Verband Deutscher Elektrotechniker und die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie, über die einschlägigen Verhältnisse zweifellos wohlunterrichtet, haben sich im wesentlichen einhellig geäußert und insbesondere die erste Frage entschieden verneint.

Angesichts dieses Untersuchungsergebnisses hat der Senat keine Bedenken getragen, die Unterscheidungskraft von Kennfädenzeichen für Kabel und isolierte Drähte im Sinne des § 4 WZG. nach wie vor zu bejahen.

Die Kennfaden-Entscheidung des Reichsgerichtes vom 28. 5. 1937 deckt sich insoweit mit der ständigen Übung des Reichspatentamtes, als darin zum Ausdruck gebracht ist, daß körperliche Gebilde als Warenzeichen nicht eintragbar sind. Die in dieser Entscheidung vertretene Auffassung indes, bei Kabelkennfädenzeichen handele es sich nicht um flächenmäßige, sondern um körperliche Gebilde, vermag der Senat nicht zu teilen. Er pflichtet vielmehr dem Oberkommando der Kriegsmarine darin bei, daß hier — trotz manchmal unklarer oder gar scheinbar gegenteilig lautender Zeichenbeschreibungen — in Wirklichkeit der Zeichenschutz nach dem Willen des Anmelders nicht den Kennfäden als

<sup>1)</sup> Reichsgesetzblatt Teil II vom 1. 12. 39; ETZ 60 (1939) S. 1464.  
<sup>2)</sup> siehe Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen 1937, S. 191, links unten.

solchen umfassen soll, sondern lediglich seine farbige Oberfläche mit einer Farbfolge in Gestalt bestimmter verlaufender Streifen<sup>3)</sup> o. dgl. Meyer hebt hier u. a. hervor, daß „die Kennfäden im Verkehr sicher nicht anders als bunte Streifen angesehen werden.“ Man kann also Zeichen der angemeldeten Art die Schutzfähigkeit aus dem Gesichtspunkte des Erfordernisses rein flächenmäßiger Begrenzung ebensowenig versagen, wie es das Reichspatentamt und auch die ordentlichen Gerichte im Einklange mit dem Schrifttum bei den Webkanten, auf Zwischenfütterstoffen und bei den farbigen Strichen auf gezogenen Glasröhren und Glasstäben tun.

Gegen die Schutzfähigkeit des angemeldeten Zeichens läßt sich auch nicht etwa, wie es die Prüfungsstelle mit Rücksicht auf die unklare Fassung der Anmeldung im 1. Vorbescheide vom 28. 3. 1938 getan hat, vorbringen, daß bloße Farben als solche des Zeichenschutzes nicht teilhaftig werden können<sup>4)</sup>. Denn offensichtlich begehrt die Anmelderin keinen Schutz auf die Verwendung blau-gelber Färbung schlechthin, die Farben

<sup>3)</sup> siehe auch Rauter, „Das Warenzeichen“, 2. Aufl. 1938, S. 48; ferner die Darlegungen Hunkel's in der Zeitschrift „Gewerblicher Rechtsschutz und Urheberrecht“ 1938, S. 154, und den Aufsatz Meyers dort, S. 155 fg., insbes. S. 157 links.

<sup>4)</sup> Vergl. u. a. die Entsch. d. Senats v. 18. 3. 1932, Blatt für Patent-, Muster- und Zeichenwesen 1932, S. 127.

#### Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke<sup>1)</sup>. Geschäftsjahr 1938. Liste I

DK 621.311.1.003

##### Nr. 1. Elektrowerke Aktiengesellschaft, Berlin

An die Stromerzeugung der Werke wurden besonders hohe Anforderungen gestellt, doch gelang es, sämtliche Ansprüche des Versorgungsgebietes zu befriedigen. Der Besitz an Braunkohlenfeldern wurde erweitert. Bei den Kraftwerken kamen zu Beginn des Jahres neue Anlagen in Betrieb. Die anderen Kraftwerke wurden durch Erneuerung überalterter Anlagen in ihrer Leistungsfähigkeit gesichert und erhöht. Pachtweise wurde in Verbindung mit der Mehrheitsbeteiligung bei der Mitteldeutschen Kraftwerk Magdeburg A.-G. das derselben gehörige Kraftwerk Magdeburg übernommen und in die mitteldeutsche Verbundtschaft der Elektrowerke eingegliedert. Ergänzt wurde die eigene Erzeugung durch den Bezug von Steinkohlen- und Braunkohlenstrom aus Kraftwerken von Bergbauunternehmen. Die Stromabgabe nahm erheblich zu und auch die Stromabgabe an die Reichsbahn blieb in steter steigender Entwicklung. Auf dem Konto Beteiligungen kommt die bereits erwähnte Mehrheitsbeteiligung an der Mikromag zum Ausdruck. Das Aktienkapital wurde um 20 Mill RM auf 130 Mill RM erhöht; die neuen Aktien wurden zum Kurse von 135% von der Alleinaktionärin der Elektrowerke A.-G. der Viag übernommen. Unter den Anleihe-Verbindlichkeiten sind nur noch nom. \$ 2 997 500 6½% Dollaranleihe à 4,20 RM mit 12 589 500 RM ausgewiesen.

##### Nr. 2. MEW Märkisches Elektrizitätswerk AG, Berlin

Der am 1. Juli 1938 erfolgte Übergang der Stromverteilung im Groß-Berliner Gebiet und im Kreise Teltow auf die Bewag und die Teltower Kreiswerke führt zu einer erheblichen Verschiebung der Verbrauchszunahme bei den einzelnen Abnehmergruppen. Abgesehen von diesen beiden Veränderungen wurden dem MEW im Berichtsjahre 53 bisher unversorgte Landgemeinden und zwei Städte, die bisher Eigenanlagen betrieben, angeschlossen, andererseits verringerte sich die Zahl der selbständigen Gemeinden durch Eingemeindungen um 94, so daß die Zahl der mit Strom versorgten Städte und Gemeinden 6458 beträgt. Die im Berichtsjahre ausgeführten Neuanlagen, Erweiterungen und Erneuerungen erforderten einen Kostenaufwand von rd. 31 300 000,— RM; darüber hinaus wurden noch Lieferungsaufträge von rd. 18 700 000,— RM erteilt. Die Anleiheverbindlichkeiten ermäßigten sich im Berichtsjahre für die alte Dollaranleihe auf 3 720 000 \$ und für die früheren Überlandzentrale Pommern A.-G. auf 2 530 000 \$; beide Anleihen sind, wie in den Vorjahren, zu 4,20 RM je Dollar umgerechnet. — Entgegen den Vorjahren sind Zuführungen an den Anleihestock nicht erforderlich, da inzwischen sämtliche Aktionäre die Aktien auf Grund des Art. 3 der II. Durchführungs-Verordnung zum Anleihestock-Gesetz bei der Deut-

sollen vielmehr in bestimmt abgegrenzten Flächen erscheinen, nämlich in schräg-parallel zueinander verlaufenden Rechtecken gleicher Breite.

Die Besonderheit der Gewährung eines Zeichenschutzes für farbige Kennfadenbilder liegt darin, daß der Kennfaden keine bestimmte Länge hat, sondern unendlich verläuft. Infolgedessen ist das angemeldete Zeichen statt nach 3 Richtungen nur nach 2, nämlich nur nach oben und unten abgegrenzt, also genau wie das bei den Webkanten und den Farbstrichen auf gezogenen Glasröhren und Glasstäben der Fall ist. Hier hat sich aber seit langem ein wohl nie ernsthaft angezweifelter Gewohnheitsrecht dahin entwickelt, daß unter Berücksichtigung der praktischen dringenden Bedürfnisse der einschlägigen Gewerbebranche ausnahmsweise auch ein nur zweiseitig abgegrenztes Flächengebilde den Zugang zur Warenzeichenrolle finden darf.

Nach alledem war der angefochtene Zurückweisungsbeschluß aufzuheben und in Übereinstimmung mit der ständigen, jahrzehntealten, von der deutschen Wirtschaft ebenso wie vom Schrifttum offenbar einmütig gebilligten Übung des Reichspatentamts festzustellen, daß das Eintragungsverbot des § 4 Abs. 2, Ziff. 1 WZG. der von der Beschwerdeführerin angestrebten Zeichenschutzbewilligung nicht entgegensteht. K. Bindewald

schen Golddiskontbank, Berlin, hinterlegt haben. Die bisher im Anleihestock gesammelten Beträge sind auf Grund der III. Durchführungs-Verordnung und Ergänzung vom 9. 12. 1937 zusammen mit der Dividende für das Geschäftsjahr 1937 an die in Frage kommenden Aktionäre ausgeschüttet worden.

##### Nr. 3. Lech-Elektrizitätswerke A-G, Augsburg

Um den Stromanforderungen für die Folgezeit gerecht werden zu können, ist der Bau weiterer Illerwerke und der Ausbau der Verbundleitungen in Angriff genommen. — Die Schweizer-Franken-Anleihe, auf welche die vorgeschriebene Abzahlung stattgefunden hat, steht noch mit 14 651 000,— sfrs. = 11 862 035,— RM mit Laufzeit bis 1951 zu Buch.

##### Nr. 4. Bayerische Elektrizitäts-Lieferungs-Ges. AG, Bayreuth

An der Steigerung der Stromabgabe von 21,6% ist in erster Linie die Industrie beteiligt, durch Anschluß neuer Unternehmungen. Mit Strom versorgt wurden unmittelbar 13 Städte und 345 Gemeinden gegenüber 13 Städten und 341 Gemeinden im Vorjahre.

##### Nr. 5. Grube Leopold Aktiengesellschaft, Bitterfeld

Die Grube Leopold betreibt Kohlenförderung, Brikett-Herstellung, Stromerzeugung, Herstellung von Mauersteinen und Fabrikation von Nebenprodukten. An Strom wurde 9% mehr erzeugt als im Vorjahr.

##### Nr. 6. Elektrizitätswerk Brandenburg (Havel) AG, Brandenburg a. Havel

Die Absatzsteigerung von 33% beruht in erster Linie auf der Zunahme des industriellen Stromverbrauchs.

##### Nr. 7. Elektrizitätswerk Schlesien A.-G., Breslau

Die begonnenen Kraftwerks-Erweiterungsbauten sowie die der Hochspannungsnetze wurden fortgesetzt. Das Aktienkapital wurde um 6 Mill RM auf 36 300 000,— RM erhöht. Von den Darlehensverbindlichkeiten in fremder Währung sind nur noch 1 563 500 \$ à 4,20 = 6 566 700,— RM und \$ 7 090 000,— sfrs. = 5 787 623,— RM vorhanden.

##### Nr. 8. Drewag Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG, Dresden

Der Stromabsatz erhöhte sich um 12%. An der Steigerung waren alle Abnehmergruppen beteiligt, doch fiel der Hauptanteil auf Industrie und Gewerbe. Die gesamten Werke und Netzanlagen wurden planmäßig erweitert und erneuert. Die Bilanz der Drewag ist eine gemeinsame für alle Abteilungen, doch werden die Zahlen des Anlagevermögens dahin erläutert, daß von dem 187 508 432,— RM betragenden Gesamtwert auf Elektrizitätswerksanlagen 84 761 166,— RM und auf Gemeinsame Anlagen 6 367 798,— RM entfallen; ebenso sind von den insgesamt 107 730 223,— RM Wertberichtigungen für Elektrizitätswerke 50 817 673,— RM und für gemeinsame Anlagen 2 491 077,— RM vorgesehen. Die Zahl der Gesamtbelegschaft stieg von 3017 auf 3061 Köpfe.

##### Nr. 9. Großkraftwerk Erfurt A-G, Erfurt

Der Stromabsatz erfuhr eine Steigerung um fast 20%.

<sup>1)</sup> Letzter Bericht: ETZ 60 (1939) S. 1351. In dem letzten Bericht aus dem Geschäftsjahr 1938 wurde versehentlich mit Nr. 23 angefangen. Die Nummern 1 bis 22 werden mit vorliegendem Bericht nachgeholt. Der Ber.





**Nr. 10. Neckarwerke Aktiengesellschaft, Eßlingen a. N.**

Der Stromabsatz erfuhr nur eine Steigerung von knapp 3%, was auf die nur einmalige Belastungsverschiebung bei dem größten Wiederverkäufer zurückzuführen ist. Ohne Berücksichtigung dieses Sonderfalles betrug die Steigerung 11%, an der im wesentlichen Industrie und Haushaltung beteiligt sind. Am Ende 1938 wurden direkt mit Strom 209 Gemeinden beliefert, wozu noch 283 Großabnehmer mit 332 Anlagen und ferner 18 Wiederverkäufer kamen. — Auf das Aktienkapital von 30 000 000,— RM sind nom. 20 Mill RM Aktien voll und 10 Mill RM Aktien mit 35% eingezahlt; das noch nicht eingeforderte Aktienkapital 65% gleich 6 500 000,— RM ist im Umlaufvermögen als ausstehende Forderung der A.-G. aufgeführt.

**Nr. 11. Main-Kraftwerke A-G, Frankfurt a. M.-Höchst**

Die Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 8%. Im Berichtsjahr wurden das Elektrizitätswerk Hofheim und das Ortsnetz Dornholzhausen angegliedert. Zum Schluß des Jahres wurden 375 Gemeinden mit 310 199 Einwohnern und 79 108 Abnehmern mit Strom versorgt.

**Nr. 12. Schluchseewerk-Aktiengesellschaft, Freiburg i. Br.**

Die Jahreserzeugung erfuhr eine Steigerung um 4%. Die Erweiterungsbauten nahmen ihren planmäßigen Fortgang und weitere Bauvorhaben, durch die die bisherige Leistung des Werkes reichlich verdoppelt werden kann, sind in Planung. Das Disagio aus der Schweizer-Franken-Anleihe hat sich um die jährliche planmäßige Tilgung von 95 000,— RM auf 1 982 612,— RM ermäßigt. Die 6%ige Schweizer-Franken-Anleihe von nom. 35 000 000,— sfrs. ist durch planmäßige Tilgung und unter Berücksichtigung des Eigenbesitzes auf 30 655 000,— sfrs. = 24 971 563,— RM ermäßigt.

**Nr. 13. Thüringer Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG, Gotha**

Die Stromabgabe erfuhr eine Steigerung von 16,8%; versorgt wurden 7 Städte, 154 Gemeinden und 26 Eltwerke und Überlandzentralen.

**Nr. 14. Stelmärkische Elektrizitäts-Gesellschaft, Graz**

Die Stromerzeugung erfuhr eine Steigerung um 11,4%.

**Nr. 15. Kommunales Elektrizitätswerk Mark A.-G., Hagen**

Erzeugt wurden 11½% mehr kWh als im Vorjahr. Zur Sicherstellung der künftigen großen Leistungsanforderungen ist der Ausbau der Anlagen und die Inangriffnahme eines neuen Kraftwerkes dringlichst vorgesehen. Die noch ausstehenden Einlagen auf das Grundkapital sind mit 290 767,— RM unter Umlauf-Vermögen als ausstehende Forderung aufgeführt.

**Nr. 16. Elektrizitätswerk Unterelbe AG, Hamburg-Altona**

Die Stromabgabe konnte um 23% gesteigert werden. Bei der Durchführung des Groß-Hamburg-Gesetzes wurde eine Bereinigung der Stromversorgungsgebiete erforderlich. In diesem Zusammenhang ging das Unspannwerk Elmshorn gegen angemessene Entschädigung an die Schleswig, Rendsburg, über; die bisher von der A.-G. betriebenen Altonaer Gas- und Wasserwerke gingen pachtweise an die Hamburger Gas- bzw. Wasserwerke über. Anleihen in fremder Währung sind noch nom. 808 500 \$ = 3 395 700,— RM 6% Amerikanische Anleihe und nom. 1 500 000,— sfrs. = 1 215 000,— RM 5% Darlehen der Schweizer Bankgesellschaft, Zürich, im Umlauf.

**Nr. 17. Esag Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG, Halle a. Saale**

Die Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 11,1%. Beliefert wurden 16 Überlandwerke, 3 Städte und 6 Industrie-Großverbraucher. Die Anlagen erfuhr bedeutende Erweiterungen.

**Nr. 18. Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs AG, Hannover**

Die Stromabgabe steigerte sich um 18,4% gegenüber dem Vorjahr. Die Anlagen erfuhr durch Neu- und Erneuerungsbauten eine bedeutende Erweiterung. Die Beteiligungen erfuhr eine Verminderung von 585 000,— RM.

**Nr. 19. Großkraftwerk Württemberg A.G., Heilbronn**

Im Berichtsjahr erfuhr die Stromerzeugung eine Steigerung um 10%. Die Anlagen haben eine Zunahme erfahren. Die Dividende konnte von 4 auf 5% erhöht werden.

**Nr. 20. EMR Elektrizitätswerk Minden-Ravensberg GmbH., Herford**

Die Stromabgabe erhöhte sich um 21,5%. Den Anforderungen des Vierjahresplanes entsprechend sind die Anlagen der

Kraftwerke und der Netzleitung erweitert worden. Das Versorgungsgebiet umfaßt 10 Städte und 213 Landgemeinden. — Die Beteiligung an der Herforder Kleinbahnen GmbH. ist auf den Merkwert von 1,— RM abgeschrieben worden.

**Nr. 21. Badenwerk Aktiengesellschaft, Karlsruhe**

In der Hauptversammlung vom 22. 7. 1938 wurde der Name der Firma geändert und das Geschäftsjahr auf das Kalenderjahr umgestellt. Deshalb umfaßt das Berichtsjahr nur die Zeit vom 1. 4. bis 31. 12. 1938. In diesen 9 Monaten war die nutzbare Stromabgabe um 31,7% höher als im gleichen Zeitraum des Vorjahres. Es wurden 504 politische Gemeinden mit Strom versorgt. Durch Kauf gingen die in der Gemarkung Mannheim liegenden Stromverteilungsanlagen der Kraftwerk Rheinau A.-G., das Itterkraftwerk bei Eberbach sowie die Stromverteilungsanlagen der Licht- und Kraftversorgung eGmbH. Wiesloch, des Strombezugsverbandes Waldshut und der Firma Bauer & Schoenenberger, Schnellingen, auf die A.-G. über. Die Anlagen wurden durch Neu- und Umbauten erweitert und der Verbundbetrieb weiter ausgebaut. Zusammen mit den Partnern der Schluchsee A.-G. wird der schleunige Bau der Mittelstufe des Schluchseewerks betrieben und gleich diesen Partnern wurde von der A.-G. 787 023,— RM auf einen Teil des ihr gewährten Darlehens abgeschrieben. Die Beteiligungen erfuhr einige Umwandlungen durch Austausch, Kauf und Verkauf. Von den in fremder Währung lautenden Darlehen sind nach den planmäßigen Abzahlungen und unter Berücksichtigung des im eigenen Besitze befindlichen Bonds nur noch 39 373 000,— sfrs. = 32 155 900,— RM und 9 649 000,— sfrs. = 7 880 338,— RM 6% Schweizer-Franken-Anleihen vorhanden.

**Nr. 22. Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Mitteldeutschland, Kassel**

Die Stromabgabe erhöhte sich um 12,9%. Die Anlagen wurden ebenso wie die Netze planmäßig erweitert. Neu angeschlossen an das Netz wurden 2 Gemeinden und mit 2 Städten und 4 Gemeinden wurden Stromlieferungsverträge abgeschlossen.

DK 621.311.1(496)

**Entwicklung der türkischen Elektrizitätswirtschaft.** [Nach H. Halet, Electr. Rev., Lond. 125 (1939) S. 493; 1½ S., 3 B.]

Die türkische Republik umfaßt eine Fläche von etwa 776 000 km<sup>2</sup> und besitzt rd. 17 Millionen Einwohner, von denen 75% Bauern sind. Das günstige Klima erlaubt den erfolgreichen Anbau von Weizen, Tabak, Reis, Feigen, Nüssen und Südfrüchten. Das Land enthält zahlreiche Energiequellen; die ausbaufähige Wasserkraft wird auf etwa 1 Mill PS geschätzt. Ferner sind reiche und wertvolle Kohlenschätze mit verschiedenen Sorten vorhanden. Die erste elektrische Anlage erhielt die Stadt Tarsus im Jahre 1902 in Form eines Wasserkraftwerkes für 120 PS, wobei die Energie auf etwa 3 km mit Hilfe von 5 kV übertragen wurde. 1914 entstand das Istanbuler Dampfkraftwerk für 12 000 kVA. Im Jahre 1932 war die in allen damaligen 54 türkischen Werken ausgebaut Leistung bereits auf rd. 100 MVA gestiegen, wovon Istanbul 70 MVA besaß. Nach weiteren fünf Jahren waren in 141 Kraftanlagen rd. 140 MVA ausgebaut, wovon 86% mittels Dampf, 9% durch Verbrennungskraftmaschinen und 5% durch Wasserkraft erzeugt wurden. Der gesamte türkische Stromverbrauch betrug 1937 fast 167 MWh, wovon 37% für Lichtzwecke, 53% für Industriebedarf und etwa 10% für Straßenbahnen verwendet wurden. Der jährliche Stromverbrauch je Kopf der Bevölkerung betrug im Jahre 1932 etwa 5,67 kWh und erreichte 1937 bereits 10,3 kWh.

Von den neueren Kraftwerksbauten ist vor allem das im Zuge des industriellen Fünfjahresplanes für den Industrieschwerpunkt gebaute Dampfkraftwerk Sümerbank für 5000 PS zu nennen. Im Laufe der letzten Entwicklung erhielten über 140 Städte des Landes eigene Werke, weitere 35 sind im Bau. Vielfach wurden kleinere Diesels- zu größeren Dampfkraftanlagen umgestaltet. Im zweiten Fünfjahresplan wurden die beiden Großanlagen für je 120 MW bei Chatalagzi und Kutahya geplant; je drei 25 000 kVA-Turbogeneratoren sind bereits ausgebaut. Die Energieübertragung geschieht vom erstgenannten Werk mit 66 kV-Freileitungen. Das zweite Werk versorgt die chemische und sonstige Industrie der Gegend sowie einige Hauptstädte, wofür eine Fernleitung mit 150 kV Nennspannung geplant ist. Auf Beschluß der Regierung sollen bis 1943 sämtliche 300 Städte eine Stromversorgung besitzen. Die Finanzierung liegt in den Händen der vier größten türkischen Banken. an.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

## Freileitungen und Isolatoren

Der Ausschuß für Freileitungen hat Entwürfe zu Änderungen von

VDE 0210 „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“ und

VDE 0210 U „Umstell-Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen“

aufgestellt, die in ETZ 61 (1940) H. 17, S. 375 veröffentlicht sind.

Im Zusammenhang hiermit hat der Ausschuss für Isolatoren einen Entwurf zu einer Änderung von

VDE 0446 „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 17, S. 376 veröffentlicht ist.

Die Umstellvorschriften VDE 0446 U/1937 sollen hierdurch ersetzt werden.

Ferner hat der Ausschuß Entwürfe zu der 3. Ausgabe der Normblätter

DIN VDE 8007 Kappenisolatoren Reihe K

DIN VDE 8009 Vollkernisolatoren Reihe VK

aufgestellt, durch die gleichzeitig die bisher gültigen Umstellnormblätter DIN VDE 8007 U und DIN VDE 8009 U ersetzt werden. Diese Entwürfe sind in ETZ 61 (1940) H. 17, S. 377 veröffentlicht.

Schließlich hat der Ausschuß einen Neuentwurf zu

DIN VDE 8014 Vollkern-Zusatzisolatoren Reihe VKZ

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 17, S. 378 veröffentlicht ist.

In diesem Zusammenhang wird auf den auf S. 374 dieses Heftes veröffentlichten, von den Vorsitzenden der beiden Ausschüsse, den Herren Bürklin und Weicker, verfaßten Einführungsaufsatz zu den neuen Bestimmungen über Freileitungs-Kettenisolatoren hingewiesen.

Begründete Einsprüche zu den vorgenannten Entwürfen können bis zum 11. Mai 1940 bei der Geschäftsstelle eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Die Geschäftsführung

Viefhaus

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Ostschlesien, Dresden.** 25. 4. (Do), 1945, El. Inst. T. H.: „Allgemeine Übersicht über die Probleme der Kurzschlußlöschung“. W. Kaufmann VDE.

**VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund.** 8. 5. (Mi), 2000, Gaststätte „Berghoff“, Rheinische Str. 2: „Erdung, Nullung, Schutzschaltung und Lebens- oder Brandgefahr“ (m. Lichtb.). Dipl.-Ing. Sch neil VDE.

**Fachgruppe Energiewissenschaft, Arbeitskreis „Lichttechnik“, Wien.** 26. 4. (Fr), 2000, Haus der Technik: „Luftschutzbeleuchtung und Verkehr“. Dipl.-Ing. E. v. d. Trappen VDE (m. Aussprache).

## PERSONLICHES

**F. Tobler †.** Am 9. April starb im 58. Lebensjahr der Leiter der Technischen Prüfanstalten des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, Herr Oberingenieur Fritz Tobler. Der Verstorbene hat 28 Jahre dem SEV angehört und der Materialprüfanstalt und Eichstätte wertvolle Dienste geleistet. Hervorzuheben ist auch seine rege Mitarbeit in der IFK, der er stets gerne seine reichen Erfahrungen zur Verfügung stellte.

**R. Schlothauer.** — Am 22. April 1940, wenige Monate vor der Vollendung seines 70. Lebensjahres, konnte Herr Kommerzienrat Reinhold Schlothauer auf ein 50jähriges Wirken in der Firma C. & F. Schlothauer G.m.b.H., Ruhla i. Thür., zurückblicken. Nach Erlernung des Schlosserhandwerks und Lehrjahren in der Metallindustrie Berlins trat Schlothauer vor 50 Jahren in die väterliche Metallwarenfabrik in Ruhla ein. Mit der fortschreitenden Anwendung der Elektrizität für Kraft- und Lichtzwecke hat sich der Jubilar namentlich der Installations-technik zugewandt und seinem Werk auf diesem Gebiet eine bedeutsame Stellung erworben. Dieser Erfolg ist in erster Linie seiner handwerklichen und technischen Begabung zuzuschreiben, indem er den erhöhten Bedarf durch rationelle Herstellungsverfahren bei stetigen technischen Verbesserungen der Erzeugnisse befriedigte.

## BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

DK 538.312

**Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn I. Herrmann „Ersatz der beiden Dreifingerregeln durch eine einzige“. ETZ 61 (1940) H. 5, S. 105**

Da die Regeln zur Bestimmung der Richtungen der EMK der Bewegung und der Kraftwirkung, die einmal die rechte und das andre Mal die linke Hand benutzen, beim Anfänger leicht verwechselt werden können, benutze ich im Unterricht in beiden Fällen nur die rechte Hand (vgl. mein Buch „Elektrische Maschinen“, Bd. I, S. 25 und S. 38 u. 39). Dabei wird der Zeigefinger (2. Finger, entsprechend der  $y$ -Achse eines rechtswendigen Koordinatensystems) immer in die Richtung des magnetischen Feldes gelegt und der Daumen (1. Finger, entsprechend der  $x$ -Achse) in die Richtung der Ursache (bei Bestimmung der EMK die Bewegungsrichtung, bei Bestimmung der Kraftwirkung die Stromrichtung). Der Mittelfinger (3. Finger, entsprechend der  $z$ -Achse) gibt dann die Wirkung an (im ersten Falle die EMK, im zweiten die Kraft).

Karlsruhe, 8. 2. 1940

R. Richter VDE

**Stellungnahme zur Zuschrift des Herrn Richter**

Die Zuschrift zeigt, daß man von verschiedenen Beweggründen her zum gleichen Ergebnis kommen kann. Prof. Dr. Richter ging von einer pädagogischen Erwägung aus, und ich wollte zeigen, daß den beiden so verschiedenen Wirkungen dieselbe Ursache zugrunde liegt.

Finkenkrug, 14. 2. 1940

Imm. Herrmann VDE

DK 621.316.923 : 621.316.13

**Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn P. Denzel „Selektiv-, Querschnitts- und Rückstromschutz durch Sicherungen in einsystemig gespeisten Maschennetzen“. ETZ 60 (1939) H. 49, S. 1389**

In meinem Aufsatz „Die Erfassung von Rückströmen vermaschter Niederspannungsnetze durch Schmelzsicherungen“ (Elektrotechn. u. Masch.-Bau 52 (1934) S. 602) habe ich mathematisch nachgewiesen, daß Rückströme durch träge Schmelzsicherungen erfassbar sind. Man muß nur ein bestimmtes Nennstromverhältnis zwischen den Transformator- und Kabelsicherungen einhalten, das von den Kurzschluß-Teilströmen des betreffenden Speisepunktes abhängt.

Diese theoretische Betrachtung wurde durch Versuche ergänzt, die ich unter „Schmelzsicherungen im Rückwärtskurzschluß vermaschter Niederspannungsnetze“ (Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 497) beschrieben habe. Damit war

die Möglichkeit, den Maschennetzschalter durch die normalen trägen Hochleistungssicherungen zu ersetzen, auch experimentell erhärtet. Gemäß der Grundgleichung  $I_k/I_T : I_k/I_N = \sqrt{n}$  sind die Nennströme  $I_N$  der Kabelsicherungen nicht frei wählbar, indem die vorhandenen Kurzschlußverhältnisse bei gegebenem Nennstrom  $I_T$  der Transformatorsicherungen den Wert  $I_N$  festlegen. Eine Abstufung der Kabelsicherungen entsprechend den jeweiligen Querschnitten ist also nicht allgemein anwendbar.

Es liegt ferner kein zwingender Grund vor, die Netzstationen nur mit einem Transformator ausrüsten zu dürfen. Sofern man die obige Bedingung einhält, ist es statthaft, einen größeren Transformator etwa durch zwei von halber Nennleistung zu ersetzen. Ein Vergleichsbeispiel hierzu bieten die früheren Gleichstromnetze. Die Sicherungen der dortigen Speisepunkte haben ihren Dienst ebenfalls unabhängig von der Energierichtung, jedoch abhängig von der Höhe des Kurzschlußstromes zu leisten, ohne daß man sich auf eine einzige Zuleitung zu beschränken braucht.

Kleinwittenberg/Elbe, 2. 1. 1940

P. Wittich

#### Stellungnahme zur Zuschrift des Herrn P. Wittich

Es ist richtig, daß die Nennstromstärke der Sicherungen auf der N. V.-Seite der Netztransformatoren und der Sicherungen in den abgehenden Verteilungsleitungen in einem bestimmten Verhältnis stehen muß. Es soll nämlich die Nennstromstärke der Sicherung auf der N. V.-Seite des Netztransformators immer größer sein als die Nennstromstärke der einzelnen Sicherungen in den abgehenden Verteilungsleitungen und kleiner sein als die Summe der Nennstromstärken der Sicherungen der gesamten abgehenden Verteilungsleitungen der Netzstation. Dies dürfte jedoch immer der Fall sein, da es ja keinen Sinn hätte, in einer Netzstation einen Transformator von einer Größe aufzustellen, dessen Leistung auf Grund der Querschnitte der abgehenden Verteilungsleitungen von der betreffenden Netzstation nicht weggeführt werden könnte. Das bestimmte Nennstromverhältnis dieser Sicherungen allein genügt jedoch nicht, sondern es muß auch der Verlauf der Charakteristiken dieser Sicherungen so aufeinander abgestimmt sein, wie in meiner Arbeit angegeben, da ja der bei Kurzschluß auf dem H. V.-Speisekabel einsetzende Kurzschlußstrom meist wesentlich über dem Nennstrom der Netztransformatoren bzw. der Verteilungsleitungen liegt.

Ein einwandfreies Arbeiten läßt sich nur dadurch erreichen, daß die Charakteristik der Sicherungen der Netztransformatoren und der Verteilungsleitungen mit zunehmendem Kurzschlußstrom einen von der Nennstromstärke der Sicherungen unabhängigen Verlauf annimmt. Aus diesem mit zunehmendem Kurzschlußstrom von der Nennstromstärke unabhängiger werdendem Verlauf der Charakteristik der Sicherungen ergibt sich dann auch ohne Weiteres die Zulässigkeit von nur einem Transformator je Netzstation. Bei 2 Transformatoren je Netzstation wären die Sicherungen derselben nur mit dem halben Rückstrom belastet und würden infolgedessen längere Abschaltzeiten erreichen als die Sicherungen der Verteilungsleitungen, was zu Fehlabschaltungen führen würde. Dementsprechend ist auch der einwandfreie Schutz für alle Fehlerfälle im einsystemigen Maschennetz durch normale träge Hochleistungssicherungen nicht möglich; derselbe kann nur mit Sicherungen mit der von mir angegebenen Charakteristik und unter den von mir angeführten Bedingungen erreicht werden.

Im Felde, 25. 2. 1940

P. Denzel VDE

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 534

**Einführung in die Akustik.** Von Dr. F. Trendelenburg. Mit 215 Abb., V u. 277 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 22,50 RM, geb. 24,60 RM.

Eine „Einführung in die Akustik“, die auch in ausreichender Weise die theoretischen Zusammenhänge berücksichtigt, ist seit längerer Zeit ein Bedürfnis. Das vorliegende Buch ist sehr gut geeignet, diese Lücke auszufüllen. Aber nicht nur als Lehrbuch für den Studierenden ist das Werk zu empfehlen; auch der wissenschaftlich und technisch arbeitende Physiker und Elektrotechniker sowie jeder, der auf dem Gebiet der Akustik Belehrung sucht, wird das Buch mit Erfolg benutzen. Hierzu dient neben interessanten Ergebnissen für die verschiedensten Fachrichtungen, wie z. B. Meteorologie und Physiologie, eine Fülle von sehr geschickt ausgesuchten Literaturangaben, die natürlich keine Vollständigkeit anstreben können, aber doch überall,

wo es wünschenswert erscheint, die Möglichkeit geben, eingehendere Unterrichtung zu finden. Die Darstellung ist sehr klar und flüssig; sie vermeidet zwar lange theoretische Darlegungen, bringt aber doch an zwei Stellen elegante Herleitungen der wichtigsten Grundgesetze. Gut ausgewählte Tafeln und sehr schöne Bilder unterstützen das Verständnis. Besonders hervorgehoben seien einige wertvolle historische Bemerkungen und die Hinweise auf ältere Arbeiten, die trotz ihres bedeutungsvollen Inhalts in Vergessenheit geraten sind. Daß das Buch in den bewegten Tagen des Kriegsausbruchs zum endgültigen Abschluß gebracht worden ist, erkennt man an einer Reihe von Druckfehlern u. dgl., die bei der letzten Durchsicht nicht mehr ausgemerzt wurden. Sie können den Wert des Werkes nicht beeinträchtigen, zumal es sich wie z. B. in den Tafeln für die Schallgeschwindigkeit — cm/s statt m/s — meist um leicht erkennbare Irrtümer handelt. In einer zweiten Auflage, die dem Buch bald zu wünschen ist, werden sie jedenfalls ihre Berichtigung finden.

H. Backhaus

## EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechungen vorbehalten)

### Bücher

**Die Meisterprüfung.** Lehrbuch zur Vorbereitung auf die Gesellen- und Meisterprüfung sowie zum Gebrauch an gewerblichen Berufsschulen. Von Dr. W. Steuernagel. 6. Aufl. Mit 107 S. im Format 165 × 240 mm. Verlag R. Herrosé, Gräfenhainichen 1939. Preis kart. 1,60 RM.

[In übersichtlicher und leicht verständlicher Weise werden die Pflichten des Meisters seinen Mitarbeitern gegenüber, seine Stellung innerhalb der Berufsorganisation, die Führung des Geschäftsbetriebes (Buchführung, Kalkulation, Zahlungsverkehr, Sozialversicherung, Steuern) die staatsbürgerliche Verbundenheit und das Recht des Gewerbetreibenden allgemein dargestellt. Die 6. Auflage berücksichtigt alle gesetzlichen Neuordnungen bis zum September 1939. Durch Ergänzungsblätter wird das Buch ständig auf dem Laufenden erhalten, z. B. bezüglich der kriegswirtschaftlichen, arbeitsrechtlichen, steuerlichen usw. Bestimmungen.] K. K.

**Betriebsbuchhaltung für Metalle.** Praktische Hilfsmittel zur Lagerbuchführung, Metallbeschaffung und Verbrauchsregelung. Gemäß den Vorschriften der Reichsstelle für Metalle bearbeitet von Dr.-Ing. R. Paul. Deutscher Verlag für Politik und Wirtschaft G. m. b. H., Abt. Wirtschaftsordnung, Berlin 1939. Preis 58 RM.

[Das Buch unterrichtet jedes Unternehmen genauestens über seine Berechtigungen und Verpflichtungen gemäß den Vorschriften der Reichsstelle für Metalle. Die Formblätter können von den Besitzern des Grundwerkes in beliebiger Auswahl und Menge bezogen werden. Außerdem steht dem Bezieger die Auskunftsmöglichkeit beim Herausgeber und Verlag stets zur Verfügung.]

**Grundbegriffe der Technik.** Vielsprachen-Wörterbuch. Herausg. von O. Holtzmann. Holländisch. Bearb. von Ir. P. von Pritzelwitz van der Horst. Mit 216 S. im Format 115 × 180 mm. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1939. Preis in Leinen gebunden 5 RM.

[Neben dem deutschen, englischen und französischen liegt nun auch das holländische Bändchen vor. Es ist ja gerade der Vorteil dieses Wörterbuches, daß es sich in beliebig viele Sprachen erweitern läßt. Im vorderen Teil sind die Begriffe alphabetisch aufgeführt und mit einer Zahl versehen, während der zweite Teil die geordneten Zahlen enthält mit dem zugehörigen Begriff. Eine anfangs etwas ungewohnte Anordnung, die sich aber bestens bewährt.]

#### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Regierungsrat K. Bindewald, Berlin-Zehlendorf, Busse-Allee 8  
Dipl.-Ing. A. Bürklin VDE, Berlin-Charlottenburg, Kuno-Fischer-Str. 19  
Dr.-Ing. H. Poleck VDE, Berlin-Stiemensstadt, Schuckertdamm 324  
Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Bad Klosterlausnitz/Thür., Waldstr. 12

Abschluß des Heftes: 19. April 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 2. Mai 1940

Heft 18

## Die neuere Technik der militärischen Bogenlichtscheinwerfer

Von Walter Rohloff VDE, Nürnberg

**Übersicht\*).** Die militärische Aufgabe der Scheinwerfer, eine Zielbeleuchtung auf große Entfernungen zu ermöglichen, führte zu der Entwicklung des Hochleistungsscheinwerfers mit selbsttätiger Invertlampe. Außer der Lichtstärke des Scheinwerfers bzw. seiner Reichweite waren die Steuerbarkeit des Gerätes und die Schaffung von guten Beobachtungsmöglichkeiten besonders wichtig. Deshalb werden neuzeitliche Flakscheinwerfer mit elektrischen Fernsteuerungen versehen und von Richtgeräten bzw. von Richtungshörnern gesteuert, deren Arbeitsweise im einzelnen beschrieben wird. Zum Schluß wird kurz über den technischen Einsatz von Land- und Marinescheinwerfern berichtet.

### Die technische Entwicklung des Scheinwerfers

Seit es Scheinwerfer gibt — und das ist nun bald 90 Jahre her — ist die militärische Aufgabe der Scheinwerfer trotz aller Wandlungen der Kriegstechnik im letzten Jahrhundert stets die gleiche geblieben: Es soll dem im Schutz der Nacht operierenden Gegner die Tarnung entrissen werden, so daß er in seinen Plänen erkannt und niedergekämpft werden kann.

Aus dieser militärischen Aufgabe entspringt die technische Aufgabe, einen Lichtstrahl von hinreichender Reichweite zu schaffen, um den Feind erkennen und verfolgen zu können. Es ergeben sich hieraus auch schon die wichtigsten Punkte, auf die es in der Scheinwerfertechnik ankommt:

1. Erzeugung einer möglichst großen Lichtstärke bzw. Reichweite,
2. Steuerbarkeit des Gerätes, um den Bewegungen des Ziels folgen zu können,
3. Schaffung von guten Beobachtungsbedingungen.

Eine einfache Überlegung zeigt, daß es nicht möglich ist, mit direktem Licht eine ausreichende Reichweite zu erhalten. Will man z. B. ein Ziel in einer Entfernung von 1 km mit einer Beleuchtungsstärke von 1 lx anleuchten, dann braucht man hierzu eine Lichtstärke von mehr als 1 Mill HK. Solche Lichtquellen gab es zu Beginn der Scheinwerfertechnik nicht und gibt es auch heute nicht. Deshalb muß das direkte Licht durch optische Hilfsmittel verstärkt werden. Dies ist grundsätzlich sowohl mit Linsen- wie auch mit Spiegelsystemen möglich. Beide Systeme sind auch in der Scheinwerfertechnik angewendet worden. Es hat sich jedoch für militärische Zwecke als brauchbarste Optik der Parabolspiegel erwiesen.

Bringt man in den Brennpunkt eines solchen Spiegels eine punktförmige Lichtquelle, so werden alle auf den Spiegel fallenden Strahlen achsenparallel herausgeworfen (Bild 1).

Nun gibt es natürlich keine punktförmigen Lichtquellen. Alle Lichtquellen, wie z. B. der Krater einer Bogenlampe, haben eine räumliche Ausdehnung. Deshalb ist der vom Spiegel herausgeworfene Scheinwerferstrahl

nicht parallel, sondern besitzt eine kleine Streuung, die von der Güte und Form des Spiegels und von der Ausdehnung des Leucht-systemes abhängt. Als Baustoff für Scheinwerferspiegel hat man sowohl Glas als auch Metall verwendet. Die Metallspiegel wurden schon frühzeitig in parabolischer Form hergestellt; sie hatten aber den Nachteil, daß die Spiegelfläche ein recht geringes Reflexionsvermögen hatte, das außerdem durch atmosphärische Einflüsse bald noch schlechter wurde. Viel besser waren hier die versilberten Glasspiegel, aber diese konnte man zunächst nicht in parabolischer Form schleifen. Deshalb begnügte man sich mit Kugelspiegeln oder mit zusammengesetzten sphärischen Spiegeln, die sich etwa der parabolischen Form annäherten.

Erst im Jahre 1885 gelang Siegmund Schuckert in Nürnberg in Zusammenarbeit mit Prof. Munker die Erfindung der ersten Schleifmaschine für Glasparabolspiegel.

Der im nächsten Jahr von Schuckert gelieferte Parabolspiegel mit einem Spiegeldurchmesser von

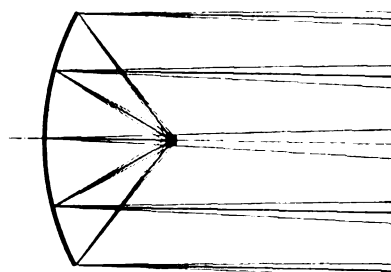


Bild 1. Parabolspiegel mit Lichtquelle im Brennpunkt.

70 cm bewirkte eine regelrechte Umwälzung der Scheinwerfertechnik. Schon nach fünf Jahren wurde der erste 150 cm große Scheinwerfer hergestellt und nach weiteren neun Jahren, d. h. im Jahre 1900, bei der Pariser Weltausstellung der erste 2 m-Scheinwerfer vorgeführt. Dies war der

erste 2 m-Scheinwerfer der Welt. Er ist in seiner Größe bis heute noch nicht übertroffen worden.

Die Lichtstärke des Scheinwerfers ist proportional dem Produkt von Spiegelfläche und Leuchtdichte der Lichtquelle. Will man die Lichtstärke eines Scheinwerfers und damit seine Reichweite vergrößern, so muß man die Spiegelfläche oder die Leuchtdichte oder beides vergrößern. Der Größe des Spiegels sind durch Gewicht, Transportmöglichkeit usw. feste Grenzen gesetzt. Man kann deshalb in den meisten Fällen eine größere Scheinwerferlichtstärke nur durch eine größere Leuchtdichte der Lichtquelle erreichen. Schon zu Beginn der Scheinwerfertechnik hatte man als die hellste Lichtquelle die elektrische Gleichstrombogenlampe im Scheinwerfer verwendet. Die eigentliche Lichtquelle des Bogens ist das vordere Brennende der positiven Kohle, der sogenannte Krater (Bild 2). Die Leuchtdichte des Kraters beträgt fast unabhängig von der Stromstärke beim Gleichstromlichtbogen etwa 180 HK/mm<sup>2</sup>. Beim normalen Lichtbogen

\* Nach einem Vortrag, gehalten in der Bezirksversammlung des VDE Bezirk Berlin am 16. 1. 1940.

mit Reinkohlen ist es nun nicht möglich, diese Leuchtdichte zu erhöhen.

Steigerte man die Stromstärke des Lichtbogens, so vergrößerte sich nur die leuchtende Fläche des Kraters und hiermit der Streuwinkel des Scheinwerfers. Da sich aber die Leuchtdichte nicht änderte, blieb auch die Scheinwerferlichtstärke konstant.

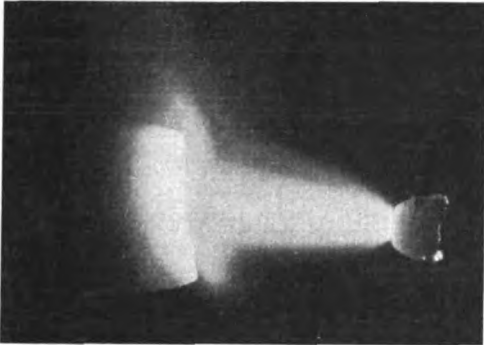


Bild 2. Reinkohlenlichtbogen 150 A ( $\frac{1}{3}$  nat. Größe).

Der entscheidende Schritt nach vorn gelang hier dem deutschen Ingenieur Heinrich Beck aus Meiningen. Er verwendete eine besondere positive Kohle, deren Docht mit Salzen der seltenen Erden getränkt war. Diese Kohle konnte viel stärker überlastet werden als die normale Reinkohle. Bei einem solchen überlasteten Betrieb bildete sich am vorderen Brennende der positiven Kohle ein tiefer Krater, in dem sich die Dämpfe der Metallsalze zu einem helleuchtenden Gasball sammelten (Bild 3).

Die Leuchtdichte dieses Gasballes ist bei einer vierfachen Überlastung etwa viermal so groß wie die Leuchtdichte eines normalen Reinkohlenkraters. Dementsprechend wächst die Lichtstärke eines Scheinwerfers mit solch einer überlasteten Beck-Kohle auf das Vierfache gegenüber einem gleichgroßen Scheinwerfer mit einem normalen Lichtbogen.

Die praktische Anwendung des Beck-Effekts für die Scheinwerfertechnik gestaltete sich aber aus verschiedenen Gründen sehr schwierig. So war es notwendig, während des Brennens die positive Kohle um ihre Achse ständig zu drehen, um ein Schiefbrennen des Kraters und ein Entweichen des leuchtenden Gasballes zu vermeiden. Außerdem mußte der Strom den Kohlen dicht hinter dem Brennende zugeführt werden, um das Glühen und Abzundern der Kohlen soweit wie möglich zu verhindern.

Es war außerdem schwierig, einen Mechanismus zu bauen, der der beim Brennen herrschenden Temperatur von etwa 5000° am Krater und etwa 500° am Kohlenhalterkopf gewachsen war, ohne zu klemmen und ohne abzuzundern. Deshalb mußten die ersten Beck-Lampen künstlich gekühlt werden. Bei den ersten Lampen war es sogar notwendig, die Brennenden der Kohlen mit Leuchtgas zu umspülen, um das Abzundern der Kohlen zu vermeiden.

Alle diese Schwierigkeiten und außerdem das die Beobachtung beeinträchtigende bläuliche Licht verhinderten zunächst die Einführung des Beck-Scheinwerfers bei der

deutschen Wehrmacht. Beck bot deshalb seine Erfindung in Amerika an, wo während des Weltkrieges die Entwicklung weitergeführt wurde.

Zur gleichen Zeit waren auch in Deutschland die Forderungen nach einem lichtstarken Scheinwerfer für die Luftabwehr immer lauter geworden. Man nahm die alten Versuche mit dem Beck-Scheinwerfer wieder auf. Es wurde auch eine Anzahl davon gebaut, die noch beim Heimatschutz zum Einsatz kam.

Mit dem Zusammenbruch bei Kriegsende schien auch die deutsche Scheinwerfertechnik zum Erliegen zu kommen. Durch den Versailler Vertrag wurde nur eine einzige Lieferfirma zum Bau von Scheinwerfern in Deutschland zugelassen, und außerdem wurde die Größe der Scheinwerfer auf einen Spiegeldurchmesser von 60 cm beschränkt. Nur für die Ostfestungen war die Beibehaltung einer ganz geringen Anzahl von größeren Scheinwerfern zugebilligt worden. Außerdem war die Ausfuhr von Scheinwerfern an das Ausland verboten. Hiermit wollte man die deutsche Scheinwerfertechnik, die jahrzehntelang eine Art Weltmonopol innehatte, ganz besonders treffen.

Aber trotz aller Schwierigkeiten ließ sich die deutsche Scheinwerfertechnik nicht unterkriegen; im Stillen arbeitete sie immer weiter, und eine ihrer ersten und wichtigsten Arbeiten war die Weiterentwicklung des Beck-Scheinwerfers zum praktisch brauchbaren Hochleistungscheinwerfer.

#### Die technische Entwicklung nach dem Weltkrieg

Bild 4 zeigt einen Hochleistungscheinwerfer aus der Mitte der zwanziger Jahre. Die Lampe ist eine sogenannte halbautomatische Hochleistungsampe. Sie heißt deshalb so, weil ihre Regelung nicht völlig selbsttätig erfolgt, sondern ein gelegentliches Einregeln der Kohlenstellung von Hand, d. h. durch den Bedienungsmann, benötigt. Die Bogenbildung dieser Lampe erfolgt durch kurzes Berühren der beiden Kohlen und anschließendes Auseinanderziehen. Hierzu ist der negative Kohlenhalter zum positiven beweglich angeordnet; in der Ruhestellung zieht eine Feder den negativen Kohlenhalter zum positiven hin bis zur Berührung der beiden Kohlen, so daß

beim Einschalten des Lampenstromes ein im Hauptstromkreis liegender Zündmagnet den negativen Kohlenhalter bis zur normalen Bogenlänge zurückreißt. Über der Lampe ist eine trichterförmige Absaugvorrichtung angebracht, in die der Lichtbogen beim Brennen hineinragt. Diese dient, wie ihr Name sagt, zunächst dazu, die Flammenbogengase nach außen abzuführen, um Niederschläge auf Spiegel und Abschlußglas zu vermeiden. Dann aber dient sie dazu, die Vorfeldbeleuchtung des Scheinwerfers zu verhindern. Ein Teil der Vorfeldbeleuchtung entsteht durch das direkte Licht der Stichflamme, das nach vorn herausgeworfen wird. Dieses Licht wird durch die Rückwand der Absaugvorrichtung und eine Blende beseitigt. Ein anderer Teil der Vorfeldbeleuchtung entsteht durch die optische Abbildung des Strahles im Spiegel. Durch den parabolischen Hohlspiegel wird das Bild der nach oben brennenden Stichflamme optisch umgekehrt und herausprojiziert (Bild 5).

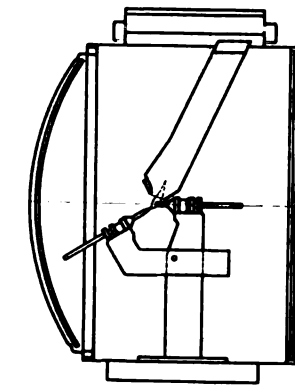


Bild 4. Hochleistungscheinwerfer 110 cm für 150 A.

Das Bild der Stichflamme hängt dann wie eine Art Lichtsack unter dem Scheinwerferstrahl. Dieser Lichtsack beleuchtet nun bei allen horizontnahen Zielen die Strecke vom Ziel bis zum Scheinwerfer und kann damit die

eigene Stellung verraten und gefährden. Die Absaugvorrichtung deckt nun den größten Teil der Stichflamme ab und beseitigt damit ebenfalls den größten Teil der Vorfeldbeleuchtung, aber noch nicht die ganze Vorfeldbeleuchtung, da man mit der Absaugvorrichtung nicht bis ganz an den  $5000^{\circ}$  heißen Krater herangehen konnte.

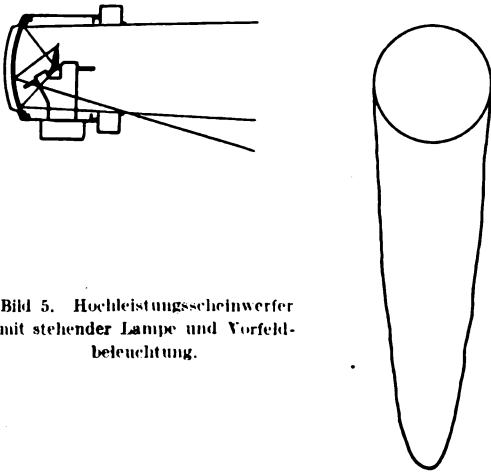


Bild 5. Hochleistungsscheinwerfer mit stehender Lampe und Vorfeldbeleuchtung.

Es war aber notwendig, auch diesen letzten Rest der Vorfeldbeleuchtung zu beseitigen, weil auch dieser noch in der Lage war, die eigene Stellung zu verraten und damit zu gefährden.

#### Der Invertscheinwerfer

Diese Aufgabe wurde dadurch gelöst, daß man die Lampe nicht wie bisher üblich stehend, sondern hängend einbaute und die Stichflamme nach unten brennen ließ.

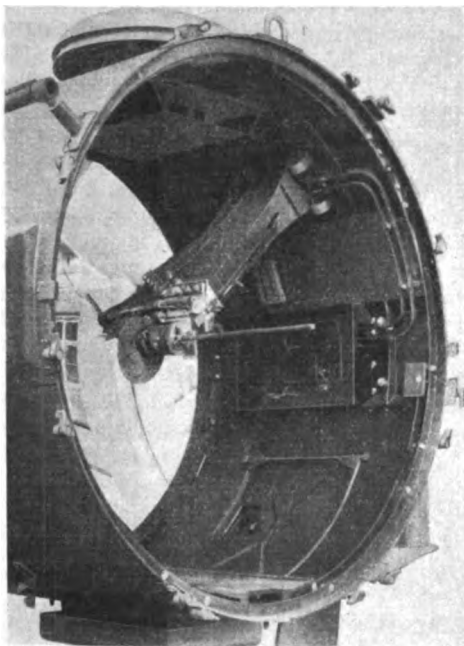


Bild 6. Invertscheinwerfer von 150 cm Dmr. mit vollselbsttätiger Hochleistungslampe für 200 A.

Der Lichtsack ging jetzt nicht nach unten, sondern nach oben, und die Vorfeldbeleuchtung war beseitigt. Ein solcher Invertscheinwerfer mit hängend eingebauter Lampe ist in Bild 6 wiedergegeben. Alle neueren Scheinwerfer werden jetzt in Deutschland als Invertscheinwerfer gebaut, und diese haben sich auch im Ausland in immer steigendem Maße eingeführt.

Für militärische Zwecke genügt der halbselbsttätige Betrieb der Kohleneinstellung nicht; man ging deshalb zur vollselbsttätig arbeitenden Hochleistungslampe über. Bei dieser wird der Krater der positiven Kohle durch einen Thermostaten mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  mm im Brennpunkt des Spiegels gehalten. Die Regelung der positiven Kohle erfolgt durch ein Spannungs- oder Stromspannungsrelais, das anspricht, wenn durch den Abbrand der negativen Kohle der Kohlenabstand bzw. die Lichtbogenlänge ihre normale Größe überschritten hat. Bei der selbsttätigen Lampe wird außerdem noch der Lampenstrom abgeschaltet, wenn die eine oder andere Kohle ausgebrannt ist. Gezündet wird durch eine Schnellzündvorrichtung, die den Lichtbogen in der kurzen Zeit von etwa  $0,02$  s bildet (Bild 7). Die

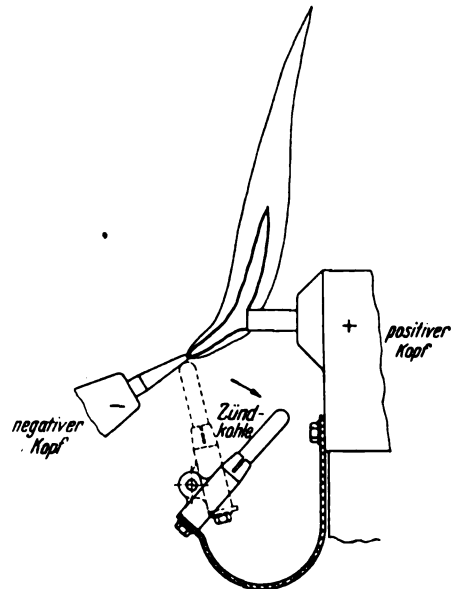


Bild 7. Zündvorgang mit Schnellzündvorrichtung.

Zündelektrode liegt in der Ruhestellung an der Spitze der negativen Kohle und ist elektrisch mit der positiven Kohle verbunden. Damit wird ein Kurzschluß zwischen der negativen und positiven Kohle hergestellt. Beim Einschalten des Lampenstroms zieht ein Hauptstrommagnet diese Zündelektrode von der negativen Spitze ab, dabei bildet sich zwischen diesen beiden Kohlen ein Hilfslichtbogen, der die positive Kohle berührt und den Hauptlichtbogen zündet. Beim weiteren Abziehen der Zündelektrode reißt der Hilfslichtbogen von selbst ab. Beim Ausschalten der Lampe zieht eine Feder die Zündelektrode wieder in die Ruhestellung zurück und bereitet die nächste Zündung vor.

Man ist in der letzten Zeit vielfach dazu übergegangen, die große Gehäuseblende durch eine Kraterblende zu ersetzen (Bild 8). Eine solche Kraterblende besteht meist aus zwei Schalen aus schwer verbrennbarem Werkstoff, die beim Ausschalten des Bogens über die Spitzen der beiden noch glühenden Kohlen klappen und damit das gefährliche Nachglühen des Scheinwerferstrahls vermeiden. Das Nachglühen ist deshalb so gefährlich, weil der Gegner hierdurch leicht die Stellung des Scheinwerfers erkennen und ihn beschießen kann. Beim Einschalten des Lampenstroms müssen natürlich zunächst diese Schalen weggeklappt und dann der Bogen gezündet werden.

Für Landanlagen haben sich fast in der ganzen Welt einheitlich zwei Bauarten herausgebildet, ein großer Scheinwerfer von 150 cm Spiegeldurchmesser und ein kleiner von 60 cm. Der 150 cm-Scheinwerfer hat bei einer Stromstärke von 150 bis 200 A eine Lichtstärke von etwa 1,2 Mrd IK und eine Reichweite je nach den atmosphä-

rischen Verhältnissen von 4 bis 12 km. Der 60 cm-Scheinwerfer hat bei 60 bis 100 A eine Lichtstärke von etwa 140 Mill HK und eine Reichweite von 2 bis 6 km.

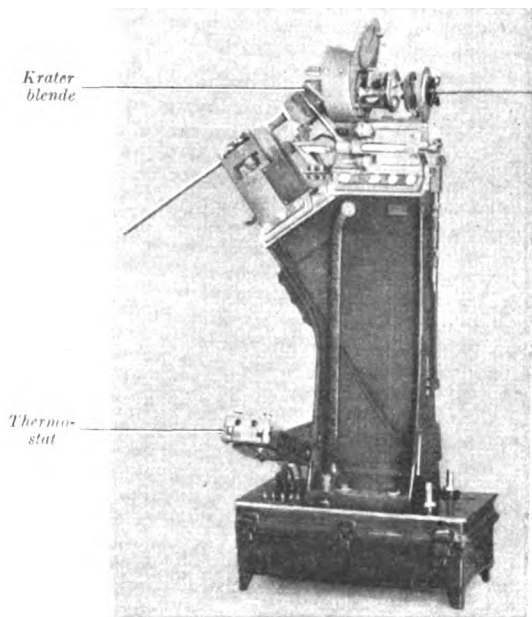


Bild 8. Vollselbsttätige Hochleistungslampe für 200 A.

#### Einbau, Stromversorgung, Steuerung und Aufstellung

Je nach dem Verwendungszweck werden die Scheinwerfer entweder fest aufgestellt, wie an Bord eines Kriegsschiffes, oder fahrbar eingerichtet, wenn sie für Landanlagen leicht beweglich sein müssen. Im letzteren Fall werden sie meist auf Anhänger montiert, die von besonderen Zugwagen gezogen werden.

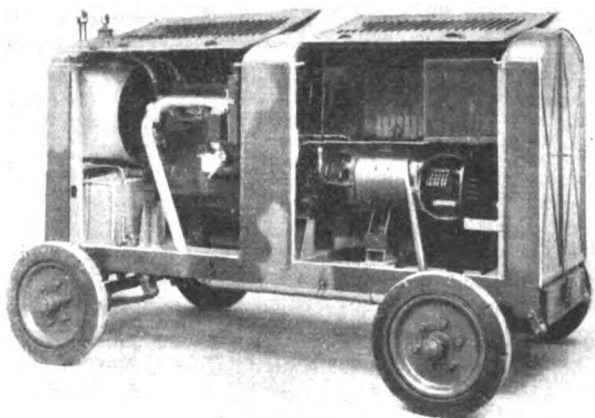


Bild 9. Fahrbarer Maschinensatz für Flakscheinwerfer 150 cm.

Zu jedem fahrbaren Scheinwerfer gehört ein fahrbarer Maschinensatz, welcher den Scheinwerfer speist. Meist besteht der Maschinensatz aus einem Benzinmotor mit einem angeflanschten Generator (Bild 9).

Um einen Gegner mit dem Lichtstrahl suchen und verfolgen zu können, muß das Scheinwerfergehäuse in zwei Richtungen beweglich und steuerbar sein. Gewöhnlich läßt sich der Scheinwerfer sowohl der Seite als auch der Höhe nach unbegrenzt schwenken bzw. kippen. Die einfachste Steuerung des Scheinwerfers von Hand erfolgt durch den Brustlenker (Bild 10). Der Brustlenker ist ein

am Seitenständer befestigtes Rohr, an dessen Ende ein Bügel angebracht ist, in den der Bedienungsmann beim Richten tritt. Außerdem ist am Ende noch ein Handrad angebracht, das durch eine im Innern des Rohrs befindliche Welle mit dem Höhengetriebe des Scheinwerfers in Verbindung steht. Durch Drehen des Handrades wird der

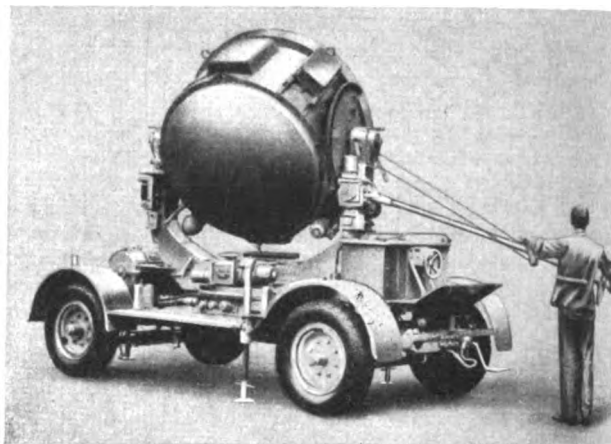


Bild 10. Flakscheinwerfer von 150 cm Dmr. mit Gehäuseblende und Brustlenkersteuerung.

Scheinwerfer in der Höhenrichtung gesteuert. Die Seitenrichtung des Scheinwerfers wird durch Vor- und Zurückgehen des Bedienungsmannes gegeben, wobei der Scheinwerfer um seine Schwenkachse gedreht wird.

#### Elektrische Fernsteuerung

So einfach eine solche Steuerung ist, so hat sie doch den einen großen Nachteil, daß man bei diesem geringen seitlichen Abstand ein weiter entferntes Ziel nicht mehr selbst sehen kann, da man durch den hellen, blendenden Strahl in der ganzen Länge hindurchsehen muß und dann das bei großer Entfernung nur schwach beleuchtete Ziel nicht mehr erkennen kann. Der Bedienungsmann des Scheinwerfers muß dann von weiter seitlich stehenden Beobachtern durch Zuruf angewiesen werden.

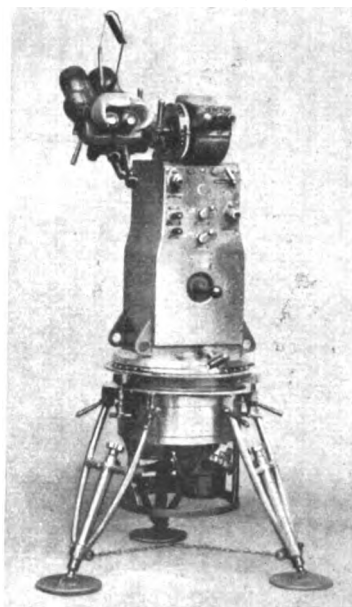


Bild 11. Synchronrichtgerät.

ern. Will man von hier aus den Scheinwerfer direkt steuern, so muß man sich einer elektrischen Fernsteuerung bedienen.

Bild 11 zeigt als Beispiel einer solchen Fernsteuerung ein Synchronrichtgerät, von dem aus der Scheinwerfer ferngesteuert wird. Dieses Gerät enthält in seinem Innern einen Lenkschalter für die Höhen- und Seitenbewegung. Der Lenkschalter wird durch einen Lenk-

knüppel betätigt, den der Bedienungsmann fest in der Hand hält. Eine Auslenkung des Knüppels der Seite oder der Höhe nach steuert den Scheinwerfer in der entsprechenden Richtung. Die Folgegeschwindigkeit des Scheinwerfers kann durch den Grad der Auslenkung eingestellt werden. Je weiter man den Knüppel nach der Seite auslenkt, mit um so größerer Geschwindigkeit bewegt sich der Scheinwerfer. Auf dem Richtgerät ist außerdem noch ein Fernglas angebracht, das parallel mit dem Scheinwerferstrahl mitgesteuert wird, so daß ein im Scheinwerferstrahl befindliches Ziel auch stets im Fernglas sichtbar ist. Vom Richtgerät aus kann gewöhnlich auch der Scheinwerfer durch ein Schütz ein- und ausgeschaltet werden. Diese Synchronsteuerung ist so eingerichtet, daß sie von einem Mann bedient werden kann.

### Der Richtungshörer

Zu einer vollständigen Scheinwerferanlage gehört aber noch ein Richtungshörer (Bild 12). Der Richtungshörer hat die Aufgabe, die Richtung auf das noch unsichtbare Ziel festzustellen und auf den Scheinwerfer bzw. das Richtgerät zu übertragen, damit beim ersten Aufleuchten des Strahles das Ziel gefaßt wird. Ein Absuchen des Himmels nach dem Ziel würde meist zu lange dauern und die Stellung des Scheinwerfers verraten. Die Wirkungsweise des Richtungshörers beruht auf dem Binauraleffekt, d. h. auf der bekannten Tatsache, daß man die Richtung auf eine Schallquelle durch Interferenz der beiden Schallwellen zum linken und zum rechten Ohr unbewußt feststellen kann.

Man kann ohne alle Hilfsmittel die Richtung auf eine Schallquelle mit einer Genauigkeit von etwa  $3^\circ$  feststellen. Durch die Verwendung eines Horchgerätes mit weit voneinander entfernten Hörtrichtern vergrößert man die natürliche Ohrenbasis und verbessert damit die Horchgenauigkeit auf etwa  $\frac{1}{2}^\circ$ .

Die beiden waagrecht nebeneinander stehenden Trichter dienen zur Aufnahme der Seitenrichtung, und die übereinander stehenden Trichter zur Aufnahme der Höhenrichtung der Schallquelle. Von den Trichtern wird der Schall durch Schläuche zu den Hörmuscheln an den Ohren der Horcher geleitet.

Die Horcher steuern mit einem Handrad das Gerät so, daß sie den sogenannten Mitteneindruck haben, d. h. das Gefühl, als ob der Schall in der Mitte des Hinterhauptes spürbar wäre. Die so akustisch aufgenommene Richtung auf das Ziel ist nun leider nicht die wirkliche Zielrichtung im Augenblick der Messung, denn durch die verhältnismäßig geringe Schallgeschwindigkeit in der Luft ist während der Dauer der Schalllaufzeit der Flieger schon an einer anderen Stelle angekommen, als er sich zu der Zeit befand, in der die eben gemessenen Schallwellen ausge-

sendet wurden (Bild 13). Man muß nun noch aus dem bisherigen Flugweg eine Korrektur berechnen, um aus der akustischen Zielrichtung die optische zu ermitteln. Dies

erfolgt in dem Schallverzugsrechner, der meist in dem Richtungshörer fest eingebaut ist. Die so korrigierte Zielrichtung wird nun auf Scheinwerfer bzw. Richtgerät laufend übertragen. Am günstigsten ist hierfür die selbsttätige

Steuerung des Scheinwerfers vom Richtungshörer aus, bei der Scheinwerfer und Richtgerät selbsttätig allen Bewegungen des Horchgerätes folgen. Wenn die Horcher glauben, das Ziel genau gefaßt zu haben, dann fordern sie durch ein optisches oder akustisches Signal Licht.

Das Horchen mit dem Richtungshörer erfordert viel Übung und auch Veranla-

gung der Horcher. Außerdem sind noch sehr viel Faktoren in der Atmosphäre vorhanden, deren Einfluß auf den Schallweg nicht vorausgesagt werden kann, z. B. Windrichtung und -stärke in den verschiedenen Höhen, Temperaturanstieg, Feuchtigkeit usw. So gibt die vom Richtungshörer ermittelte Richtung meist nur einen Anhalt für den Scheinwerfer-Bedienungsmann,

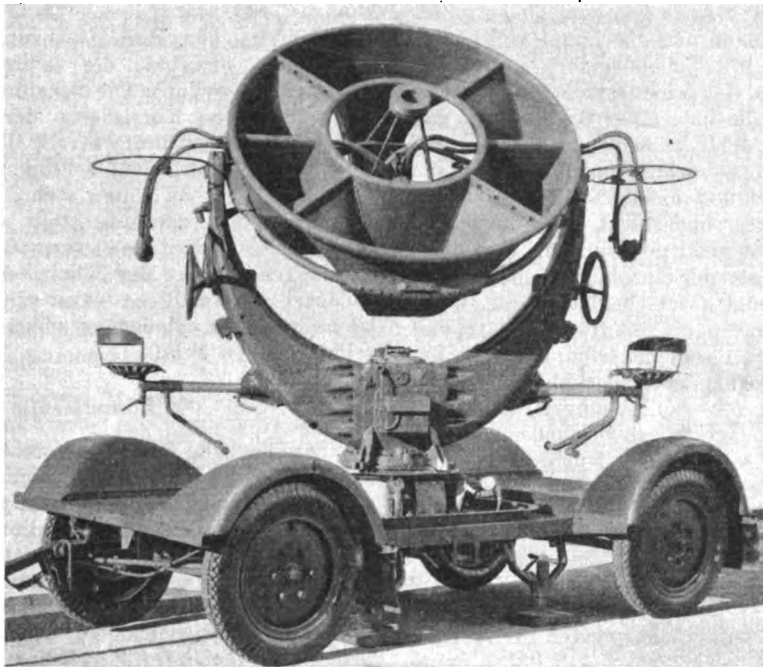


Bild 12. Richtungshörer mit Schallverzugsrechner.

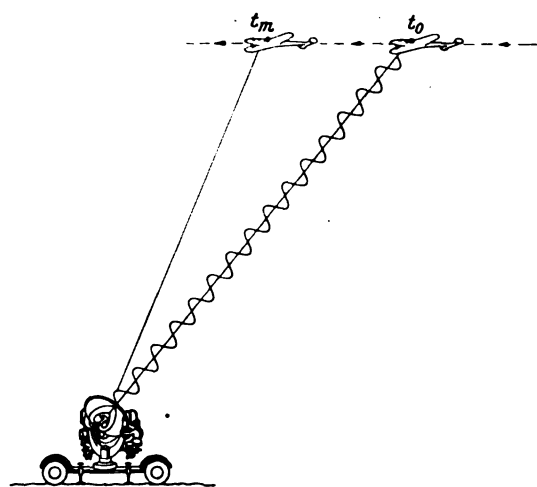


Bild 13. Akustische und optische Richtung beim Richtungshörer.

in welcher Richtung er das Ziel suchen soll. Hat er es beim ersten Mal nicht gefunden, dann schaltet er den Scheinwerfer wieder aus und läßt sich erneut vom Horchgerät einrichten. Hat er es aber gefunden, dann verfolgt er das Ziel vom Richtgerät optisch weiter, bis es von der Flakartillerie niedergekämpft oder aus seiner Reichweite entschwinden ist.

Auch ohne die artilleristische Gegenwirkung ist der feindliche Flieger in seinen Angriffsabsichten stark gehemmt, wenn er von einem oder von mehreren Schein-



werfern gefaßt wird. Durch die starke Blendwirkung ist es ihm meist unmöglich gemacht, zum mindesten sehr erschwert, seine Bombenabwurfvorrichtungen zu betätigen oder etwas auf der Erde zu erkunden. Um sich der Blendwirkung zu entziehen, wird er den Kurs wechseln und muß dann auf einem erneuten Anflug versuchen, sein Ziel zu erreichen, wenn er nicht darauf überhaupt verzichtet.

Um ein Schutzobjekt mit Scheinwerfern und Flakgeschützen zu verteidigen, ist eine große Anzahl von Scheinwerfern notwendig, die im weiten Umkreis um das Ziel aufgestellt werden. Meist werden nur die äußeren von ihnen mit Horchgeräten versehen, da sie die Aufgabe haben, das Ziel zu suchen und es dann auf die weiter innen stehenden Scheinwerfer übergeben, die dann natürlich kein eigenes Horchgerät mehr gebrauchen. In diesem Punkte sind die Anschauungen der einzelnen Länder durchaus verschieden. Im Ausland unterscheidet man z. B. oft zwischen den Leitscheinwerfern, die mit Horchgeräten und elektrischen Fernsteuerungen versehen sind, und den Begleitscheinwerfern, die oft nur eine mechanische Handsteuerung besitzen, oder von Lenkschaltern, d. h. von Richtgeräten ohne Fernglas gesteuert werden. Auch die Art der Steuerung ist sehr verschieden. Nur der taktische Einsatz des Scheinwerfers als eine für sich arbeitende Waffe, die das Ziel nur beleuchten und verfolgen soll, ist im allgemeinen überall gleich.

#### Scheinwerfer auf Schiffen

Es ist verständlich, daß die Scheinwerfer für Marineanlagen infolge ihrer gänzlich anderen Arbeitsbedingungen von den Scheinwerfern für Landanlagen verschieden sind. Die gedrängte Aufstellung der Scheinwerfer und Richtgeräte an Bord erfordert ein ganz anderes taktisches Zusammenarbeiten. Außerdem können Horchgeräte an Bord nicht verwendet werden. Deshalb ist man gezwungen, das Ziel, ob Luft- oder Wasserziel ist gleich, zu

erst mit sehr lichtstarken Ferngläsern zu finden, ehe man den Scheinwerferstrahl darauf richtet. Außerdem erfordert das notwendige Zusammenarbeiten mit den artilleristischen Feuerleitanlagen ganz besondere Steuereinrichtungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Nur eine besondere Steuerungsart der Marinescheinwerfer sei erwähnt, die heute mehr und mehr an Wichtigkeit gewinnt: Die Scheinwerferstabilisierung, d. h. das selbsttätige Korrigieren der Schiffsbewegungen im festen Raum, so daß der Strahl eines solchen stabilisierten Scheinwerfers auf dem schlingernden und stampfenden Schiff so ruhig im Raum steht, als ob der Scheinwerfer auf der festen Erde aufgestellt wäre. Durch eine solche Stabilisierung wird gewissermaßen eine feste Plattform geschaffen, auf der der Scheinwerfer aufgestellt ist. Das bedeutet verständlicherweise eine ganz bedeutende Erleichterung der Steuerung eines Scheinwerfers auf dem schwankenden Schiff.

#### Zusammenfassung

Die deutsche Scheinwerfertechnik, die vor dem Weltkrieg praktisch eine Art Weltmonopol besaß, hat sich trotz der Fesseln des Versailler Vertrages bedeutend weiter entwickelt und heute ihre alte Stellung wieder erreicht. Diese Entwicklung führte zum neuzeitlichen Invertscheinwerfer mit vollselbsttätiger Hochleistungslampe, die mit Schnellzündvorrichtung und Kraterblende versehen ist. Die bei Landanlagen verwendeten fahrbaren Flakscheinwerfer arbeiten zusammen mit fahrbaren Richtungshörern, elektrischen Fernsteuerungen und Maschinensätzen. Die meist ortsfest aufgestellten Marinescheinwerfer haben für das Zusammenarbeiten mit den artilleristischen Feuerleitanlagen besondere Steuerungen, von denen die sogenannte Scheinwerferstabilisierung mehr und mehr an Bedeutung gewinnt.

### Besondere Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit der Energielieferung in Zell- und Kunstfaserbetrieben

DK 621.311.1 : 621.3.052.4 : 677

Zellstoff- und Kunstfaserbetriebe stellen an die Sicherheit der Stromversorgung besondere Ansprüche, die mit der Art der Herstellungsverfahren zusammenhängen, und lassen daher weitgehende Sicherheitsmaßnahmen zur Energieversorgung und Stromlieferung in Störfällen auch wirtschaftlich gerechtfertigt erscheinen; K. Krämer<sup>1)</sup> gibt unter Verwertung von Betriebserfahrungen Beispiele dafür.

In Eigenanlagen mit mehreren parallel arbeitenden Generatoren besteht bei Ausfall einer Maschine die Gefahr, daß die verbleibende Gesamtlast von den übrigen nicht übernommen werden kann und alle zum Erliegen bringt. In diesem Falle hat sich die Notabschaltung der Verbraucherabzweige mit Staffelung bei Strahlennetzen bewährt, wobei die Stromabnehmer nach ihrer Bedeutung für den Betrieb unterteilt und selbsttätig abgeschaltet werden. Über Hilfskontakte an den Generatorschaltern werden die Abzweigschalter so gesteuert, daß bei Störungen die nicht lebenswichtigen Antriebe entsprechend abgetrennt werden. Der Verlauf des Kurzschlußstromes beim Parallelbetrieb von Generatoren macht bisweilen neben den üblichen Schutzrichtungen eine Schnellauslösung bei Überstromstößen innerhalb bestimmter Zeit notwendig, was durch eine besondere Relaiszusammenstellung mit einem Mehrfach-Zeitrelais mit Bereitschaftsstellung erreicht werden kann.

Hinsichtlich der Notstromversorgung<sup>2)</sup> wird darauf hingewiesen, daß Fälle bekannt geworden sind, in denen bei einer Betriebsstörung durch die einmalige erfolgreiche Inbetriebnahme des Dieselsatzes die gesamten dafür aufgewendeten

Kosten ausgeglichen wurden. Ein Notstromsatz kann auch zur gelegentlichen Spitzenlastdeckung verwendet werden.

Besondere Eignung für die Stromversorgung textiler Betriebe hat das Maschennetz, das durch Netzmaschinen verknottete Hauptverteilungsleitungen besitzt, an denen es über Transformatoren gespeist werden kann. Beim Auftreten eines Kurzschlusses entsteht eine im Netzmodell gezeigte trichterartige Spannungsabsenkung, woraus die höhere Spannungssicherheit als beim Strahlennetz ersichtlich wird. Um schadhafte Netzteile ohne Beeinträchtigung des Gesamtnetzes herauszutrennen, wurden besondere stromzeitabhängige Sicherungen geschaffen, die nur zum Kurzschluß, nicht aber zum Überlastungsschutz dienen. Dabei werden auf der Niederspannungsseite der speisenden Transformatoren Rückleistungsschutzschalter als Maschennetzschalter eingebaut.

Das aus Kabeln aufgebaute Verteilungsnetz kann durch seine Verlegungsart zur erhöhten Sicherheit der Stromversorgung beitragen. Eine besondere Kabelverlegung in abgedeckten Kabelkanälen oder an den Außenwänden von Gebäuden erleichtert die Fehlerortung.

Wird bei Störungen mit Spannungsrückgang eine bestimmte Anzahl von Antrieben nicht sofort abgeschaltet, so tritt eine Gefährdung der Energieversorgung ein, da nach Wiederkehr der Spannung die Zentrale der gesteigerten Gesamtlast unter Umständen nicht gewachsen ist. Ist es bei bestimmten lebenswichtigen Antrieben unbedingt erwünscht, bei kurzzeitigem Spannungsrückgang die Schütze eingeschaltet zu lassen, so empfiehlt sich eine Sonderschaltung mit gruppenweiser Verteilung der Antriebe auf die einzelnen Schaltgeräte, womit eine selbsttätige Wiedereinschaltung der Motoren bei baldiger Rückkehr der Spannung erreicht wird.

Tsch.

<sup>1)</sup> W. Krämer, Siemens-Z. (1939) S. 433; 4 S., 9 B.

<sup>2)</sup> Stößinger, ETZ 61 (1940) H. 11, S. 269.

# Die Grenzen im Bau von elektrischen Kleinmaschinen

Von Kurt Seidl VDE, Berlin

DK 621.313.13-181.4.001.1

**Übersicht.** Die untere Grenze im Elektromaschinenbau ist bei höchster Werkstoffausnutzung in elektrischer und magnetischer Hinsicht durch technologische und mechanische Erwägungen bestimmt. Im folgenden wird gezeigt, wie die einzelnen Einflußgrößen aufeinander einwirken, sich bei Verkleinerung der Bauart verhalten und für einen Bestwert des Entwurfes aufeinander abzustimmen sind.

## Allgemeine Entwurfsgesichtspunkte und Zusammenhänge bei Kleinmaschinen

Die Form der elektrischen Maschine entwickelt sich aus einem Abgleichen mehrerer Einflußgrößen zu einem Bestmaß<sup>1)</sup>. Dieses bestimmt sich aus Beziehungen, die einestils aus der Physik der Energieumformung, andernteils durch die Eigenschaften des in wirtschaftlichster Weise verwendeten Baustoffes gegeben sind.

Für die Grenzen im Elektromaschinenbau sind die Eigenschaften der Werkstoffe bestimmend. Nach oben ist es die Widerstandsfähigkeit hinsichtlich mechanischer und thermischer Beanspruchung in Verbindung mit dem magnetischen und galvanischen Fassungsvermögen des Kraftübertragers. Bei der Grenzbetrachtung nach unten treten zu dem eben Genannten noch Fragen der technischen Verarbeitung hinzu. Die Technologie bestimmt die Füllfaktoren des Eisens und Kupfers. Letzterer mindert sich mit der Verkleinerung der Maschine ganz besonders. Der Zweck dieser Ausführung besteht darin, das Grundsätzliche aufzuwerfen, das dem Ingenieur im Grenzgebiet der Kleinmaschine entgegentritt: die verhältnismäßige Änderung von Betriebsgrößen beim Kleinerwerden der Maschine und die untere Grenze selbst.

## Abhängigkeit des Wickelraumes

Der auf die Einheit der Ankerlänge bezogene Fluß  $\Phi$  ist verhältnisgleich dem Läuferdurchmesser  $D_L$  bzw. dem Außendurchmesser  $D$ ; denn

$$\Phi = \mathfrak{B} a \tau_p = \frac{\mathfrak{B} a \pi}{2p} \beta D, \quad \text{wobei } \beta = D_L/D;$$

$$\Phi = C_1 D, \quad (1)$$

wobei  $\mathfrak{B}$  die Luftinduktion,  $a$  die Polbedeckung,  $\tau_p$  die Polteilung und  $p$  die Polpaarzahl bedeuten. Das formbestimmende Verhältnis  $\beta$  ist durch das am Eingang erwähnte Abgleichen zu einem Bestmaß bestimmt. Der auf die Stirnfläche bezogene Wickelraum ist

$$WR = C_2 D^3, \quad (2)$$

Dabei ist

$$C_2 = \pi \gamma \varepsilon,$$

$$\gamma = \frac{D_a^2 - D_i^2}{D^2},$$

$$\varepsilon = \frac{WR}{(D_a^2 - D_i^2) \pi} = \text{Nutbreite/Nutteilung.}$$

Die Werte für  $\gamma$  und  $\varepsilon$  ergeben sich ebenfalls aus dem Bestmaß für die Formgebung, und zwar bezeichnen  $\gamma$  die radiale und  $\varepsilon$  die tangentielle Austeilung zwischen dem Eisen und dem Kupfer der Maschine;  $D_a$  ist der Außendurchmesser,  $D_i$  der Innendurchmesser der bewickelten Zonen  $W$ . Um zum galvanischen Leiter zu gelangen, benutzt man die Beziehung

$$W \cdot d^3 = WR C_{Cu}, \quad (3)$$

hierbei ist  $W$  die Windungszahl,  $d$  der Durchmesser des blanken Drahtes und  $C_{Cu}$  der Kupferfüllfaktor. Dieser ist bestimmt zu

$$C_{Cu} = \frac{d^3 \text{ blank}}{d^3 \text{ isol.}} C_t;$$

$C_t$  berücksichtigt den Verlust an Wickelraum, der durch Nutauskleidung und Steifigkeit der Isolation entsteht. Bild 1 zeigt das starke Absinken von  $C_{Cu}$  über der Drahtstärke. Entsprechende Verhältnisse würden beim Eisenfüllfaktor anzutreffen sein, wenn nicht physikalische und wirtschaftliche Erwägungen die Blechstärke bei fast allen elektrischen Maschinen auf 0,5 bzw. 1 mm festgesetzt hätten.

## Grenzbetrachtung für Kleinmaschinen

### Die EMK der Bewegung

$$E = \frac{p}{a} \frac{n}{30} \Phi W 10^{-8} \text{ (V)}$$

ergibt mit den Gleichungen (1), (3) und (2)

$$E = \frac{n D^3 C_{Cu}}{d^3} C_3, \quad (4)$$

$$\text{wobei } C_3 = \frac{\mathfrak{B} \pi^2 a \beta \gamma \varepsilon}{a 60}.$$

Hält man beim Größenvergleich die Luftinduktion  $\mathfrak{B}$  konstant, was angenähert auch zutrifft, so gibt Gl. (4) die Beziehung für die Grenzbetrachtung.  $a$  ist die Zahl der

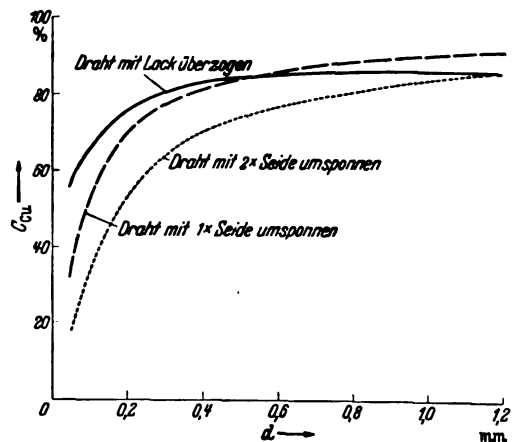


Bild 1. Abhängigkeit des Kupferfüllfaktors von der Drahtstärke bei Vernachlässigung des Raumverlustes durch Nutauskleidung.

parallelen Stromzweigpaare. Verkleinert man den Durchmesser  $D$  der Maschine, so ist ein entsprechender Anstieg der Drehzahl  $n$  zu erwarten. Um dies zu verhindern, muß der Drahtdurchmesser  $d$  herabgesetzt werden. Dem heutigen Stand der Technik im Elektromaschinenbau darf man nicht den Wirkungsbereich der Feinstmechanik angliedern; die unterste Grenze der noch maschinell wickelbaren Drahtstärke liegt etwa bei 0,06 mm blank, wobei man einen auf den lichten Füllraum bezogenen Kupferfüllfaktor zwischen 0,25 und 0,1 zu erwarten hat. Aus Bild 1 erkennt man das rasche Absinken von  $C_{Cu}$  bei einer Verkleinerung der Drahtstärke. Bei Kommutator-Kleinmaschinen verursacht dies beispielsweise eine Drehzahl-erhöhung im Durchschnitt bis 8000 U/min; wie sie bei

<sup>1)</sup> Vidmar, Der wirtschaftliche Aufbau der elektrischen Maschine. Julius Springer, Berlin 1918.

kleinen Universalmotoren häufig anzutreffen ist. Dann stellen Lagerung und Getriebe bzw. Leerverluste gewisse Schranken auf. Weiter bestimmt sich die Grenze der Betriebsspannung durch den Stromwender mit 220 bis 250 V. An den kleinen Kommutatoren mit 3,5 mm Segmentbreite ist 22 V eine oft anzutreffende Lamellenspannung.

Wegen der Überschlagsgefahr, die mit der zwangsläufig engen Bauart der Kleinstmaschinen verbunden ist, dürfte 500 V als höchste Betriebsspannung anzusehen sein. Dies gilt so lange, als die Verkleinerung der Maschine, die eine entsprechende Minderung des Flusses mit sich bringt, eine Erhöhung der Windungszahl verursacht und damit den Drahtdurchmesser auf eine ausführbare Größenordnung herabdrückt. Die Gesetzmäßigkeit zeigt Gl. (4), wobei die Minderung des Kupferfüllfaktors besonders zu beachten ist.

Diesem Umstand entspricht das Absinken des Strombelages beim Kleinwerden aller Arten elektrischer Maschinen. Der Dreh Schub und somit das Drehmoment je Gewichtseinheit der Maschine nimmt ab. Beim Kleinerwerden einer Bauart sinken die Leerverluste nicht so wie der Energieumsatz in der Maschine; daraus ergibt sich ein Beitrag zur Verminderung des Wirkungsgrades. Es erscheint vorerst nicht möglich, eine bestimmte Grenze im Kleinstmaschinenbau als untere anzugeben.

### Berechnung der Kupferverluste

Mit der Stromgröße berechnen sich die Kupferverluste, die einerseits den ohmschen Spannungsabfall und andererseits in Verbindung mit der kühlenden Oberfläche die entwickelte Übertemperatur vorstellen und den Wirkungsgrad beeinflussen.

$$V_{Cu} = I^2 \frac{W l}{\kappa d^2 \pi} = I^2 \frac{WR C_{Cu} l}{d^4 \kappa \pi}$$

mit Gl. (3) und der Wickellänge  $l = b D + c$  umgeformt, wobei  $b$  und  $c$  Konstanten, die von der Polteilung bzw. der Ankerlänge abhängen, und  $\kappa$  der elektrische Leitwert ist, ergibt sich

$$V_{Cu} = \frac{I^2 D^2 (b D + c) C_{Cu} 4 \gamma \epsilon}{d^4 \kappa} \quad (5)$$

Gl. (4) quadriert und in Gl. (5) eingeführt bestimmt die Kupferverluste, wobei

$$\frac{E I 100}{n 1,03} = M_{di}$$

das induzierte bzw. im Luftspalt übertragene Drehmoment in cmkg sei, wenn  $E$  in V,  $I$  in A und  $n$  in U/min eingesetzt werden.

$$V_{Cu} = M_{di}^2 \frac{(b D + c)}{\kappa D^4 C_{Cu}} C_4, \quad (6)$$

$$C_4 = \frac{1,51 a^2 10^{16}}{g^2 a^2 \beta^2 \gamma \epsilon}$$

Weil beim Kleinwerden der Maschine der Kupferfüllfaktor absinkt, ergibt sich aus Gl. (6) ein Anwachsen der Kupferverluste. Dementsprechend tritt eine Verminderung des Wirkungsgrades ein.

### Gesichtspunkte für die Schaltung und Ausnutzung von Kleinstmotoren

Durch das Ansteigen der Kupferverluste bzw. des ohmschen Spannungsabfalles gewinnt bei Kleinstmotoren der zeitliche Verlauf der Belastung immer stärkeren Einfluß auf die Stabilität der Drehzahl. Durch die technologische Begrenzung der Drahtstärke ist bei kleinen Stromwendermotoren der Nebenschlußbetrieb oft unmöglich, soweit nicht eine entsprechende Niederspannung für die Felderregung zur Verfügung steht, die verteuerte Vorschaltwiderstände entbehrlich macht. Deshalb ist der Hauptstrommotor vorherrschend. Ähnliches gilt für den Wechselstrombetrieb. Da bei Kleinstmotoren fast immer

der Wunsch nach Einstellung oder Regelung der Drehzahl besteht, tritt die Verwendung von Kurzschlußläufern bzw. feldführenden Polrädern meistens zurück, so daß hierbei der Hauptstrommotor als sogenannter Universalmotor verwendet wird. Hauptstrommotoren sind bekanntlich ganz besonders lastabhängig. Durch diese einmal gegebene Eigenschaft der Stabilität wirkt sich eine Verkleinerung der Maschine nicht nur vom Standpunkt der Energiebilanz, sondern auch betriebsmäßig ungünstig aus.

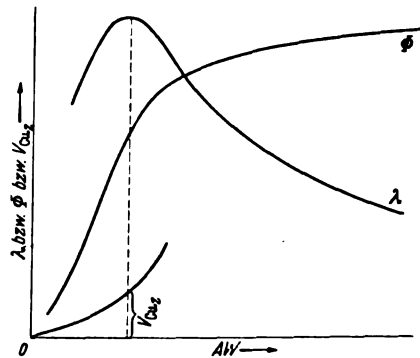


Bild 2. Magnetisches Fassungsvermögen bzw. Leitwert des magnetischen Kreises in Abhängigkeit vom Amperewindungsdruck. Beim Bestwert der magnetischen Ausnutzung möge der zulässigen Kupferverluste  $V_{Cu_2}$  auftreten.

Als weitere Folge des absinkenden Kupferfüllfaktors beim Kleinwerden der Maschine ergibt sich eine geringere Ausnutzung und damit eine Verminderung der Wirkleistung je Gewichtseinheit des magnetisierten Eisens. Die Folge davon ist ein prozentualer Anstieg der Blindleistung bzw. des Magnetisierungsstromes, der sich auch nach außen durch eine Verschlechterung des  $\cos \phi$  beim Kleinwerden der Maschine auswirkt. Es sind also Wirtschaftlichkeit und Anwendbarkeit in Betracht zu ziehen, um dementsprechend die praktische Grenze festzusetzen.

Bezüglich der Ausnutzung ergeben sich zwei Gesichtspunkte, die wichtig erscheinen: die magnetische und die thermische Ausnutzung<sup>2)</sup>. Bei der ersteren handelt es sich beispielsweise nicht darum, bei gegebenem Querschnitt das größte Feld zu verwenden, sondern jenen Fluß, der den geringsten Aufwand an Magnetisierung erfordert. Zu diesem Zweck bildet man die magnetische Leitfähigkeit  $\lambda = \Phi / AW$ . Trägt man diesen Leitwert über den Erregeramperewindungen auf, so erkennt man den Bestwert der magnetischen Ausnutzung, wie es Bild 2 veranschaulicht. Er soll dort liegen, wo der zugehörige Erreger- bzw. Betriebsstrom den erlaubten Größtwert an Kupferverlusten bildet. Diese Regel kann durch besondere Betriebsbedingungen ihre Ausnahme finden, z. B. läßt sich ein selbsterregter Gleichstromnebenschlußgenerator nicht so ausnutzen wie eine Gleichstrom-Reihenschlußmaschine. Der Bestwert von  $\lambda$  liegt stets in der Höhe des Wendepunktes an der magnetischen Kennlinie, d. h. knapp unter dem Knie. Nichts hindert die Reihenschlußmaschine, an diesem Punkt zu arbeiten, während bei der Nebenschlußmaschine die Selbsterregung dadurch erreicht wird, daß die Widerstandslinie des Feldes mit der Kennlinie der Maschine einen ausgeprägten Schnittpunkt findet, die Maschine also ziemlich am oberen Teil des Knies zu arbeiten hat.

Die thermische Ausnutzung hat einerseits auf größtmögliche Wärmeabfuhr, andererseits auf die richtige Verteilung der Verluste abzielen.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Grenzen im Kleinstmaschinenbau durch mechanische und tech-

<sup>2)</sup> Diese Gesichtspunkte wurden neben anderen vom Verfasser in Elektrotechn. u. Masch.-Bau 56 (1938) S. 604 behandelt.

nologische Erwägungen bestimmt sind. Voraussetzung ist höchste Baustoffausnutzung in elektrischer und magnetischer Hinsicht<sup>3)</sup>.

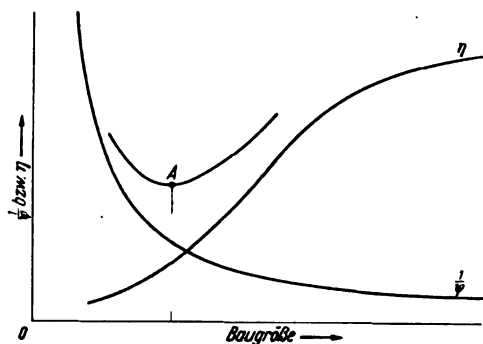


Bild 3. Wirkungsgrad  $\eta$  und wirtschaftliche Energieausnutzung  $1/\psi$  in Abhängigkeit von der Baugröße; A bezeichnet die untere Grenze für eine noch wirtschaftlich tragbare Kleinmaschine.

Im Zuge einer Typenschrumpfung verkleinert sich aus technologischen Gründen der Kupferfüllfaktor. Er ist maß-

<sup>3)</sup> S. a. W. Nürnberg ETZ 60 (1939) S. 233.

gebend für das prozentuale Ansteigen des ohmschen Spannungsabfalles und des Magnetisierungsstromes. Beide Größen haben beim Verkleinern der Maschine eine Verbindung mit dem Wirkungsgrad und dem Preis. Es ist heute nicht möglich, eine bestimmte Grenze im Kleinmaschinenbau anzugeben. Maßgebend dafür erscheinen zwei kennzeichnende Beziehungen, die man an Abhängigkeit von der Baugröße betrachten kann; die eine ist der Wirkungsgrad  $\eta$ , der mit der Verkleinerung fällt. Die andere Beziehung bezeichnet die wirtschaftliche Energieausnutzung  $\psi$ ; sie bestimmt sich aus den aufgewendeten Kosten für das an der Welle entwickelte Drehmoment im Verhältnis zum Gewicht des dazu benötigten Gesamtwerkstoffes.

$$1/\psi = \text{Kosten/Drehmoment/Gewicht} = \frac{RM \text{ kg}}{M_d}$$

Diese Größe steigt mit der Maschinenverkleinerung an<sup>4)</sup>. Bild 3 läßt den Bestwert A erkennen, der sich aus  $\eta$  und  $1/\psi$  ergibt. Es ist zu erwarten, daß die künftige Fertigung eine weitere Verschiebung dieses Wertes nach unten zustandebringt.

<sup>4)</sup> Der besprochene Verlauf läßt sich an Typenreihen gut verfolgen. Eine Auswertung nach vorher genannten Gesichtspunkten zeigt den Anstieg von  $1/\psi$  und einen Abfall von  $\eta$  beim Kleinerwerden des Motors.

## Einführung zur Neufassung des § 14 „Schaltgruppen und Schaltungen von Gleichrichter-Transformatoren“ von VDE 0555/1936

Von M. Schenkel VDE, Berlin

DK 621.314.222.062 (083.133.2)

Im Zusammenhang mit dem Bestreben, für sekundär sechs-, zwölf- und mehrphasige Gleichrichtertransformatoren Klemmenbezeichnungen seitens des VDE festzulegen, erwies sich auch eine Überarbeitung des § 14 „Schaltgruppen von Gleichrichtertransformatoren“ und der Tafel I „Schaltungen und Schaltgruppen von Gleichrichtertransformatoren“ der Regeln für Stromrichter — VDE 0555/1936 — als notwendig.

Für Dreiphasen-Gleichrichterbetrieb waren in der bisherigen Tafel I die Gleichrichtertransformatoren nach Schaltgruppen zusammengefaßt, deren Bezeichnungen mit denen gewöhnlicher Transformatoren nach Tafel I des § 8 von VDE 0532/XII. 37 übereinstimmten. Hierin ist auch in der Neubearbeitung nichts geändert worden. Dagegen konnte die Zahl der Schaltungen dreiphasiger Gleichrichtertransformatoren auf die heute gebräuchlichsten beschränkt werden. In der Neubearbeitung der Tafel I sind daher nur noch die Schaltungen C 1, A 2, A 3 und C 3 aufgeführt.

Für Sechphasen-Gleichrichterbetrieb waren in der bisherigen Tafel I die Schaltgruppen F und G aufgenommen, während der Zwölfphasenbetrieb noch gar nicht berücksichtigt war. Hier erwies sich eine Anpassung an die fortschreitende Entwicklung als notwendig, die zu einer größeren Vielfalt von Schaltungen und zu immer größeren Phasenzahlen geführt hatte. Dementsprechend wurden in der Neubearbeitung für den Sechphasenbetrieb acht Schaltungen und für den Zwölfphasenbetrieb drei Schaltungen als Beispiele aufgenommen. Die bisherigen Schaltgruppenbezeichnungen F und G für Sechphasenbetrieb wurden durch die sinnfällige Bezeichnung S ersetzt. Für Zwölfphasenbetrieb wurde die Schaltgruppe Z neu eingeführt.

Während es früher üblich war, Sechphasensysteme durch Zusammenschalten einzelner normaler dreiphasiger

Transformatoren zu bilden, wird heute fast allgemein auf eine solche Zusammenschaltung mehrerer Transformatoren zur Speisung eines Gleichrichters verzichtet. Ebenso scheidet auch ein Parallelbetrieb durch sekundärseitige Parallelschaltung kleiner Transformatoren aus, da heute Transformatoren für alle Gefäßgrößen gebaut werden können. Zur Erzielung größerer Leistungen werden vielmehr mehrere Gleichrichtereinheiten, d. h. also Sätze aus Transformator und Gleichrichter, parallel geschaltet. Dabei werden die Anodenspannungen der einzelnen Gleichrichtertransformatoren in ihrer Phasenlage so gegeneinander verschoben, daß eine Verminderung der Oberwellen auf der Gleichstromseite und in den Primärströmen so weit erfolgt, wie es sich mit der gegebenen Phasenzahl erreichen läßt. Die Anodenspannungen der verschiedenen Einheiten stimmen dann also in ihrer Größe, aber nicht in ihrer Phasenlage überein. Um festzustellen, wieweit die Aufhebung der Oberwellen in einer solchen Schaltung gelungen ist, muß die gesamte Gleichrichteranlage mit allen ihren parallelen Einheiten betrachtet werden. Die Darstellung solcher Schaltungen würde jedoch im Rahmen der Regeln für Stromrichter zu weit führen, so daß bei der Neubearbeitung der Tafel I hierauf verzichtet wurde.

Mit Ausnahme der Schaltung Z 3 sind für alle übrigen Schaltungen nur Transformatoren mit drei bewickelten Eisenkernen zugrunde gelegt, wie dies in der heutigen Praxis üblich ist. Die Schaltungen in Tafel I sind auf der Sekundärseite sämtlich mit belastbarem Sternpunkt versehen. Sie lassen sich aber auch ohne Sternpunktleiter (Brückenschaltung) verwenden.

Ueber die Klemmenbezeichnungen von Gleichrichtertransformatoren ist ein besonderer Entwurf zu § 12 von VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen“ nebst Erläuterungen in diesem Heft, S. 399, veröffentlicht.

DK 621.314.5(083.133.2)

**Regeln für Stromrichter**  
**VDE-Ausschuß für Stromrichter**

**VDE 0555**

**Entwurf**

Einspruchsfrist: 1. Juni 1940.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr.

**Änderung des § 14 und der Tafel I von VDE 0555/1936**

**§ 14**

**Schaltgruppen und Schaltungen von Gleichrichter-Transformatoren**

a) In Tafel I sind die gebräuchlichsten Schaltgruppen und Schaltungen von Gleichrichter-Transformatoren zusammengestellt. Diese sind bei dreiphasigen Gleichrichter-Transformatoren nach § 8 von VDE 0532/XII. 37 zu bezeichnen. Für sechsphasige Gleichrichter-Transformatoren ist die Schaltgruppe S mit den Schaltungen S 1 bis S 8, für zwölfphasige Gleichrichter-Transformatoren die Schaltgruppe Z mit den Schaltungen Z 1 bis Z 3 vorgesehen.

Die Sekundärwicklungen der in Tafel I dargestellten Gleichrichter-Transformatoren sind mit belastbarem Sternpunktleiter versehen.

Über die Klemmenbezeichnungen von Gleichrichter-Transformatoren siehe § 12 von VDE 0570 „Regeln für Klemmenbezeichnungen“ (Entwurf siehe ETZ 61 (1940) S. 400).

b) In Tafel I sind nur Transformatoren für höchstens Zwölfphasen-Gleichrichterbetrieb berücksichtigt worden, da es üblich ist, in einem dreikernigen Transformator höchstens Zwölfphasensysteme zu erzeugen. Größere Phasenzahlen, z. B. 18, 24, 36 usw., die zu weitgehender Verminderung der Oberwellen des Primärstromes erforderlich sein können, erzeugt man mit Hilfe von Gleichrichtereinheiten mit Drei-, Sechs- oder Zwölfphasen-Transformatoren. Hierbei werden primär- oder sekundärseitig Zusatztransformatoren (Schwenktransformatoren) eingeschaltet, die die gegenseitige Phasenlage der Sekundärspannungen verschieben, um die gewünschte Phasenzahl der Gesamtanlage zu erzielen.

c) Transformatoren mit Sekundärspannungen, die nach Phase und Größe gleich sind, ergeben sowohl in der Gleichspannung als auch in den Primärströmen gleichphasige Oberwellen. Bei gittergesteuerten Gleichrichtern ist hierbei gleicher Aussteuerungsgrad vorausgesetzt.

Beim Parallelbetrieb von Gleichrichtereinheiten ist eine weitgehende Verminderung des Oberwellengehaltes der Gleichspannung und der Primärströme möglich. Sie wird durch

Tafel I. Schaltgruppen und Schaltungen von Gleichrichter-Transformatoren.

Phasen-zahl	Schalt-gruppe	Schalt-tung	Bezeichnung		Vektorbild		Schaltungsbild	
			primär	sekundär	primär	sekundär	primär	sekundär
I. Dreiphasen-Gleichrichterbetrieb	C	C 1	Dreieck	Stern				
		A 2	Stern	Stern				
		A 3	Dreieck	Zickzack				
		C 3	Stern	Zickzack				
II. Sechshephasen-Gleichrichterbetrieb	S	S 1	Dreieck	Doppelstern				
		S 2	Stern	Doppelstern				
		S 3	Dreieck	Doppelstern m. Saugdrossel				
		S 4	Stern	Doppelstern m. Saugdrossel				
		S 5	Dreieck	Doppelstern m. Saugdrossel (mehrfach parallel)				
		S 6	Stern	Doppelstern m. Saugdrossel (mehrfach parallel)				
		S 7	Dreieck	(Gabel)				
		S 8	Stern	(Gabel)				
III. Zwölfphasen-Gleichrichterbetrieb	Z	Z 1	Dreieck	Zickzack m. Saugdrossel (mehrfach parallel)				
		Z 2	Stern	Zickzack m. Saugdrossel (mehrfach parallel)				
		Z 3	Stern und Dreieck	Doppelstern m. Saugdrossel (mehrfach parallel)				

Anmerkung zur Tafel I: In der Schaltung Z 3 sind die Flüsse der beiden dreiphasigen Transformatorenkerne um 90° elektrisch versetzt.

gegenseitige Phasenverschiebung der Sekundärspannungen erzielt, wobei die Größe der Phasenverschiebung von der Phasenzahl abhängt.

Bei Schaltungen mit Saugdrossel (S 3 bis S 6, Z 1 bis Z 3) ist zu beachten, daß bei magnetisierter Saugdrossel eine Verschiebung der Oberwellen eintritt. Beispielsweise treten in der

Schaltung S 3 die ungeradzahigen Vielfachen der 6. Oberwelle in Gegenphase, während die geradzahigen Vielfachen ihre Phasenlage beibehalten.

Die Lastverteilung auf die parallelen Gleichrichtereinheiten ist durch die Spannungs-Strom-Kennlinien der Einheiten bedingt.

## Einführung zu den Klemmenbezeichnungen von Stromrichter-Transformatoren, § 12 von VDE 0570/I. 40

Von M. Schenkel VDE, Berlin

Die altbewährte Klemmenbezeichnung nach dem *uvw-xyz*-System für Transformatoren und Maschinen sollte auch bei den Bezeichnungen der Klemmen von Stromrichtertransformatoren grundsätzlich weitgehend erhalten bleiben. Dadurch, daß in diesem System die letzten sechs Buchstaben des Alphabets als Klemmenbezeichnungen gewählt sind, besitzt es jedoch von vornherein keine Fortsetzungsmöglichkeit und muß verlassen werden, sobald die Zahl der Klemmen größer als 6 wird.

Eine neu einzuführende Bezeichnungsweise muß daher die genannten Mängel vermeiden, d. h. sie muß erweiterungsfähig und außerdem einprägsam sein. Diese Forderungen werden am besten erfüllt, wenn man Zahlen als Klemmenbezeichnungen wählt.

Für die an das Wechselstromnetz und an den Stromrichter anzuschließenden ein- oder dreiphasigen Wicklungen konnte die bisherige Bezeichnungsweise nach dem *uvw-xyz*-System beibehalten werden. Auch beim Sechsenphasenbetrieb hätte man zur Klemmenbezeichnung der an den Stromrichter anzuschließenden Wicklungen allenfalls noch mit den alten Bezeichnungen *uvw, xyz* auskommen können, da diese wenigstens die Phasenzahl hätten erkennen lassen. Nun ist aber bei Stromrichterschaltungen auch die Phasenfolge äußerst wichtig. Diese läßt sich mit fortlaufenden Zahlen in sehr einfacher Weise kennzeichnen, so daß in dem vorstehenden Entwurf die Klemmen der an den Stromrichter anzuschließenden Wicklungen bei allen mehr als dreiphasigen Stromrichtern mit Zahlen bezeichnet wurden.

Wichtige Transformator-Nebenklemmen, z. B. Entgasungsklemmen, tragen als Kennzeichen ebenfalls die Zahl ihres zugehörigen Spannungsvektors, die außerdem mit einer von ihr durch Schrägstrich getrennten Beizahl 1 versehen wird. Z. B. erhält die zum Spannungsvektor 1 gehörige Nebenklemme die Bezeichnung 1/1, die zum Spannungsvektor 2 gehörige Nebenklemme die Bezeichnung 2/1 usw. Ist eine 2. Gruppe von Nebenklemmen vorhanden, so werden die Klemmen dieser Gruppe von denen der erstgenannten durch die Beizahl 2 unterschieden, z. B. 1/2, 2/2, 3/2 usw. Hierbei ist noch folgendes zu beachten:

1. kommt es vor, daß die Anzahl der Nebenklemmen niedriger ist als die Phasenzahl. Dann sollen die Zahlen derjenigen Phasen, zu denen keine Nebenklemme gehört, in der Zahlenfolge der Nebenklemmen ausfallen. Bei einem Sechsenphasen-Stromrichterbetrieb werden also z. B., wenn der Transformator sekundärseitig in Gabelschaltung ausgeführt ist, die drei Entgasungsklemmen, die meist an den Gabelstämmen sitzen, mit 1/1, 3/1 und 5/1 bezeichnet.
2. soll die erste Zahl in der Klemmenbezeichnung von Nebenklemmen, die die Zugehörigkeit der Nebenklemme (z. B. einer Entgasungsklemme) zum Spannungsvektor kennzeichnet, sowie ihre zeichnerische

DK 621.314.222 : 621.315.684(083.133.2)

Lage im Vektorbild (siehe die Beispiele zum Zwölfphasen-Stromrichterbetrieb in dem vorstehenden Entwurf) nur diese Zugehörigkeit angeben, aber nicht zugleich etwas über die Phasenlage der Entgasungsspannung aussagen; denn die Spannung des Gabelstammes und mithin die Entgasungsspannung, z. B. an der Nebenklemme 1/1, eilt ja der Spannung *1-mp* zwischen Klemme 1 und Sternpunkt *mp* um 30° voraus.

3. ist der Einfachheit halber darauf verzichtet worden, durch die Bezeichnung auszudrücken, ob die Nebenklemmen am Gabelstamm oder am Gabelzweig sitzen, da ein Bedürfnis nach einer solchen Unterscheidung wohl sehr selten vorkommen wird.
4. sind auch keine Festlegungen für vereinzelte Nebenklemmen, für die die Phasenfolge belanglos ist, getroffen worden, also z. B. für einzelne Nebenklemmen, die eine Relaispule, eine Zündvorrichtung oder einen Heizkörper speisen.

Einer besonderen Begründung bedarf die neu eingeführte Mittelpunktbezeichnung *s* neben der bisherigen, in den Regeln für Klemmenbezeichnungen allgemein eingeführten Mittelpunktbezeichnung *mp*. Die gesamte Schaltung der Sekundärseite eines Stromrichtertransformators kann aus mehreren Wicklungssystemen bestehen. In dem vorstehenden Entwurf sind in der Schaltung S 6 zwei solcher Wicklungssysteme vorhanden, die ihrerseits aus je zwei dreiphasigen Wicklungssystemen bestehen. Die Mittelpunkte der beiden Wicklungssysteme werden nicht nach außen geführt, sondern an eine gemeinsame Saugdrossel angeschlossen. Sie erhalten daher die Bezeichnungen *s*<sub>1</sub> und *s*<sub>2</sub> (*s* bedeutet Anschluß an Saugdrossel), während der Mittelpunkt der ganzen Schaltung, dem der ganze Betriebsstrom entnommen wird, die Bezeichnung *mp* erhält.

Diese Unterscheidung hat noch den Vorteil, daß die allgemein eingeführte Mittelpunktbezeichnung *mp* auch bei Stromrichtertransformatoren stets auftritt, und zwar außen am Transformator, während die Saugdrosseln manchmal in die Transformatorenkessel mit eingebaut werden, so daß dann die Klemmen *s* nicht in Erscheinung treten. Andererseits ist ihre Kennzeichnung insofern wichtig, als bisweilen die Transformatoren und die Spulen von verschiedenen Werkstätten oder sogar von verschiedenen Firmen hergestellt werden, so daß eine einheitliche Kennzeichnung den Zusammenbau erleichtert. Für den Kunden tritt die Bezeichnung nach dem Zusammenbau des Transformators jedoch nicht mehr in Erscheinung.

Zusammenfassend ergibt sich also folgendes bezüglich der Verwendung der Mittelpunktbezeichnungen *s* und *mp*:

Enthält eine Schaltung außer den Wicklungssystemen eine oder mehrere Saugdrosseln — beim Sechsenphasen-Stromrichterbetrieb ist häufig eine, beim Zwölfphasen-Stromrichterbetrieb sind meist drei vorhanden —, so wer-

den die Mittelpunkte der einzelnen Wicklungssysteme oder mehrerer in sich verbundener, nach außen jedoch nicht einzeln abgeleiteter Wicklungssysteme mit  $s_1, s_2$  usw. bezeichnet.

Die Hauptstromlieferungsstelle der gesamten Schaltung sowie Mittelpunkte von Wicklungssystemen ohne Saugdrosseln erhalten dagegen die Bezeichnung  $mp$  bzw.  $mp_1, mp_2$  usw.

Sinngemäß kann verfahren werden, wenn nicht Saugdrosseln, sondern andere Drosseln, etwa Glättungs- oder Kathodendrosseln, als zur Schaltung gehörig angesehen oder in die Transformatorenkessel eingebaut werden sollen. Da sich der vorstehende Entwurf nur auf Klemmenbezeichnungen der Stromrichtertransformatoren selbst beschränkt, so sind in ihm außer den vorgenannten Mittelpunktbezeichnungen keine Klemmenbezeichnungen für Spulen festgelegt worden, soweit sie nicht mit den vorgenannten Mittelpunktbezeichnungen  $s$  und  $mp$  übereinstimmen.

Der Großstromrichterbetrieb hat zu einer beträchtlichen Steigerung der sekundären Phasenzahl geführt. Man benutzt heute 24 und 36 Phasen. Es ist jedoch für unnötig gehalten worden, Beispiele zeichnerischer Art für mehr als 12 Phasen in den vorstehenden Entwurf aufzu-

nehmen, da die Klemmenbezeichnungen für höhere Phasenzahlen sehr leicht aus den bis 12 Phasen gegebenen Beispielen abzuleiten sind.

Transformatoren mit mehr als drei bewickelten Eisenkernen hat man bisher höchstens für Versuchszwecke hergestellt. In der Praxis verwendet man nur Transformatoren mit drei bewickelten Eisenkernen. Die höheren Phasenzahlen erzielt man entweder durch Zusammenschalten von Spulengruppen großer mit solchen kleiner Windungszahl oder man verwendet zwei dreikernige Transformatoren, bei denen die an das Wechselstromnetz angeschlossenen Wicklungen des einen in Stern, des anderen in Dreieck geschaltet sind. Die beiden Transformatoren arbeiten dann mit einer gegenseitigen zeitlichen Versetzung ihrer Flüsse um  $30^\circ$  elektrisch. Es ist aber nicht für nötig gehalten worden, die UVW-Klemmen dieser Transformatoren voneinander zu unterscheiden (etwa durch Beibuchstaben), denn die Klemmen sollen in erster Linie die Verbindung mit dem Netz bezeichnen und nichts über die Phasenlage der Flüsse aussagen. Doch können zwei solcher Transformatoren mit gegeneinander um  $30^\circ$  versetzten Wicklungen im Schaltungsbild „räumlich abgewickelt“ dargestellt werden, wie dies in dem vorstehenden Entwurf in der Schaltung Z 3 in Übereinstimmung mit DIN VDE 714, Nr. 422 b, Neuausgabe Februar 1940, gezeit ist.

## Regeln für Klemmenbezeichnungen

### VDE-Ausschuß für Klemmenbezeichnungen

#### VDE 0570

##### Entwurf

Einspruchsfrist: 1. Juni 1940.

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

#### Änderungen und Ergänzungen zu VDE 0570/I. 40

##### § 10

##### Transformatoren und Wandler

Es wird ein neuer letzter Absatz angefügt, der folgendermaßen lautet:

„Falls Ausgleichswicklungen von Drehstrom-Transformatoren Klemmen erhalten, so sind diese mit  $u_1$ — $z_1$  zu bezeichnen.“

Hinter § 11 wird ein neuer § 12 eingefügt. Die folgenden Paragraphenzahlen erhöhen sich entsprechend.

##### § 12

##### Stromrichter-Transformatoren

Die Klemmen der an das Wechselstromnetz anzuschließenden Wicklungen werden nach Tafel IIC bezeichnet. Die Klemmen der an den Stromrichter anzuschließenden Wicklungen werden durch Zahlen gekennzeichnet. Falls jedoch nicht mehr als drei Klemmen vorhanden sind, wird die Bezeichnung nach Tafel IIC ( $u, v, w$ ) benutzt.

Zu jeder mit einer Zahl bezeichneten Klemme gehört jeweils eine Wechselspannung zwischen ihr und dem Spannungsmittelpunkt  $mp$  (Sternpunkt) des Wicklungssystems. Die Zahlen sollen die zeitliche Reihenfolge der einzelnen Wechselspannungen angeben, so daß die größte zugleich die Phasenzahl anzeigt. Die Klemme, deren zugehörige Wechselspannung dem ersten zeitlich hinter der Spannung  $V - Mp$  liegenden Spannungsvektor entspricht, erhält die Zahl 1. Die Klemme des nächsten zeitlich hinter diesem Vektor liegenden Spannungsvektors erhält die Zahl 2 usw. Klemmen mit gleichphasigen zugehörigen Spannungen werden voneinander durch Beibuchstaben  $a, b, c$  usw. unterschieden.

DK 621.315.684/.685(083.133.2)

Die Mittelpunkte der Wicklungssysteme auf der Stromrichterseite erhalten die Bezeichnung  $mp$ . Sind mehrere Mittelpunkte vorhanden, so werden sie durch Beifügung der niedrigsten zu ihrem Wicklungssystem gehörigen Zahl voneinander unterschieden (z. B.  $mp_1, mp_2$ ).

Wenn jedoch Spulen, meist Saugdrosseln, mitunter auch Glättungsdrosseln oder Kathodendrosseln, an die Mittelpunkte angeschlossen sind, so sind die Mittelpunkte der Wicklungen mit den Buchstaben  $s_1, s_2$  usw. und die Ausführungspunkte des Stromes aus den Spulen mit den Buchstaben  $mp_1, mp_2$  usw. zu bezeichnen. Für die Bezeichnung der übrigen Klemmen solcher Spulen werden keine Festlegungen getroffen.

Nebenklemmen am Transformator-Wicklungssystem, z. B. Entgasungsklemmen, werden mit der Zahl der Außenklemme ihrer Wicklung und der durch Schrägstrich von ihr getrennten Beizahl 1 bezeichnet, falls eine Gruppe von Nebenklemmen vorhanden ist (z. B. 1/1, 2/1, 3/1 usw.), mit der Beizahl 2, falls eine zweite Gruppe vorhanden ist (z. B. 1/2, 2/2, 3/2 usw.), und so fort. Ist die Anzahl dieser Klemmen niedriger als die Phasenzahl, so fallen die entsprechenden Zahlen aus (z. B. 2/1, 4/1 usw.).

Für die Bezeichnung vereinzelter Nebenklemmen, für die die Phasenfolge belanglos ist, werden keine Festlegungen getroffen.

##### § 15

(bisher § 14)

#### Beispiele für Klemmenbezeichnungen

Tafeln III bis VIII (bisher Tafeln III bis VII).

In den Beispielen für Klemmenbezeichnungen wird eine neue Tafel VII mit der Überschrift „Stromrichter-Transformatoren“ eingefügt. Die bisherige Tafel VII erhält die Bezeichnung VIII. Die in die neue Tafel VII „Stromrichter-Transformatoren“ aufzunehmenden Beispiele decken sich mit den Schaltungen S 1, S 4, S 6, S 8 und Z 3 der Tafel I in § 14 von VDE 0555 „Regeln für Stromrichter“, siehe ETZ 61 (1940), H. 18, S. 398. Sie werden daher an dieser Stelle nicht nochmals abgedruckt.

# RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.173

### 110 kV-Flußkreuzung.

Eine im Dezember 1939 fertiggestellte 1100 m lange Flußkreuzung im Zuge einer 110 kV-Leitung wurde mit Rück-

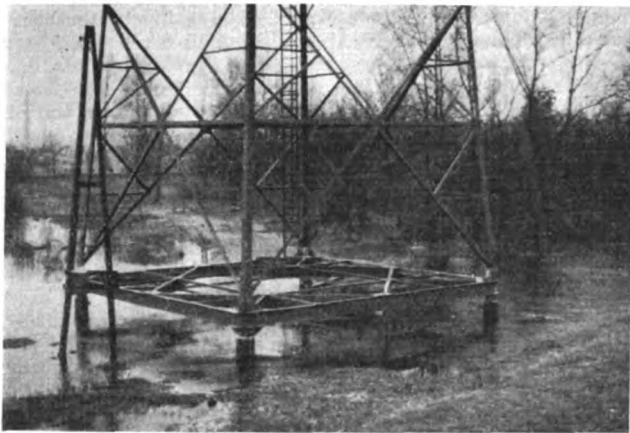


Bild 1. Mast-Unterteil und Fußkonstruktion mit der Stahlhohlpfahlgründung des Zwischenturmes auf der südlichen Uferseite.

sicht auf die große Entfernung zwischen den Vortürmen durch zwei Zwischentürme unterteilt. Eine Verkürzung des 610 m langen Kreuzungsfeldes war wegen der steilen Böschung auf der

Traversenanordnung gewählt. Für die Isolierung sind im Kreuzungsfeld für die Trag- und Abspannketten Doppelketten, bestehend aus  $2 \times 4$  Isolatoren VK 5 gebleit, verwendet worden.

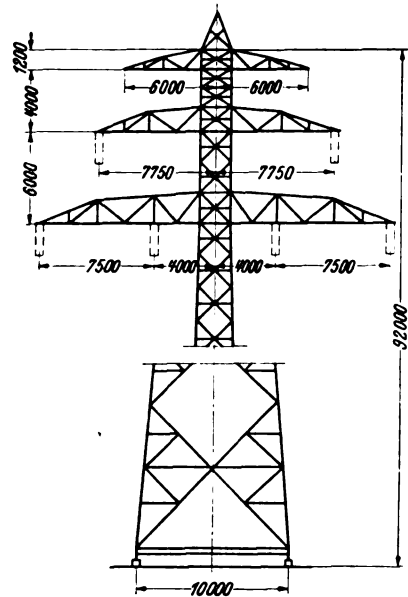


Bild 2. Abmessungen des Zwischenturmes auf der südlichen Uferseite.

Tafel 1. Hauptsächlichste Daten der Flußkreuzung.

	Nennwert mm <sup>2</sup>	Drahtzahl und Anordnung	Drahtdurchmesser Nennwert mm	Drahtquerschnitt Nennwert mm <sup>2</sup>	Seildurchmesser Nennwert mm	Eigengewicht kg/cm <sup>3</sup>	Dauerzugfestigkeit kg/mm <sup>2</sup>	Prüffestigkeit kg/mm <sup>2</sup>	Höchstzugspannung kg/mm <sup>2</sup>	Höchstseilzug kg	Seilbruchlast Nennlast kg	Winddruck auf das Seil kg/m	Durchhang bei:			Max. horizontale Ablenkung der Kette mm	Max. Ausschwingwinkel
													-5° C	+ Zusatzlast	+ 40°		
Bronzeseil Bz II nach DIN VDE 8300 . . . . .	185	1+6+12 +18=37	2,5	4,91	17,5	$8,65 \cdot 10^{-3}$	50	60	15	2775	10 900	1,093	3960	4050	4130	1180	34°
Stahlsell 70 kg/mm <sup>2</sup> verzinkt DIN VDE 8205 . . . . .	70	1+6+12 = 19	2,15	3,63	10,5	$7,8 \cdot 10^{-3}$	90	120	19	1330	8295	0,656					

Isolatoren VK 5 DIN VDE 8009 gebleit	Anzahl der Glieder . . . je Kette	2 x 4
	Kettenlänge . . . . . mm	2 100
	Stundenprüflast einer Doppelkette . . . . . kg	11 400

nördlichen Uferseite und der Lage des Deiches auf der südlichen Uferseite nicht möglich. Die ursprünglich in Aussicht genommenen Stahlaluminiumseile konnten nicht verwendet werden, da sich infolge der geringen, bei Kreuzungen hierfür zulässigen Zugspannung von 5,5 kg/mm<sup>2</sup> wesentlich höhere Maste mit ungewöhnlich langen Traversen ergeben hätten. Daher wurden sechs Bronzeseile Bz II 185 mm<sup>2</sup> und zwei Stahlseile 70 mm<sup>2</sup> verlegt. In Tafel 1 mit den hauptsächlichsten Daten der Kreuzung sind auch die näheren Angaben über den Aufbau und die Festigkeit der Seile enthalten.

Für die Fundierung der Zwischen- und Vortürme wurde die aus Bild 1 ersichtliche einfache und leicht herzustellende Stahlhohlpfahlgründung<sup>1)</sup> gewählt. Diese Gründung mit den bekannten Vorzügen, insbesondere der Wegfall jeglicher Schachtabarbeiten, ermöglichte ohne weiteres das Aufstellen des einen Zwischenturmes unmittelbar hinter dem Deich und das nahe Heranrücken des anderen Zwischenturmes an die vorwiegend aus Lehm Boden bestehende steile Böschung. Die Konstruktion und die Abmessungen des 92 m hohen Zwischenturmes ist aus Bild 2 ersichtlich. Bei allen vier Türmen wurde die gleiche

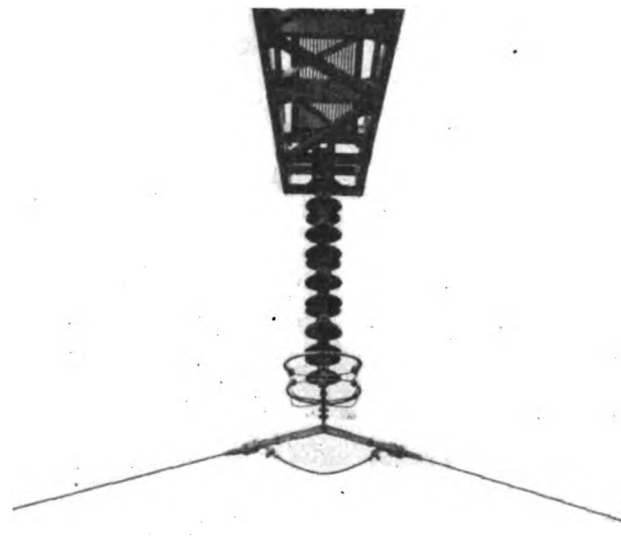


Bild 3. Doppeltragkette mit zwei Konus-Abspannklammern und Nachschubeinrichtung auf den Zwischentürmen.

<sup>1)</sup> F. Klaus, ETZ 68 (1037) S. 340.



Eine besondere Anordnung der Seilbefestigung war bei den Doppeltragketten auf den Zwischentürmen notwendig. Durch die Verwendung von zwei Konusabspannklemmen mit Nachschubeinrichtung an jeder Doppeltragkette konnte die Bedingung, daß beim Reißen eines Seiles im Nachbarfeld die Tragketten als Abspannkette wirken, in einfacher Weise erfüllt werden (Bild 3). Die nach dem Spannen zu montierenden Konusabspannklemmen, unter gleichzeitigem Zusammenziehen der Seile, um den dazwischenliegenden Seilbogen zu erhalten, konnten durch einfache Spezialvorrichtung mühelos von einem Mann angebracht werden.

F. Klaus VDE

DK 621.315.17 : 551.5

**Einfluß der atmosphärischen Bedingungen auf das Verhalten von Hochspannungsfreileitungen.** [Nach H. Josse, Rev. gén. Électr. 45 (1939) S. 655; 10½ S., 12 B., 3 Taf.]

H. Josse betrachtet zunächst die grundsätzlichen meteorologischen Erscheinungen in ihrer Einwirkung auf Energieübertragungsleitungen hoher Betriebsspannungen, wobei er die Beeinflussungen in solche mechanischer und elektrischer Art einteilt. Wind kann beträchtliches Ausschlagen der Isolatoren-Hängeketten hervorrufen, worauf beim Festlegen der nötigen Schlagweiten zu achten ist. Die mechanischen Seilschwingungen lassen sich in solche hoher Frequenz, kleinen Ausschläge und kleiner Wellenlänge, die eigentlichen Seilschwingungen sowie in die Schwingungen niedriger Frequenz einteilen. Die erstgenannten sind die gefährlicheren, die bisweilen zu Leitungsbrüchen führen. Die Seilschwingungen werden durch eine verstärkende Art der Aufhängung oder durch besondere Schwingungsdämpfer bekämpft, die durch Vergrößerung der schwingenden Masse einwirken. Für beide Maßnahmen werden verschiedene Bauarten angegeben und auf die schwingungsarme Stahlaluminium-Seilausführung hingewiesen. Der die mechanische Seilspannung vergrößernde Einfluß der Kälte wird durch Rauheif-, Schnee- oder Eisbelag noch verstärkt; die zur Leitungsberechnung erforderlichen Durchschnittswerte sind in den einzelnen Ländern je nach deren Lage verschieden. Die elektrischen Beeinflussungen beziehen sich auf den Blitzschlag und Überschlüge aus verschiedenen Ursachen. Die Auswertung der Statistik des französischen meteorologischen Instituts ergab, daß die meisten Überschlüge, rd. 35%, bei Regen auftraten; bei Tau erfolgten fast 27%, bei Nebel rd. 22% der Störungen. Auch die Beeinflussung der Luftionisierung bei Sonnenaufgang konnte an einer entsprechenden Statistik nachgewiesen werden. Wegen des beträchtlichen Einflusses der Feuchtigkeit auf die Überschlagwerte wurden Versuche mit einer teilweise in eine Nebelkammer eingebrachten Durchführung gemacht. Dabei wurde die große Wärme-Zeitkonstante der Durchführung festgestellt und die Kondensationsbildung des Wasserdampfes im einzelnen beobachtet. Ferner wurde die Einwirkung von Feuchtigkeit und Verstaubung auf die Überschlagfestigkeit von Hängeketten untersucht, wobei die Trockenüberschlagspannung 250 kV betrug. Unter Regen ergab sich davon 70%, bei Kondensation von Wasserdampf in der Atmosphäre 56% und bei gleichzeitiger Verschmutzung etwa 25% des ursprünglichen Wertes.

Bei der Auswertung der Erkenntnisse für die Planung von Hochspannungsleitungen kommt der Verfasser zu der Auffassung, daß zunächst hinreichende Überschlagfestigkeit anzustreben ist, daß in manchen Gegenden Frankreichs die Selbstreinigung der Isolatoren durch Wind und Regen ausreicht, daß aber in vielen Fällen die seit etwa 15 Jahren unverändert gebliebene Isolatorenbaart nicht als günstig anzusprechen ist. Entsprechend der Niederschlag- und Nebelhäufigkeit werden die dafür zu verwendenden Isolatoren mit zwei Regelausführungen für gewöhnliche und besonders staubige Nebelgebiete angegeben, deren Auswahl nach den angegebenen Karten der französischen Gebiete gleicher Gewitter- und Niederschlagshäufigkeit zu treffen ist. Zum Schluß wird der Wert der Zusammenarbeit zwischen Elektrotechnikern und Meteorologen bei der Planung großer Freileitungslinien betont. *an.*

DK 621.316.262.064

**Einschwingspannung in einer großen Umspannstation.** [Nach L. Gosland, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 672; 11 S., 14 B.]

Unter Einschwingspannung versteht man den ganzen Spannungsverlauf, der unmittelbar nach einer Abschaltung den Übergang bildet von der Lichtbogenpannung zur wiederkehrenden Spannung an den Klemmen eines Leistungsschalters. Bekanntlich ist die Steilheit des Spannungsanstieges in hohem Grade maßgebend für die Beanspruchung des Schalters bei

Leistungsabschaltungen. Da die direkte Messung der Einschwingspannung im Netz mittels Kathodenstrahlzillograph ebenso wie ihre Berechnung aus den Netzkonstanten sehr umständlich und häufig gar nicht möglich ist, wurde von Tremcham und Wilkinson<sup>1)</sup> eine neue Meßmethode angewendet, bei der keine Netzkurzschlüsse gemacht zu werden brauchen. Hierbei wird das Netz im spannungslosen Zustand mit Spannungsstößen künstlich angestoßen und der Spannungsverlauf an der Netzstelle, auf die sich die Untersuchung bezieht, mit einer Braunschen Röhre beobachtet und gemessen.

Im vorliegenden Aufsatz wird über das Ergebnis derartiger Messungen berichtet, die in der größten Umspannstation Englands, der neuen 33 kV-Valley Road Substation vorgenommen wurde. Dort stehen drei 50 MVA-Transformatoren, die über 30 km lange 66 kV-Kabel gespeist werden; außerdem laufen in der Station ein 33 kV-Speisekabel sowie zahlreiche Abnehmerkabel zusammen. Das wesentliche Ergebnis der Untersuchung besteht darin, daß die ungünstigsten Verhältnisse der Einschwingspannung nicht mit der großen Kurzschlußleistung zusammenfallen, denn der steilste Spannungsanstieg von rd. 1000 V/μs (bei einer Eigenfrequenz von 14 kHz) tritt dann auf, wenn ein einzelner Transformator die Sammelschiene speist, so daß die Kurzschlußleistung nur ein Drittel der größtmöglichen beträgt. Bei der größten Kurzschlußleistung (3 Transformatoren + 33 kV-Speisekabel) entsteht nur ein Spannungsanstieg von weniger als 100 V/μs. Wird das 33 kV-Kabel abgeschaltet, so sinkt die Kurzschlußleistung nur wenig ab, der Spannungsanstieg steigt jedoch auf 625 V/μs. Diese Konfiguration bildet also die relativ höchste Beanspruchung für die Leistungsschalter, absolut genommen stellt aber auch dieser Verlauf der Einschwingspannung keine höheren Anforderungen an die Schalter als unter Prüffeldverhältnissen.

Da die Eigenfrequenz in allen Fällen relativ niedrig ist, können zu ihrer Berechnung ohne nennenswerte Fehler die auf Betriebsfrequenz von 50 Hz bezogenen Stromkreis-konstanten (*L, C*) verwendet werden. Dies ist bis zu einer Eigenfrequenz von 20 kHz zulässig. Neuartig ist die Einführung einer wiederkehrenden „Impedanz“, d. i. der fiktive Widerstand, der eine Beziehung zwischen dem Stromabfall — *di/dt* vor dem letzten Stromnulldurchgang und dem Spannungsanstieg *du/dt* herstellt und zur annähernden Umrechnung der gemessenen Anstiege von einem Fehlerfall auf den anderen, z. B. vom einpoligen Erdkurzschluß auf den dreipoligen Kurzschluß benutzt werden kann. *W. Kn.*

## Elektrische Maschinen

DK 621.3.047.2.001.1

**Stromwendetheorie unter genauerer Berücksichtigung der Eigenschaften der Kohlebürste.** [Nach S. Abe. Dissertation T. H. Karlsruhe, 34 S., 15 B.]

Die bisher bekanntgewordenen Untersuchungen der Stromwendung gehen von der Voraussetzung aus, daß der Bürstenübergangswiderstand von der Stromdichte unter der Bürste unabhängig ist. Der Verfasser führt in die Rechnung die auf Grund experimenteller Untersuchungen festgestellte Abhängigkeit zwischen diesen Größen ein. Diese Untersuchungen ergeben, daß unter Ausschaltung der übrigen Einflüsse wie Bürstenmaterial, Stromrichtung, Temperatur, Auflagedruck, Oberflächenbeschaffenheit die Beziehung zwischen der Bürstenübergangsspannung und der Stromdichte unter der Bürste durch eine Exponentialfunktion dargestellt werden kann. Für die in der Annahme, daß die Bürstenbreite gleich der Stromwenderteilung und die Isolation zwischen den Stegen unendlich dünn ist, aufgestellte Differentialgleichung ist eine Lösung in geschlossener Form nicht darstellbar. Zur Ermittlung des Kurzschlußstromverlaufs unter der Bürste werden Zahlenwerte eingesetzt und die Kurve rechnerisch Punkt für Punkt verfolgt. Eingehend untersucht wird das für die Beurteilung der Stromwendung maßgebende Verhalten der Stromdichte unter der ablaufenden Bürstenkante. Hierfür wird auch ein graphisches Verfahren angeführt. *Wh.*

DK 621.314.2.045 : 621.3.015.1

**Oszillatorische Spannungsverteilung in den Wicklungen von Drehstromtransformatoren.** [Nach S. Miyamoto u. Y. Miyoshi, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 127; 5½ S., 18 B.]

Bekanntlich entsteht beim Auftreffen einer Stoßwelle auf die Wicklung eines Transformators in außerordentlich kurzer Zeit eine Spannungsverteilung, die sogenannte „Anfangs-

<sup>1)</sup> J. Instn. electr. Engrs. 80 (1937) S. 460.

Spannungsverteilung“, die durch die Wicklungskapazitäten bestimmt ist. Von diesem Anfangszustand schwingt die Wicklung in den Endzustand ein, in die sogenannte „End-Spannungsverteilung“, die z. B. bei geerdetem Wicklungsende durch die Wicklungsinduktivität bestimmt ist. Diese Schwingungen können dargestellt werden als räumliche Harmonische, die als stehende Wellen mit den ihnen zugeordneten Frequenzen zeitlich schwingen. Sind Anfangs- und Endspannungsverteilung rechnerisch bekannt, dann lassen sich die Amplituden dieser Harmonischen rechnerisch ebenfalls leicht ermitteln. Es ist demnach, um den ganzen Stoßvorgang rechnerisch erfassen zu können, noch die Kenntnis der jeweiligen Frequenzen erforderlich, die man ebenfalls rechnerisch ermitteln kann. Die Verfasser behandeln in ihrer Arbeit sehr eingehend die Bestimmung dieser Frequenzen, die sie zunächst rein versuchsmäßig mittels zweier verschiedener Verfahren ermitteln. Schließlich wird ein Vergleich zwischen Messung und Rechnung aufgestellt. Untersucht wird ein 31 000 kVA-Dreiphasentransformator der Japanischen Eisenbahn-Gesellschaft. Die Niederspannungswicklung (10,5 kV) war in Dreieck geschaltet, während die Hochspannungswicklung (161 kV) in Stern geschaltet war.

Bei dem ersten Verfahren werden mittels des von Rohats<sup>1)</sup> beschriebenen Wanderwellenanalysators, an der mit Anzapfungen versehenen, gestoßenen Hochspannungswicklung, für jede Anzapfung der zeitliche Verlauf der Stoßspannung untersucht. Aus diesen Oszillogrammen werden dann durch geeignete Analyse die Frequenzen der einzelnen räumlichen Harmonischen ermittelt. Die Verfasser untersuchen dabei in Anlehnung an die zuerst von K. W. Wagner<sup>2)</sup> angegebenen und schließlich von Allibone und McKenzie<sup>3)</sup> vervollkommenen theoretischen Betrachtungen die praktisch wichtigen Fälle der Stoßbeanspruchung, so z. B. dreiphasigen Stoß, einphasigen Stoß usw.

Es darf vielleicht in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß dieser Wanderwellenanalysator ein Stoßspannungsgenerator ist, der in regelmäßiger Folge Stoßspannungen erzeugt, deren Form beliebig einstellbar ist, deren Höhen aber wesentlich niedriger sind als die sonst üblichen Stoßspannungen. Die Wicklungsisolierung wird daher in keinem Falle beschädigt. In einer Braunschonen Röhre werden dann, ähnlich wie beim Kathodenstrahloszillographen die Schwingungen der zu untersuchenden Anordnung abgebildet. Allerdings erscheinen diese Oszillogramme hier als stehende Bilder, so daß der Vorgang unmittelbar zu beobachten ist. Neben der allgemein vorgenommenen Bestimmung der einzelnen Frequenzen wird unter anderem sowohl für geerdeten als auch für isolierten Sternpunkt der gestoßenen Wicklung der Einfluß der Schaltung der Sekundärwicklung untersucht. Wie nicht anders zu erwarten, ist nur bei isoliertem Sternpunkt die Schaltung der Sekundärwicklung von Einfluß auf die Frequenz. So betrug z. B. bei dreiphasigem Stoß und in Stern geschalteter Sekundärwicklung die Frequenz der Sternpunktschwingung 7,25 kHz, bei in Dreieck geschalteter Sekundärwicklung dagegen 17,2 kHz. Auch der einphasige Stoß wird untersucht, und zwar für isolierten Sternpunkt, während die beiden übrigen Klemmen geerdet sind. Auch hier wird wieder der Einfluß der Schaltung der Sekundärwicklung nachgewiesen. Die Übereinstimmung der aus diesen Versuchen ermittelten Frequenzen mit den entsprechenden Werten bei dreiphasigem Stoß ist sehr gut. Da sämtliche Versuche sowohl im Kasten unter Öl, als auch außerhalb des Kastens in Luft durchgeführt wurden, so konnte das Verhältnis der Frequenzen in Luft zu denjenigen in Öl ermittelt werden; es ergab sich im Mittel zu 1,3, d. h. die Frequenz bei der Anordnung in Luft ist um rd. 30% höher als bei der gleichen Anordnung unter Öl.

Mit dem zweiten Verfahren, das als „Resonanzverfahren“ bezeichnet wird, können bei entsprechender Schaltung der zu untersuchenden Wicklung die einzelnen Frequenzen unmittelbar gemessen werden. Mittels eines geeigneten Hochfrequenzgenerators werden in Abhängigkeit von der Frequenz Scheinleitwertkurven aufgenommen, die bei den einzelnen Resonanzfällen deutliche Maxima und Minima aufweisen. Es läßt sich nachweisen, daß die Minima dieser Kurven den Frequenzen mit ungeradzahligem Index entsprechen, die bei isoliertem Sternpunkt auftreten. Die Maxima dieser Kurven entsprechen den Frequenzen mit geradzahligem Index, die bei geerdetem Sternpunkt auftreten. In Bild 4 ist eine solche Kurve mit der dazugehörigen Schaltung wiedergegeben. Die Anordnung entspricht dem dreiphasigen Stoß. Die eingeklammerten Zahlen geben die jeweilige Ordnungszahl (Index) der Frequenz an. Auch mit diesem Verfahren werden mehrere Anordnungen untersucht, und ein Ver-

gleich mit den mit dem ersten Verfahren gemessenen Werten zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

Am Ende der Ausführungen wird ein Vergleich zwischen gerechneten und gemessenen Werten angestellt. Zur rechnerischen Ermittlung der jeweiligen Kapazitäten und Induktivitäten sowie der Frequenzen, werden die Ausführungen von Allibone und McKenzie herangezogen, mit den sich für die Frequenz-

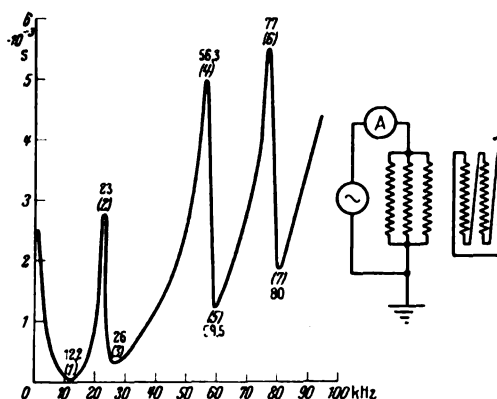


Bild 4. Schaltung (rechts) zum Ermitteln der Scheinleitwertkurven (links), aus denen die Frequenzen der einzelnen räumlichen Harmonischen zu ermitteln sind.

berechnung ergebenden Ersatzschaltbildern. Auch hier ist wieder eine sehr befriedigende Übereinstimmung mit den gemessenen Werten festzustellen, wie die in Tafel 2 zusammengestellten Werte erkennen lassen (dreiphasiger Stoß, Sternpunkt isoliert).

Tafel 2

	sek. Δ im Kasten kHz	sek. Δ außer Kasten kHz	sek. V kHz
berechnet . . . . .	12,5	20	6,8
gemessen . . . . .	12,2	17,5	7,0

na.

Geräte und Stromrichter

DK 621.316.5

Ersatz der leitungssparenden Multiplikationsschaltung durch die Koordinatenschaltung.

Die kürzlich an dieser Stelle<sup>1)</sup> beschriebene leitungssparende Multiplikationsschaltung (M-Schaltung) läßt sich gegebenenfalls mit Vorteil durch die früher veröffentlichte Koordinatenschaltung<sup>2)</sup> (K-Schaltung) ersetzen. An Hand des für die M-Schaltung erwähnten Anwendungsbeispiels sollen nachstehend die Vorteile der K-Schaltung herausgestellt werden. Bild 5 zeigt die K-Schaltung für die Steuerung einer Entladevorrichtung mit Stellungsrückmeldung und selbsttätigem Stillsetzen am vorgewählten Punkt, die noch in weiteren Einzelheiten ergänzt wurde.

A stellt die Endladestrecke mit den Stellungsmeldeschaltern  $D_1 \dots D_{16}$  für den jeweiligen Stand der Entladevorrichtung dar. Diese Vorrichtung wird durch den Motor  $M$  Verfahren. Die Schaltung der Stellungsrückmeldelampen- und Wähler-Tafel ist bei  $B$  dargestellt. Jeder Rückmeldelampe  $L_1 \dots L_{16}$  mit z. B. 5 W Leistungsaufnahme bei 120 V Nennspannung wird ein Trockensperrventil  $S_1 \dots S_{16}$  vorgeschaltet, daß für etwa 40 mA bei 220 V Sperr(Netz)spannung ausgelegt ist. Derartige Ventile kosten beim Bezug in größerer Stückzahl etwa 5 bis 6 RM und haben bei 40 bis 100 mm Länge 25 mm Dmr. Den Lampen wird pulsierender Gleichstrom von etwa 110 V zugeführt, wenn die Netzwechselspannung etwa 220 V beträgt. Das über den Wähler  $C$  angeschlossene Hilfsschütz  $H$  erhält Strom über das Sperrventil  $S_{17}$ . Der Umspanner  $U$  hat vier, voneinander getrennte Ausgangswicklungen.

Durch Verstellen des zweipoligen Schiebers auf den beiden Kontaktschienen des Wählers  $C$  bis zu einer der Haltestellen  $1 \dots 16$  wird der Motor  $M$  über die Schütze  $H$  und  $Sch$  stillgesetzt, sobald die Entladevorrichtung den vorgewählten Standort erreicht hat. Die Lampen  $L_1 \dots L_{16}$  leuchten einzeln auf, solange einer der Stellungsmeldeschalter  $D_1 \dots D_{16}$  von der Entladevorrichtung geschlossen wird.

<sup>1)</sup> N. Rohats, Gen. Electr. Rev. 39 (1936) S. 146.

<sup>2)</sup> K. W. Wagner, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 89 (1915) S. 33.

<sup>3)</sup> T. E. Allibone u. McKenzie, J. Instn. electr. Engrs. 79 (1937) S. 117.

<sup>1)</sup> B. Drescher, ETZ 61 (1940) S. 90.

<sup>2)</sup> A. Stark, ETZ 58 (1937) S. 445.

Wenn auch gegenüber der M-Schaltung mit nur  $\sqrt{n+2}$  Verbindungsleitungen bei  $n$  Steuerimpulsen die K-Schaltung  $2\sqrt{n}$  Leitungen benötigt, ist doch die Ersparnis an Werkstoffen und Arbeit bei der M-Schaltung für die Leitungen nicht sehr groß.

Setzt man z. B. die in Bild 5 eingezeichneten Längen  $x$  und  $y$  mit je 50 m ein, so ergeben sich für die M-Schaltung rd. 635 m und für die K-Schaltung rd. 700 m einfache Leitungslänge.

Dagegen fallen bei der K-Schaltung die für die M-Schaltung notwendigen  $\sqrt{n}$ -Hilfsschütze mit ihren  $n$  Haupt- und  $n - \sqrt{n}$ -Ruhekontakten und den dazu gehörigen Schleifenleitungen weg. Derartige Schütze benötigen, zumal bei etwas rauhem Betrieb, erhebliche Kosten für ihre Wartung und geben bei der Vielzahl

stillstehenden Wagen eignen. Da nach Ansicht des Verfassers die vorhandenen Bauarten des Kupferoxydul- und Selengleichrichters auf zu große Abmessungen und Gewichte der Ladegeräte bei den verlangten Strömen bis zu 300 A bei 30 bis 40 V führen würden, wird der Magnesiumkupfersulfid-Gleichrichter angewendet. Diese Gleichrichter bestehen aus Kupfersulfid in Scheibenform, das einseitig mit einer Magnesiumscheibe vereinigt wird. Der Kupfersulfid-Gleichrichter soll im Gegensatz zum Kupferoxydul-Gleichrichter mit wesentlich höheren Stromdichten betrieben werden können. Der Verfasser nennt ein Stromdichteverhältnis von 1 : 50, um das der Kupfersulfid-Gleichrichter bei geeigneter künstlicher Belüftung strömungsmäßig mehr belastet werden könne. Der Selengleichrichter wird vom Verfasser ohne weiteres aus der Betrachtung ausgeschlossen.

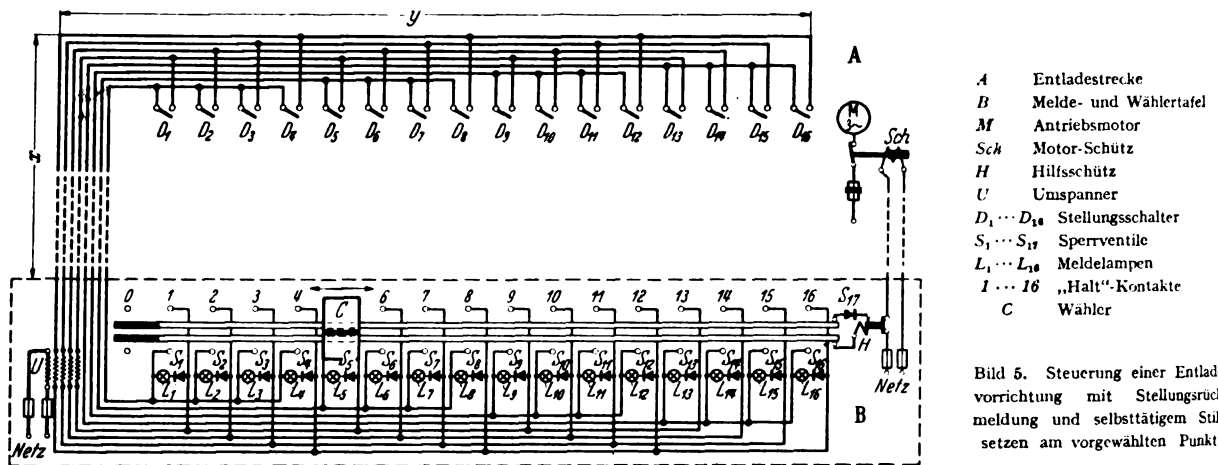


Bild 5. Steuerung einer Entladevorrichtung mit Stellungsrückmeldung und selbsttätigem Stillsetzen am vorgewählten Punkt.

ihrer Kontakte und Schleifenleitungen häufiger Anlaß zu Störungen. An Stelle von zweipoligen Stellungsmeldesaltern benötigt die K-Schaltung nur einpolige. Die Zahl der festen und beweglichen Kontaktstellen beträgt bei der M-Schaltung für 16 Steuerimpulse auf der Entladestrecke etwa 120, während sie auf etwa 60 bei der K-Schaltung zurückgeht, wodurch die Störungsbeseitigung erheblich erleichtert wird.

Selbstverständlich läßt sich die K-Schaltung auch für Anlagen mit einer größeren Anzahl von Signalverbindungen vorteilhaft verwenden. Bei z. B. 121 Signalstellen sind bei der K-Schaltung 22 Leitungen und 121 Sperrventile notwendig. Die Gebeschalter bleiben einpolig. Die M-Schaltung verlangt bei 125 Signalstellen zwar nur 8 Leitungen, jedoch 125 dreipolige Gebeschalter, 30 fünfpolige Vorgruppen- und Hilfsschütze mit zusammen 150 Haupt- und 120 Ruhekontakten sowie eine Vielzahl von Schleifenleitungen. Die Betriebssicherheit einer derartigen Anordnung in M-Schaltung dürfte nicht sehr groß sein, während die K-Schaltung sehr wenig stör anfällig ist und nur geringer Wartungskosten bedarf.

Sollen mittels der K-Schaltung größere Stromverbraucher fernbetätigt oder überwacht werden, so verwendet man zweckmäßig Schaltschütze mit geringem Eigenverbrauch (Quecksilber-Schaltschütze), um mit Sperrventilen möglichst kleiner Durchgangsstromstärke auszukommen.

Von der örtlichen Lage der Gebeschalter und Empfangsverbraucher ist man bei der K-Schaltung fast völlig unabhängig, da Gruppenschaltungen und Schleifenleitungen für Ruhekontakte wegfallen. Der Nachteil dieser K-Schaltung, daß sie nicht gestattet, mehrere Impulse zu gleicher Zeit zu geben, kann leicht durch Benutzung von Schützen mit mechanischer oder elektrischer Abfallverzögerung ausgeglichen werden. Es können dann auch verwickelte Schaltvorgänge eingeleitet oder gemeldet werden. A. Stark VDE

DK 621.314.63.004.1

**Batterie-Ladevorrichtung für Eisenbahnpersonenzüge mit Magnesiumkupfersulfid-Gleichrichter.**  
[Nach C. A. Kottermann, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 260; 6 S., 6 B.]

Der Verfasser beschreibt ein Trockengleichrichtergerät für die Hallenladung der großen Sammlerbatterien von Pullmanwagen amerikanischer Stromlinienzüge. Mit Rücksicht auf die gedrängten Platzverhältnisse in den Wagenhallen müssen die Gleichrichter bei geringstem Gewicht und Platzbedarf transportabel sein und sich auch zum Betrieb der Klimaanlage der

Das Säulensystem eines belüfteten Kupfersulfid-Ladegleichrichters mit einer Leistung von rd. 10 kW wiegt lediglich 50 kg. Zur künstlichen Belüftung sind die Gleichrichterscheiben, durch Bolzen zu Säulen vereinigt, in bekannter Weise radial um eine Hohltrommel angeordnet, in deren Inneres ein Druckgebläse eingebaut ist. Die an den Wandungen der Trommel austretende Gebläseluft streicht an den Gleichrichterscheiben entlang und führt die Verlustwärme ab. Die günstigste Betriebstemperatur der Scheiben wird mit 90° C angegeben. Auch Temperaturen von 130° C sollen sich noch nicht merklich auf die Lebensdauer des Gleichrichters auswirken. Der Wirkungsgrad der Säulen allein wird mit 55% angegeben. Mit Transformator und Regeleinrichtungen gelangt man damit auf Wirkungsgrade der Gesamtanordnung um 45% und darunter.

Der Verfasser gibt Samuel Ruben als den Erfinder des Kupfersulfid-Gleichrichters an. Tatsächlich wurde schon von F. Braun 1874 die Gleichrichterwirkung des Kupfersulfids entdeckt und darüber ausführlich berichtet. 1904 wurde an F. Pawlowsky in Wien das erste Patent auf den Kupfersulfid-Gleichrichter erteilt. Mit dieser Gleichrichterbauart wurden jedoch in der Folgezeit wenig gute Erfahrungen gemacht, da insbesondere die Sperrschicht nach jedem Stromrichtungswechsel neu gebildet werden muß, weil sie offenbar durch den vorausgegangenen Strom in der Durchlafrichtung zum Teil zerstört wird. Dies bedingt, daß insbesondere bei der Reihenschaltung von Gleichrichterscheiben zum Beherrschen höherer Spannungen sich die Spannungsverteilung auf die einzelnen Scheiben, die sehr spannungsempfindlich sind, nicht vorherzusagen läßt. Bei einer Erhöhung der Sperrspannung um 15 bis 20% über den normalen Betriebswert besteht bereits die Gefahr eines Durchschlagens der Sperrschicht. Man ist daher gezwungen, die Gleichrichterscheiben bzw. Säulen an einzelne Wicklungsabschnitte anzuschließen, in die die Sekundärwicklung des Gleichrichter-Transformators aufgeteilt werden muß. Diese damit völlig selbstständig gewordenen Teilgleichrichter niedriger Spannung werden dann erst in äußerer Reihenschaltung zur Herstellung der höheren Spannung miteinander verbunden. Dies führt naturgemäß zu einem verhältnismäßig großen Aufwand und schwierigen Transformatorausführungen, insbesondere wenn es sich um Hochstrombauarten handelt. Außer dieser Instabilität besteht ein weiterer schwerwiegender Nachteil in der geringen Lebensdauer des Kupfersulfid-Gleichrichters, der allmählich durch Verändern der Gleichrichterschicht seine gleichrichtende Wirkung verliert. Der Verfasser stellt eine Verbesserung der Stabilität und Erhöhung der

Lebensdauer der Gleichrichter durch Weiterentwicklung in Aussicht. [Das vom Verfasser angegebene Stromdichteverhältnis von Kupferoxydul- zum Kupfersulfid-Gleichrichter von 1 : 50 hält einer kritischen Nachprüfung nicht stand; es beträgt tatsächlich nur 1 : 2 bei gleicher Abkühlungsfläche der beiden Gleichrichtersysteme. Es ist ohne weiteres denkbar, auch beim Kupferoxydul-Gleichrichter die Strombelastung auf das Doppelte des bisher üblichen Wertes bei gleichzeitig erhöhter Kühlung zu steigern, wenn ein niedrigerer Wirkungsgrad in Kauf genommen werden kann, der dann allerdings immer noch höher liegt als der angegebene Wirkungsgrad des Kupfersulfid-Gleichrichters. Anm. d. Ber.] *Rbd.*

### Elektrowärme

DK 621.367 : 621.791.7

**Das Ellira-Verfahren — ein neues elektrisches Schweißverfahren.** [Nach Ranke u. Tannheim, Elektroschweißg. 10 (1939) S. 101; 6 S., 12 B.]

Das in Amerika entwickelte und in Deutschland unter dem Namen „Ellira“ übernommene Schweißverfahren nutzt den elektrischen Widerstand eines besonderen Schweißpulvers zur Erzeugung der erforderlichen Schweißhitze bei Stromdurchgang aus. Das Pulver wird in die als **V** oder **X** vorbereitete Naht gestreut und muß, da es in kaltem Zustande nicht leitend ist, mit Hilfe einer Zündpille aus Eisenwolle zunächst an einer Stelle durch Stromwärme leitend gemacht werden; es übernimmt dann weiter die Stromleitung von dem Zusatzdraht, der einerseits als Stromzuführung dient, zu dem Werkstück, das die andere Stromzuführung bildet. Bei der mittels eines besonderen Reglers konstant gehaltenen Schweißspannung (25 bis 50 V) und einem Schweißstrom von 500 bis 3000 A werden Arbeitstemperaturen von 3000° C erreicht, so daß der Zusatzdraht mit dem Werkstück bei gutem Einbrand verschweißt. Das Schweißpulver verhindert zugleich den Zutritt von Sauerstoff und Stickstoff zur Schweißstelle und ermöglicht eine oxydfreie und stickstoffarme Schweiße. Nach dem Erstarren bildet die Schlacke einen glasartigen Überzug über der Raupe, der beim Erkalten von selbst abspringt.

Der Vorschub des Schweißkopfes und des Schweißdrahtes erfolgt selbsttätig und macht die Schweißung unabhängig von der Geschicklichkeit des Schweißers. Das Verfahren ermöglicht es, Bleche bis zu 60 mm Stärke in einer Lage schlackenfrei bei einer Schweißgeschwindigkeit von etwa 130 mm/min zu verschweißen. Erreichte Festigkeitswerte, makroskopische Ätzungen und mikroskopische Schlitze von Schweißproben sind am Schlusse der Arbeit aufgeführt. *Zdr.*

### Verkehrstechnik

DK 621.335.42

**Die elektrischen Leichttriebzüge der Löttschbergbahn.** [Nach H. Wertz, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 153; 5½ S., 11 B.]

Die Einführung des sog. Leichtverkehrs auf der Löttschbergbahn gestattete eine Verminderung des Zugpersonals und der Stromkosten. Es wurden zunächst 5 Leichttriebwagen in Versuchsbetrieb genommen, wobei auf Strecken von 21 bis 43 km Länge täglich insgesamt rd. 1800 km zurückgelegt wurden. Die Erfahrungen mit den Zügen sind gut, ihr Gewicht je Sitzplatz beträgt nur 373 kg. Die Doppeltriebwagen haben einen Post- und Gepäckraum sowie geräumige Personen- und Gepäckabteile zweiter und dritter Klasse. Für 80% aller Fahrten genügt das Fassungsvermögen ohne Mitführung eines Anhängers. Bei Steigungen von 22‰<sub>00</sub> kann die Anhängelast 80 t, bei 35‰<sub>00</sub> noch 30 t betragen. Für den Bau der Wagen ist kennzeichnend, daß der Transformator im Wagendach untergebracht ist, wodurch die gesamte Grundfläche des Fahrzeugs nutzbringend verwendet werden kann. Außerdem kann man den Wagenboden tiefliegen, die Hochspannungsleitung zwischen Stromabnehmer und Umspanner braucht nicht mehr durch das Wageninnere geführt zu werden, der Transformator läßt sich leicht ausbauen, man kann vom Triebwagen auf die Anhänger übergehen und erzielt die vorteilhafte hohe Schwerpunktslage, deren Wert durch die Fahrten bewiesen wurde. Es sind je Doppelwagen 4 sechspolige Fahrmotoren vorhanden, die das Drehmoment über einen Hohlwellenantrieb System Meyfarth-Sécheron übertragen. Dieser stellt eine besondere Bauart der Federkupplungen dar, bei der die Federn nur auf Druck und nicht durch Fliehkraft beansprucht werden. Die gesamte

Dauer- bzw. Stundenleistung beträgt 610 bzw. 680 kW bei 1675 bzw. 1570 U/min und Geschwindigkeiten von 81 bzw. 76 km/h. Je zwei Fahrmotoren sind dauernd in Reihe geschaltet und werden mit einer durch den Doppelwagen hindurchgehenden mechanisch und druckluftbetätigten Steuerung geregelt. Die Motoren können vom Fahrdrat aus erregt und dadurch als Wechselstromwiderstandsbremse benutzt werden. *Ko.*

DK 621.335.4

**Die Triebwagen Typ ALe der Italienischen Staats-eisenbahn.** [Nach A. D'Arbela, Riv. tecn. Ferrov. ital. 55 (1939) S. 293; 23 S., 35 B.]

Der Verfasser gibt eine durch zahlreiche gute Bilder und Konstruktionspläne sehr anschaulich gehaltene Beschreibung neuer, in der Italienischen Staatsbahn eingeführten Gleichstromtriebwagen. Diese Triebwagen, die äußerlich im wesentlichen den auch in Deutschland viel verwendeten Triebwagenzügen entsprechen, werden in Italien mit Vorliebe auf kürzeren und stationsreichen Strecken verwendet. Sie werden in drei Typen gebaut, deren Daten folgende sind:

Triebwagenlänge	.....	Typ 1	m	27,86	40	Sitzplätze
(von Puffer zu Puffer)		Typ 2	m	26,80	79	Sitzplätze
		Typ 3	m	27,67	88	Sitzplätze
Gewicht (unbesetzt)	.....		kg	37 000		
Gewicht (besetzt)	.....		kg	45 000		
Höchstgeschwindigkeit	.....		km/h	130		
Reisegeschwindigkeit	.....		km/h	74		

Die Wagen des Typ 1 sind stromlinienförmig gebaut und besitzen vorn und hinten einen Führerstand. Sie werden nur als Einzelwagen verwendet. Die Wagen des Typ 2 besitzen ebenfalls zwei Führerstände, sind jedoch so eingerichtet, daß auch mehrere Wagen zu einem Zuge zusammengestellt werden können. Typ 3 schließlich besitzt nur einen Führerstand und wird nur in Verbindung mit mindestens einem zweiten Wagen verwendet.

Die Wagen verkehren auf den Strecken mit 3000 V Gleichstrom<sup>1)</sup>. Das Gewicht des Stromabnehmers, von denen jeweils zwei je Triebwagen vorhanden sind, beträgt 135 kg. Jeder Triebwagen ist mit vier Motoren ausgerüstet zu je 92 kW bei 1020 U/min.

Die zur Heizung der Fahrgasträume und des Führerstandes während der kälteren Jahreszeit dienenden elektrischen Öfen, mit Heizelementen zu je 250 V, liegen an der 3000 V-Oberleitungsspannung. Die Temperaturregelung geschieht selbsttätig mittels thermoelektrischer Relais. *Bmk.*

### Fernmeldetechnik

DK 621.315.1.011 : 621.396.44.029.5

**Untersuchung der Übertragungsverhältnisse von Freileitungen bei Frequenzen von 55 bis 1600 kHz unter besonderer Berücksichtigung der Erfordernisse für den Drahtfunk.** [Nach W. Waldow, W. Spang und W. Fritzsche, Telegr.-, Fernspr.-, Funk- u. Fernsehtechn. 28 (1939) S. 93; 7 S., 25 B.]

Der Drahtfunk benutzt soweit wie nur möglich das vorhandene Fernsprechnetz mit. Es kommen daher für die Drahtfunkübertragung neben Kabelleitungen auch Freileitungen oder aus beiden Arten zusammengesetzte Leitungen in Frage. Die kilometrische Dämpfung einer D-Freileitung, die in einem Linienzug ohne Kreuzungen der Leitungen verläuft, beträgt im Drahtfunkfrequenzbereich (150 bis 250 kHz) im Mittel 0,025 Neper/km. Der Wellenwiderstand ist dabei nahezu reell und frequenzunabhängig (etwa 550 Ω). Zur Herabsetzung des niederfrequenten Nebensprechens sind die Freileitungen eines Linienzuges jedoch nach einem bestimmten Verfahren gekreuzt; sie wechseln ferner ihre Plätze auf den einzelnen Querträgern. Sodann bestehen die Betriebsleitungen fast nie aus reinen Freileitungsstrecken, sondern sie enthalten auch Kabelstrecken, insbesondere im An- und Auslauf bei den Vermittlungsstellen. Hierdurch ist ein mehr oder weniger starkes frequenzabhängiges Schwanken im Verlauf der betriebsmäßigen Dämpfung und des Scheinwiderstandes bedingt. Für die Planung wird deshalb die kilometrische Dämpfung der Freileitung mit einem wesentlich höheren Wert als 0,025 Neper/km, nämlich mit 0,1 Neper/km angesetzt.

<sup>1)</sup> ETZ 59 (1938) S. 782.

Bei der Einrichtung einer solchen Leitung als Drahtfunkverbindungsleitung müssen diese Schwankungen im Dämpfungsverlauf für die drei Träger mit ihren Seitenbändern in Verbindung mit dem Breitbandverstärker entzerrt werden. Hierfür werden zweckmäßig sogenannte Kanalentzerrer (Filter mit veränderbarer Dämpfung) im Eingang der Verstärker verwendet, weil die Entzerrer, die diesen starken Dämpfungsschwankungen folgen, in der aus der Rundfunktechnik bekannten Form von Fall zu Fall berechnet werden müssen und für ihren Aufbau einen verhältnismäßig hohen Aufwand erfordern. Betrieblich verringert die Kanalentzerrung jedoch die Vorteile der Breitbandverstärker, wie z. B. die beliebige Änderung der Trägerfrequenz, die Übertragung eines breiten Frequenzbandes der modulierten Träger.

In den Anschlußbereichen kleiner Fernsprechvermittlungstellen kommt es oft vor, daß eine ankommende Drahtfunkverbindungsleitung, die an den Eingang eines Drahtfunkverstärkers geführt ist, zusammen mit abgehenden Drahtfunkverbindungs- oder Drahtfunkanschlußleitungen, die an den Verstärkerausgang angeschlossen sind, streckenweise an dem gleichen Gestänge verläuft. In diesen Fällen ist für ein einwandfreies Arbeiten des betreffenden Verstärkers das Nebensprechen der angeschlossenen Leitungen bei den Drahtfunkfrequenzen von besonderer Bedeutung. Eine ungenügende Nebensprechdämpfung zwischen der ankommenden und den abgehenden Leitungen beeinflußt das Übertragungsmaß des Verstärkers merkbar oder führt sogar zur Selbsterregung des Verstärkers.

Zwischen ungekreuzten Nachbarleitungen des gleichen Querträgers beträgt der niedrigste Wert der Nebensprechdämpfung im Drahtfunkfrequenzbereich etwa 3,0 Neper. Dieser Wert verringert sich durch Leitungskreuzungen in Abständen von mehr als 200 m bis auf etwa 1,0 Neper. Bei kleinen Kreuzungsschritten von etwa 50 m erhöht er sich um etwa 1,4 Neper auf rd. 4,4 Neper. Wird der gegenseitige Abstand der Leitungen etwa verdoppelt, so erhöhen sich diese Nebensprechwerte bei Leitungen auf dem gleichen Querträger um etwa 1,5 Neper und bei Leitungen auf übereinanderliegenden Querträgern um etwa 3,0 Neper. Die höchste Nebensprechdämpfung von über 7,0 Neper wird bei Kreuzungsschritten von 50 m für Leitungen auf übereinanderliegenden Querträgern im doppelten Abstand erreicht. Nach den bisherigen Erfahrungen ist dieser Wert für den Betrieb von Drahtfunkverstärkern ausreichend.

*Bdi.*

#### DK 621.396.621.53

**Empfänger mit selbsttätiger Trennschärferegelung.**  
[Nach F. Farrington, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 239; 6 S., 8 B.]

Der neuzeitliche Überlagerungsempfänger besitzt eine von Hand zu bedienende Bandbreitenregelung, mit der der Hörer durch Änderung der Kopplung in den Zwischenfrequenz (ZF)-bandfiltern die Durchlaßbreite dieser Kreise ändern und damit Trennschärfe und Breite des übertragenen Bandes den gegebenen Empfangsverhältnissen anpassen kann. Es wird eine Empfängerschaltung beschrieben, bei der diese Trennschärferegelung selbsttätig erfolgt (Automatic Selectivity Control) abgekürzt A S C).

Die selbsttätige Regelung der Bandbreite muß vor allem gesteuert werden in Abhängigkeit von 1. der Stärke des gewünschten Trägers, um die nötige Störfreiheit gegenüber dem Eigenrauschen des Empfängers sicherzustellen, 2. der Stärke des störenden Nachbarträgers, um Interferenzstörungen durch Verkleinerung der Bandbreite zu verhüten. Daneben muß noch eine Regelmöglichkeit für besondere Fälle z. B. gegenüber äußeren Störgeräuschen bestehen.

Die zahlenmäßigen Forderungen, die in den beiden Punkten zu stellen sind, werden auf Grund von Messungen an Empfängern angegeben. Gegenüber den Eigengeräuschen ist z. B. eine Eingangsspannung von 10 bis 30 mV notwendig für eine Bandbreite von etwa  $\pm 8$  kHz, von 1 mV für  $\pm 7$  kHz, von 100  $\mu$ V für  $\pm 5$  kHz. Bei gleicher Stärke des abgestimmten und des frequenzbenachbarten Trägers darf die Bandbreite  $\pm 3500$  Hz nicht überschreiten.

Bei dem beschriebenen Empfänger mit selbsttätiger Trennschärferegelung handelt es sich um ein Gerät mit üblichem Aufbau (Mischstufe — 2 ZF-Stufen — HF-Gleichrichter — hochwertiger NF-Teil mit einer Übertragungsfähigkeit bis zu 8 kHz), der durch die Regeleinrichtungen erweitert ist. Man kann auch bei dieser selbsttätigen Regeleinrichtung zwei Teile unterscheiden: 1. den Teil in dem die Regelspannung in Abhängigkeit von den maßgebenden Größen erzeugt wird, 2. den

Teil der durch diese Regelspannung gesteuert die Regelung vornimmt.

Die selbsttätige Veränderung der Kopplung in den ZF-Kreisen erfolgt durch Röhren unter Benutzung des Umstandes, daß sie in Abhängigkeit von der Gitterspannung veränderliche Widerstände darstellen. Für die Steuerung durch die Größe des abgestimmten Trägers wird die Regelspannung in Abhängigkeit von der in einer ZF-Stufe abgenommenen HF-Spannung in einer Diodenstrecke erzeugt. Sie wird dem Gitter von besonderen Regelröhren zugeführt, deren Gitterkreis mit dem ZF-Bandfilter im Anodenkreis der ZF-Stufe und deren Anodenkreis mit dem ZF-Bandfilter im Gitterkreis der ZF-Stufe induktiv gekoppelt ist. Die Ausgangsstellung dieser Regeleinrichtung ist so gewählt, daß bei Abwesenheit eines Trägers sich die kleinste Bandbreite einstellt. Mit wachsender Eingangsstellung nimmt die Bandbreite zu, gleichzeitig sinkt die Verstärkung. Durch eine selbsttätige Verstärkungsregelung in der Mischstufe, die bei Spannungen von mehr als 1 mV wirksam wird, ist verhindert, daß die Regelspannung an den Regelröhren bei großen Trägerspannungen eine unzulässige Höhe erreicht. Durch eine Kompensation wird außerdem bewirkt, daß bei Vergrößerung der Bandbreite die Bandfilterkurve keine merkliche Einsattlung erhält.

Die Regelspannung für die Steuerung in Abhängigkeit von der Stärke des Nachbarträgers wird dadurch erzeugt, daß hinter dem HF-Gleichrichter der Überlagerungston zwischen den beiden Trägern, im vorliegenden Falle 10 kHz, durch einen scharfen Kreis ausgesiebt, verstärkt, gleichgerichtet und als negative Vorspannung einer ZF-Verstärkerröhre zugeführt wird. Dies wirkt sich in einer Verengung des Bandes aus, ohne daß die Verstärkung merklich geändert wird. Die Kopplung zwischen den ZF-Kreisen liegt unterhalb des günstigsten Wertes, um eine übermäßige Verbreiterung der Kurven durch die Regelung zu verhüten.

Zu einer Bandverengung trägt auch die erwähnte selbsttätige Verstärkungsregelung der Mischstufe in dem Falle bei, daß das Band breit genug ist, um auch einen merklichen Teil des Nachbarträgers durchzulassen. Sie setzt dann wegen der größeren Regelspannung die Verstärkung der Stufe und damit den für die Trennschärferegelung maßgebenden Nutzträger herab. In ähnlicher Weise kann durch eine Empfindlichkeitsregelung von Hand oder selbsttätig die notwendige selbsttätige Bandbreitenregelung gegenüber von außen kommenden Störgeräuschen veranlaßt werden.

Ein grundsätzliches Schaltbild vom Aufbau der Regeleinrichtungen sowie Kurven über ihre Wirksamkeit ergänzen die Ausführungen. *Mbs.*

#### DK 621.396.621.53 : 621.396.5

**Ferngesteuerte Empfänger für Funkfernprechverbindungen.** [Nach G. B. Fischer, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 264; 7 S., 13 B.]

Es wird ein Landstationsempfänger für die Aufnahme von Schiffsendungen beschrieben, dessen elektrische und mechanische Durchbildung die häufig mit Rücksicht auf den Störspiegel erwünschte Aufstellung im Freien in größerer Entfernung von der eigentlichen Empfangsstelle ermöglicht. Der Empfänger ist ein Überlagerungsempfänger mit einer Vorselektion aus einem 3-Kreis- und einem 2-Kreisbandfilter und vier 2-kreisigen Zwischenfrequenzbandfiltern (ZF 455 kHz). Er arbeitet auf einer im Bereich von 2 bis 20 MHz einstellbaren festen Frequenz, wobei die Einstellung des Überlagerers durch Kristallsteuerung gesichert ist und eine Handnachstimmung erübrigt.

Da neuzeitliche Schiffssender aus verschiedenen Gründen den Träger nur während der Modelung aussenden, ist bei dem mit umfangreicher selbsttätiger Schwundregelung ausgestatteten Empfänger eine Einrichtung vorgesehen, die beim Ausbleiben des Trägers und dem damit verbundenen Hochregeln der Verstärkung und der Störungen den Empfänger aus dem letzten ZF-Bandfilter abgegriffene gemodelte Zwischenfrequenz von 455 kHz wird in einer Mischröhre mit einer kristallgesteuerten Frequenz von 300 kHz überlagert, das entstehende Seitenband von 755 kHz ausgesiebt und verstärkt, einer weiteren Mischröhre zugeführt und hier nochmals mit der Zwischenfrequenz von 455 kHz überlagert, so daß bei Abwesenheit eines Signals eine neue Trägerfrequenz von 300 kHz mit Seitenbändern entsteht, die der Modelung der Zwischenfrequenz entsprechen. Scharfe Filter trennen diesen neuen Träger von seinen Seitenbändern, nach getrennter Gleichrichtung und Verstärkung wirken die aus Träger und den Seitenbändern gewonnenen Gleichspannungen entgegengesetzt

auf ein den Empfänger ausgang zu- und abschaltendes Relais. Beim Ausbleiben des Signals wird die vom Träger herrührende Gleichspannung merklich kleiner, während sich die von dem Seitenbandfilter herkommende Gleichspannung etwa auf gleicher Größe hält, das Relais wird veranlaßt bis zum Wiedereintreffen des Signals den Empfänger ausgang abzuschalten.

Beim Ausbleiben des Netzstromes erfolgt selbsttätig die Umschaltung auf eine Notstromversorgungsanlage, die Umschaltung wird in der Empfangsstelle angezeigt. Durch Einschaltung eines kristallgesteuerten Überlagerers, der mit einem 1000 Hz-Ton gemodelt werden kann, ist es möglich in der entfernten Empfangsstelle eine etwaige Frequenzabweichung zwischen der ankommenden Frequenz und der Empfänger-einstellung zu messen. Die Schaltung dieses Kontrollüberlagerers erfolgt über die gleiche Fernsprechleitung, durch die der Empfänger ausgang mit der Empfangsstelle verbunden ist. Verschiedene Kurven geben einen Überblick über die elektrischen Eigenschaften des Empfängers. Bei der selbsttätigen Schwundregelung entspricht z. B. einer Änderung der Eingangsspannung um 100 db eine Änderung der Ausgangsspannung von nur 4 db. *Mbs.*

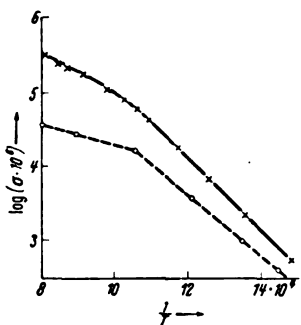
**Theoretische Elektrotechnik**

DK 537-311.33

**Zur Theorie der Elektronen-Halbleiter.** [Nach B. B. A. Nijboer, Proc. phys. Soc., Lond. 51 (1939) S. 575; 9 S., 5 B.]

In den meisten Halbleitern wird die Leitfähigkeit durch Abweichungen von der stöchiometrischen Zusammensetzung bedingt<sup>1)</sup>. Metallüberschuß bedeutet Elektronen-Überschußleitung, Überschuß der elektronegativen Komponente Elektronen-Ersatzleitung. Nach einer von Wilson durchgeführten quantenmechanischen Berechnung ist die Leitfähigkeit  $\sigma = A e^{-e/kT}$ , wo  $A$  nur wenig von der Temperatur abhängt

und  $\epsilon$  den halben Energieunterschied zwischen den beiden Energiebändern<sup>2)</sup> darstellt. B. R. A. Nijboer untersucht die Gültigkeit dieses Gesetzes an den bisher vorliegenden Messungen und findet, daß es nicht immer erfüllt ist, daß vielmehr bei der Darstellung von  $\log \sigma$  als Funktion von  $1/T$  öfter, etwa bei ZnO, eine deutliche Knickstelle zu erkennen ist (Bild 6). Unter Berücksichtigung der Theorie der Fehlordnung von Wagner und Schottky<sup>3)</sup> entwickelt er eine Theorie, die zu derselben Formel für  $\sigma$  führt, in der aber  $\epsilon$  unterhalb einer gewissen kritischen Temperatur mit dem ganzen Energieunterschied, oberhalb mit dem halben Energieunterschied übereinstimmt. Einige der Versuchsergebnisse schließen sich dann an die Theorie an; allerdings sind alle Anomalien auch auf diese Weise noch nicht zu erfassen. *Bt.*



— nach von Baumbach und Wagner,  
 ..... nach Jander und Stamm

Bild 6. Leitfähigkeit von ZnO.

DK 621.3.011(083.3)

**Bestimmung des absoluten Ampere.** [Nach H. L. Curtis, R. W. Curtis u. C. L. Critchfield, J. Res. Nat. Bur. Stand. 22 (1939) S. 485; 32 S., 10 B.]

Im Verlauf der Arbeiten zur Einführung der absoluten elektrischen Einheiten veröffentlicht das Bureau of Standards die Ergebnisse der Neubestimmung des absoluten Ampere. Ein Strom wird in internationalen Ampere gemessen, indem der Spannungsabfall in einem bekannten Widerstande mit der EMK eines Normalelements verglichen wird. Derselbe Strom wird dann mittels der Stromwaage in absoluten Ampere gemessen. Bei dieser wird die elektromagnetische Kraft bestimmt, die zwei feste Spulen auf eine koaxiale bewegliche Spule ausüben, die an einer Waage aufgehängt ist. Die wesent-

lichste Verbesserung der neuen Versuchsanordnung ist die Konstruktion neuer Spulen, deren Querschnitte mit großer Genauigkeit gemessen werden können und deren Windungen genauer den Annahmen entsprechen, die bei der Ableitung der Gleichungen für die zwischen den Spulen wirkende Kraft gemacht werden. Die Spulen waren zum Teil kurze einlagige Solenoide aus Kupferdraht, der nicht auf einen glatten Zylinder, sondern in einer vorher hergestellten schraubenförmigen Rinne aufgewunden wurde. Ein anderer Teil der Spulen bestand aus Aluminiumband, das in Form einer flachen Spirale gewickelt wurde. Als Endergebnis erhalten die Verfasser

1 NBS internationales Ampere = 0,99986 absolute Ampere.

Das Ergebnis weicht um 68 Millionstel von dem letzten Wert des Bureau of Standards ab. Die Verfasser schreiben diese Abweichung zum größten Teil systematischen Fehlern im Bau der früheren Spulen zu. *ue.*

**Physik**

DK 537-525.83

**Theorie der kathodischen Entladungsstelle einer Niederdruckentladung.** [Nach W. Weizel, R. Rompe, M. Schön, Z. Phys. 112 (1939) S. 339; 113 (1939) S. 87 u. 730; 27 S., 2 B.]

In diesen drei Arbeiten wird eine Theorie der kathodischen Entladungsteile — Fallraum und Glimmlicht — entwickelt, die sich folgenden Modells bedient: Die kathodischen Entladungsteile zerfallen in ein Gebiet großer Feldstärke, den Fallraum, der im wesentlichen mit dem Hittorfschen Dunkelraum zusammenfällt, und in ein Gebiet kleiner Feldstärke, das mit dem negativen Glimmlicht weitgehend übereinstimmt. Die Bewegung der Ladungsträger geschieht im Fallraum hauptsächlich unter dem Einfluß der elektrischen Kräfte, die Diffusion kann vernachlässigt werden. Wegen der schnellen Trägerwanderung sind die Trägerdichten von mäßiger Größe, wegen der ungleichen Geschwindigkeit der Elektronen und Ionen ist die Raumladung bedeutend. Die Rekombination spielt keine Rolle, die Trägerbildung geschieht durch Elektronenstoß. Das Glimmlicht wird idealisiert durch folgende Vereinfachung: Die Wanderung der Elektronen und Ionen erfolgt nach den Gesetzen der ambipolaren Diffusion. Die Dichte beider Ladungsträger ist dieselbe, so daß keine Raumladung besteht. Das Glimmlicht ist demnach ein quasineutrales, fast feldfreies Plasma. Es wird erzeugt durch strahlartige schnelle Elektronen, die aus dem Fallraum kommen. Mit der Trägererzeugung steht die Abwanderung von positiven Ionen in den Fallraum, die Abwanderung der Elektronen zur Anode, die Diffusion beider Ladungsträger und die Rekombination im Volumen im Gleichgewicht. Dieses Modell führt zu dem allgemein gültigen Gleichungssystem, das vollständig und in sich widerspruchsfrei ist:

$$E = - \frac{dV}{dx} \quad (1) \quad i_e = f(E, n_e) \quad (4)$$

$$i_e + i_i = i \quad (2) \quad i_i = f(E, n_i) \quad (5)$$

$$\frac{dE}{dx} = 4\pi e(n_i - n_e) \quad (3) \quad \frac{di_i}{dx} = e \Delta_i \quad (6)$$

Es bedeuten:  $E$  die Feldstärke,  $V$  das Potential,  $n_e$  Elektronendichte,  $n_i$  Ionendichte,  $i_e$  Elektronenstromdichte,  $i_i$  Ionenstromdichte,  $i$  der Überschuß der je  $\text{cm}^2$  erzeugten Ionen,  $e$  Elementarladung.

Für den Fallraum werden, wie in Rogowskis Theorie<sup>1)</sup>, die besonderen Annahmen:

$$i_e = e n_e k_e \sqrt{E} \quad (4a) \quad i_i = e n_i k_i \sqrt{E} \quad (5a)$$

$$\frac{di_e}{dx} = -\alpha i_e \quad (6a)$$

gemacht, wobei  $k_e$  Elektronenbeweglichkeit,  $k_i$  Ionenbeweglichkeit bedeuten. Abweichend von Rogowski wird jedoch als Randbedingung angenommen, daß am Glimmsaum die Feldstärke verschwindet und ein Ionenstrom  $i_0$  aus dem Glimmlicht in den Fallraum eintritt. Es ergeben sich Beziehungen zwischen der Fallraumdicke  $d$ , der Stromdichte  $i$  und  $i_0$  wie auch zwischen dem Kathodenfall  $v_0$  und diesen Größen. Durch  $i_0$  werden  $d$  und  $v_0$  verkleinert.  $i_0$  muß durch Untersuchung der Verhältnisse im Glimmlicht erhalten werden.

<sup>1)</sup> B. Gudden, Sitzungsber. Phys.-med. Soz. Erlangen 62 (1930) S. 289, Ergebn. exakt. Naturw. 13 (1934) S. 223; ETZ 56 (1935) S. 213. — C. Wagner, Z. phys. Chem. (b) 22 (1933) S. 181.  
<sup>2)</sup> A. H. Wilson, Proc. Roy. Soc. A. 134 (1931) S. 277; Actual. Sci. Industr. 82 (1933); The theory of Metals, Cambridge 1936.  
<sup>3)</sup> C. Wagner u. W. Schottky, Z. phys. Chem. (b) 11 (1930) S. 163.

<sup>1)</sup> Arch. Elektrotechn. 26 (1932) S. 643.

Im Glimmlicht lauten die Bewegungsgesetze unter Berücksichtigung der Diffusion:

$$i_e = i_1 + e D_e \frac{d n_e}{d x} + b_e n_e e E \quad (4b)$$

$$i_i = e D_i \frac{d n_i}{d x} + b_i n_i e E \quad (5b)$$

Dabei ist  $b_e$  Elektronenbeweglichkeit,  $b_i$  Ionenbeweglichkeit,  $D_i$ ,  $D_e$  Diffusionskoeffizient der Ionen bzw. Elektronen,  $i_1$  Elektronenstrom aus dem Fallraum.

Die schnellen Elektronen aus dem Fallraum erzeugen Träger durch unmittelbare Stoßionisation und mittelbar durch „Aufheizung“ der Plasmaelektronen. Die Trägervernichtung erfolgt durch Rekombination im Dreierstoß mit Neutralteilchen oder Elektronen. Dies ergibt die Gleichung:

$$\frac{d i_i}{d x} = \alpha i_1 + \beta |i_1| n_e - \rho n_e n_i - \tau n_e^2 n_i \quad (6b)$$

Die Integration der Gleichungen ergibt, daß die Trägerdichte eine elliptische Funktion der Ortskoordinaten ist. Sie besitzt im Glimmlicht ein Maximum. Die Konstante  $\beta$  steht im Zusammenhang mit der Relaxationsstrecke  $s$ . Eine Diskussion des Gleichungssystems zeigt, daß die Scherzersche Barometerformel<sup>1)</sup> eine Näherungslösung des allgemeinen Gleichungssystems (1) bis (6) darstellt, die im Glimmlicht brauchbar ist. *mpe.*

DK 537.523.5 : 621.3.014.33

**Der Uebergang von der Glimmentladung in die Bogenentladung, hervorgerufen durch kurzzeitige Stromstöße.** [Nach H.-J. Höfert, Ann. Phys., Lpz. 35 (1939) S. 547; 30 S., 25 B.]

Schaltet man Stromstöße kurzer Dauer auf eine Glimmentladung, so erfolgt statistisch mit wachsender Wahrscheinlichkeit mit zunehmender Amplitude des Stoßstromes bei fast unveränderter Kathodentemperatur der Umschlag in die Bogenentladung. Dieser Einsatz des „Feldbogens“, also derjenigen Bogenform, bei der man eine Elektrodenbefreiung aus der Kathode unter Einwirkung des vor der Kathode liegenden Feldes beobachtet, geht dabei in der sehr kurzen Zeit von 0,01  $\mu$ s vor sich. Auf Grund seiner Versuche gibt der Verfasser für diese kurzen Zeiten folgende Erklärung:

Es ist wahrscheinlich, daß der Feldbogen nicht durch stetige Veränderung aus der Glimmentladung entsteht, sondern als eine Art örtlicher Kippvorgang vor der Kathode aufgefaßt werden kann, der dadurch ausgelöst wird, daß an irgendeiner Stelle vor der Kathodenoberfläche sich eine stärkere Metalldampfkonzentration ausgebildet hat. Durch den nun einsetzenden Stromstoß findet eine Stufenionisierung im Metalldampf statt, die den Einsatz einer Feldemission durch ihre der Kathode vorgelagerte Raumladung begünstigt. Reicht die Stromdichte einmal zum Einsatz einer Feldemission an der Kathode aus, so erhöhen sich Stromdichte und Stufenionisierung wechselseitig. Weiter weist der Verfasser darauf hin, daß man bei der so kurzen Zeit der Umschlagszeiten geneigt ist, eine zusätzliche kurzweilige, lichtelektrische Strahlung der Ionisierungsvorgänge bei der Elektronenbefreiung mit in Rechnung zu setzen. Der thermische Bogen dagegen unterscheidet sich vom Feldbogen durch die wesentlich längere Aufbauzeit von 0,1  $\mu$ s und läßt sich auf Grund der üblichen Vorstellungen über die thermische Emission bei hohen Kathodentemperaturen erklären. *Sil.*

DK 537.523.5

**Thermische Energieumsetzung im Lichtbogen.** [Nach C. G. Suits u. H. Poritsky, Phys. Rev. 55 (1939) S. 1184; 7 1/2 S., 1 B.]

Ausgehend von den Annahmen, daß die Wärmeverluste der Bogensäule in erster Linie durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung bestimmt sind, — die Strahlungsverluste also vernachlässigt werden können — und deren gegenseitigen physikalischen Beziehungen dieselben sind wie für die Wärmeverluste in

Flüssigkeiten, ergibt sich für die Verhältnisse im Lichtbogen daß für den Fall konstanten Druckes die Temperaturänderung mit der Größe des Bogenstromes vernachlässigbar ist und so der Spannungsgradient lediglich vom Strom abhängig wird. Wird dagegen der Druck geändert, so wird auch der Temperatureinfluß wesentlich, wenn er auch nur implizit in die abgeleiteten Beziehungen für den Bogengradienten eingeht. Für beide Fälle stimmen die berechneten und die aus Experimenten ermittelten Werte recht gut überein. Diese aus dem Wärmeumsatz abgeleiteten Beziehungen gelten nicht allein für den Fall der freien Wärmeströmung, sondern lassen sich auf eine erzwungene Wärmeströmung ausdehnen; dabei wird der Bogengradient bis zu Strömungsgeschwindigkeiten von 1 m/s derselbe sein wie unter den Bedingungen der freien Wärmeströmung, da in dieser ja Geschwindigkeiten derselben Größenordnung auftreten. *Sil.*

## Verschiedenes

DK 513.1

**Über das Nyströmsche Stieltjesplanimeter.** [Nach E. Laurila, Soc. Sci. Fenn., Comm. Phys. Math. 10 (1939) S. 7; 19 S., 10 B.]

Fourierkoeffizienten sind Integrale von der Form

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nx \, dx, \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin nx \, dx.$$

Durch Umformung

$$a_n = \frac{1}{n\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \, d \sin nx, \quad b_n = - \frac{1}{n\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \, d \cos nx$$

erkennt man darin Sonderfälle des sogenannten Stieltjesintegrals

$$I = \int_a^b f(x) \, d h(x).$$

Nyström hat erkannt<sup>1)</sup>, daß der bekannte harmonische Analysator Mader-Ott sich leicht in ein „Stieltjesplanimeter“ umbauen läßt. Das Nyströmsche Gerät ist von Laurila in eine sehr handliche Form gebracht worden. Die Funktion  $h(x)$  wird bei Laurila durch eine (mittels Stahlband bequem realisierbare) Kurvenführung wiedergegeben. Sie wird in den Analysator Mader-Ott an Stelle der Führung durch Zahnrad und Zahnstange eingesetzt. Der Wert des Stieltjesintegrals ergibt sich bei bloßem Nachfahren der in rechtwinkligen Koordinaten aufgezeichneten Kurve  $f(x)$  durch Planimeterablesung. Das Gerät beruht auf Übersetzung der Abszissen  $x$  des Analysatorfahrstiftes in Abszissen  $h(x)$  des Planimeterfahrstiftes (mittels der erwähnten Kurvenführung) bei im wesentlichen unveränderten Ordinaten  $y$ ; der Planimeterfahrstift wird also auf einer in  $x$ -Richtung passend verzerrten Kurve geführt. Wie die Umformungen

$$\int y x \, dx = \int y \, d \frac{x^2}{2} \quad \text{und} \quad \int y x^2 \, dx = \int y \, d \frac{x^3}{3}$$

zeigen, ist das Gerät unmittelbar zum Auswerten von statischen und Trägheitsmomenten ebener Flächenstücke geeignet. Dreht man die Ausgangszeichnung um 90° (Achsenvertauschung), so lassen sich jetzt die Ordinaten  $y$  nach einer beliebigen Funktion  $h(y)$  verzerren, und damit werden Integrale von der Form  $\int y^2 \, dx$  [ $h(y) = y^2$ , Effektivwert, statisches Moment] oder  $\int \sqrt{y} \, dx$  [ $h(y) = \sqrt{y}$ , Durchflußmenge aus dem Druck] u. dgl. auswertbar. Von den mehr theoretischen Anwendungen sei die Bestimmung der Entwicklungskoeffizienten einer beliebigen Funktion  $f(x)$  nach Kugelfunktionen erwähnt. Von der Handlichkeit des Geräts konnte sich der Referent an einer Versuchsausführung überzeugen. Die mit dem Gerät erzielbaren Ergebnisse sollen eine praktisch sehr befriedigende Genauigkeit haben. *Th. Z.*

<sup>1)</sup> Arch. Elektrotechn. 23 (1939) S. 207.

<sup>1)</sup> Nyström, Soc. Sci. Fenn., Comm. Phys. Math. 9 (1936) S. 4.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

## Stromrichter

Der Ausschuß für Stromrichter hat einen Entwurf zur Änderung des § 14 und der Tafel I von

VDE 0555/1936 „Regeln für Stromrichter“ aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 18, S. 398 veröffentlicht ist. Dieser Entwurf enthält eine neue Zusammenstellung von Schaltgruppen und Schaltungen drei- und mehrphasiger Gleichrichter-Transformatoren auf Grund der inzwischen erzielten technischen Fortschritte. Einzelheiten gehen aus dem im Auftrage des Ausschusses für Stromrichter in ETZ 61 (1940) H. 18, S. 399 veröffentlichten Einführungsaufsatz von M. Schenkel VDE hervor.

Zugleich sind auch für mehrphasige Stromrichter-Transformatoren Klemmenbezeichnungen in den Schaltungsbildern angegeben. Über die Regeln, nach denen die Klemmen von Stromrichter-Transformatoren zu bezeichnen sind, ist nachstehend eine besondere Bekanntmachung des Ausschusses für Klemmenbezeichnungen veröffentlicht.

Begründete Einsprüche zu dem oben genannten Entwurf einer Änderung des § 14 von VDE 0555/1936 können bis zum 1. Juni 1940 an die Geschäftsstelle eingereicht werden.

## Klemmenbezeichnungen

Der Ausschuß für Klemmenbezeichnungen hat einen Entwurf zu Änderungen und Ergänzungen von

VDE 0570/I. 40

„Regeln für Klemmenbezeichnungen“

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 18, S. 400 veröffentlicht ist. Dieser Entwurf betrifft hauptsächlich die Klemmenbezeichnung von Stromrichter-Transformatoren und steht in Zusammenhang mit der in ETZ 61 (1940) H. 18, S. 398 im Entwurf veröffentlichten Änderung des § 14 von VDE 0555/1936 „Regeln für Stromrichter“. Zu dem Entwurf der Änderung von VDE 0570 ist ein einführender Aufsatz des Herrn M. Schenkel VDE im Auftrage des Ausschusses für Klemmenbezeichnungen in ETZ 61 (1940) H. 18, S. 399 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche können bis zum 1. Juni 1940 an die Geschäftsstelle eingereicht werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

Meßtechnik. Leiter Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.

8. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.  
„Elektrische Meßgeräte mit Trockengleichrichter“. Vortragender: Dr.-Ing. H. F. Grave VDE.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer  
Burghoff

## PERSÖNLICHES

**P. Dittes †.** — Am 7. März 1940 wurde Herr Sektionschef Dipl. Ing. Paul Dittes, Elektrisierungsdirektor a. D. der ehem. Österr. Bundesbahnen in Wien zu Grabe getragen. Am 16. 7. 1871 in Wien geboren, studierte er an der dortigen T. H. Maschinenbau und ging nach eineinhalbjähriger Assistententätigkeit zu Siemens, wo er hauptsächlich auf dem Gebiete des Baues elektrischer Kraftwerke tätig war. Im Jahre 1907 in den Dienst der Österr. Staatsbahnen (Eisenbahnministerium) übergetreten, oblag ihm u. a. die Ausarbeitung von Projekten für die Elektrisierung der Wiener Stadtbahn. 1917 übernahm



Paul Dittes †.

er die Leitung der elektrotechnischen Abteilung der Eisenbahnbauverwaltung und wurde 1919 bei Errichtung des Elektrisierungsamtes der Österr. Staatsbahnen zu dessen Direktor ernannt. Seinem unermüden und zielbewußten Wirken ist die Schaffung des Elektrisierungsgesetzes vom Jahre 1920 zu verdanken, das die Grundlage für die Einführung des elektrischen Betriebes auf den Bundesbahnstrecken westlich von Salzburg bis an die Schweizer Grenze und auf der Salzkammergutlinie wurde. Es gelang ihm, diese umfangreichen Arbeiten

trotz großer technischer und finanzieller Schwierigkeiten in vergleichsweise kurzer Zeit und in mustergültiger Weise durchzuführen. Die Frage der Fortsetzung der Elektrisierung führte zu tiefgreifenden Meinungsverschiedenheiten mit der damaligen obersten Leitung der Bundesbahnen. Dittes schied daher Ende 1928 von seinem Posten und trat Ende 1929 in den Ruhestand. Für die Ausbreitung des Elektrisierungsgedankens ist er in Wort und Schrift eingetreten. Auch im technischen Vereinsleben hat der Verstorbene eine führende Rolle gespielt (1921 bis 1922 Präsident des Elektrotechnischen Vereins in Wien, 1931 bis 1933 Präsident des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins). U. a. war er auch Ehrenbürger der T. H. Wien, Mitglied des Kuratoriums des technischen Museums, Korrespondent des technologischen Gewerbemuseums und Mitglied des Österr. Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz. Mit Paul Dittes ist der vornehmste Vorkämpfer für die Elektrisierung der ostmärkischen Bahnen dahingegangen. Durch vorbildliche Hingabe an das Werk verstand er es, seine Mitarbeiter mitzureißen und stets die Zuversicht auch in trüben Stunden aufrecht zu erhalten.  
Hugo Luithlen

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Niederschlesien, Breslau** (gemeinsam mit VDI und DLTG.) 9. 5. (Do), 20<sup>00</sup>, T. H.: „Neuere Scheinwerfertechnik“. Dr. W. Rohloff VDE.

**VDE Bezirk Nordachsen, Leipzig.** 8. 5. (Mi), 20<sup>00</sup>, Grassimuseum: „Die elektr. Welle“ (m. Lichtb.), Prof. Dr.-Ing. F. Oertel VDE.

**VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart.** 9. 5. (Do), 20<sup>00</sup>, Technische Werke: „Isolierpreßstoffe, ihre Eigenschaften, Verwendbarkeit und Herstellungsmöglichkeit“. O. Single.

**Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin.** 8. 5. (Mi), 19<sup>30</sup>, Hauptgeb. T. H.: „Über ein Universal-Elektronenmikroskop“. M. von Ardenne.



## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.311.003

**Grundfragen der Elektrizitätswirtschaft.** Vortragsreihe des Außeninstituts der Techn. Hochschule Berlin in Gemeinschaft mit der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung. Mit 134 B. u. 211 S. im Format C 5. Franckh'sche Verlagshandlung, Berlin 1939. Preis geb. 12,50 RM.

Die Elektrotechnik hat bereits seit langer Zeit zahlreiche Gesamtdarstellungen, von der populärsten Art bis zum streng wissenschaftlichen Werk, gefunden — in der Elektrizitätswirtschaft herrscht aber noch immer völlig die Einzelabhandlung vor, zusammenfassende Schriften sind selten, und eine Schrift, die alle ihre technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Probleme so behandelt, daß sie auch dem Nichtfachmann verständlich werden, hat bislang ganz gefehlt. Es ist deshalb zu begrüßen, daß die Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung sich zur Herausgabe dieser Sammlung von Vorträgen entschlossen hat, zumal heute viele Techniker, deren Tagesarbeit auch elektrizitätswirtschaftliche Fragen berührt, über die Zusammenhänge wenigstens in großen Zügen unterrichtet sein sollten.

Die Reihe umfaßt acht Vorträge, die — von ausgezeichneten Kennern und Fachleuten gehalten — einen Überblick über die allgemeine Entwicklung und Bedeutung der deutschen Elektrizitätswirtschaft vermitteln und in Einzeldarstellungen zunächst die technischen Einrichtungen, Kraftwerk, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze behandeln. Es ist hervorzuheben, daß die Dinge maßgebend immer in der Entwicklung gesehen und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet werden. Diese Abschnitte liefern somit die Unterlagen für die anschließenden Abhandlungen über die Gesteungskosten der Elektrizitätsversorgung, die allgemeinen Tarifpreise für elektrische Energie und die Sonderverträge mit den Großabnehmern, die in ihrem grundsätzlichen Aufbau und ihrer wirtschaftlichen sowie rechtlichen Ausgestaltung im einzelnen besprochen werden. Das Gesamtbild wird vervollständigt durch einen den Rechtsfragen gewidmeten Abschnitt, der auf der Grundlage des Energiewirtschaftsgesetzes die vielfältigen Rechtsverhältnisse zeigt, die sich einerseits für die Leitungsnetze, andererseits in den Beziehungen zwischen der Elektrizitätsversorgung und ihren Abnehmern ergeben.

Die gute äußere Ausstattung — insbesondere die Bebilderung ist zu erwähnen — und die lebendige, stets von der Praxis ausgehende Sprache werden der Schrift zu der Verbreitung mit verhelfen, die ihr nach ihrem Inhalt zukommt und ihr im Interesse einer sachlichen Beurteilung elektrizitätswirtschaftlicher Fragen zu wünschen ist.

G. Schnaus

DK 621.313/314.08

**Die Prüfung elektrischer Maschinen.** Von Dipl.-Ing. W. Nürnberg. Mit 219 B., VIII u. 355 S. im Format 165 x 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1940. Preis geb. 21 RM, geb. 22,80 RM.

Das Buch gliedert sich in 3 Hauptabschnitte: Die allgemeine Maschinenprüfung, die besondere Maschinenprüfung sowie Meßgeräte und Meßverfahren. Die den meisten Maschinenarten gemeinsamen Untersuchungen, Widerstandsmessung, Isolationsprüfung sowie das Grundsätzliche über Leerlaufversuch, Belastungsversuch, Kurzschlußversuch, Hochlaufversuch, Belastungsverfahren und Wirkungsgrad werden im ersten Teil behandelt. Sie führen den Leser in anschaulicher Weise in die heute gebräuchlichen Meßverfahren ein, die zum Nachweis der Güte einer elektrischen Maschine und zur Entwicklung neuer Bauformen im Prüf- und Versuchsfeld, gelegentlich auch am Aufstellungsort vorgenommen werden. Der zweite etwa 70% des Buches einnehmende Teil, dessen reicher Inhalt besonders fesselt, umfaßt die Sondermessungen an allen Arten elektrischer Maschinen, also an Transformatoren, Asynchronmaschinen einschließlich jener mit Drehzahl- und Phasenregelung, Synchronmaschinen, Gleichstrommaschinen jeder Schaltung, Einankerumformer und schließlich der Ein- und der Mehrphasenkommutatormaschinen.

Als Beispiel der klaren und stets auf wissenschaftlicher Höhe stehenden Darstellung sei das allgemeingültige Diagramm der Gleichstrommaschine für alle Arten der Felderregung erwähnt. Hier wird durch Einführung des Begriffes „J-Strecke“, die dem Einfluß von ohmschem Abfall und Ankerückwirkung vereinigt Rechnung trägt, der Überblick erleichtert und die innere Arbeitsweise aufgedeckt. Die Stromwendung, die zu ihrer Verbesserung angewandten Mittel und die entsprechenden Versuche ferner die Regelvorgänge bilden den Inhalt weiterer interessanter

Abschnitte über Gleichstrommaschinen. Dabei legt der Verfasser stets Wert darauf, jede Erscheinung an Hand der bisherigen theoretischen Entwicklung direkt zu erklären, so daß nur in seltenen Fällen auf das vorhandene Schrifttum verwiesen werden braucht.

Im Abschnitt Asynchronmotoren findet der Leser unter anderem außer der im Mittelpunkt stehenden Erklärung des Kreisdiagramms von Heyland und Ossana genaue Anweisungen über die Untersuchung von Drehstrommotoren jeder Art, also solcher mit Kurzschlußanker einschließlich der Doppelnutanker und auch der mit Regelanker und Schleifringen. Neben theoretischen Erläuterungen finden sich viele praktische Hinweise auf Behebung von Fehlern und eindeutige Lehren über Auswertung der Messung zur Aufstellung der Diagramme und der Berechnung von Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, Schlupf und der anderen wichtigen Größen. In diesem Abschnitt werden auch die Wirkungsweise und Prüfung des Einphasenasynchronmotors, der synchronisierten Asynchronmaschine, der elektrischen Welle und der Drehregler gebracht und abschließend die Drehstrom-Kommutatorkaskaden. Aus dem übrigen Inhalt des 2. Abschnitts sei noch die Erklärung und Prüfung der heute für viele Industriezwecke gebrauchten regelbaren Drehstrom-Kommutatorneben-schlußmotoren mit Ständerspeisung und jener mit Läuferpeisung hervorgehoben. Die systematischen Messungen zur richtigen Motoreinstellung sind gerade bei dieser Maschinengattung keineswegs einfach und erfordern ein tiefes Eindringen in die innere Arbeitsweise. Auch hier ist die Darstellung von vorbildlicher Klarheit.

Die Vorgänge in den Synchronmaschinen werden entsprechend deren Bedeutung für die Großkraftversorgung eingehend behandelt. Es werden unter Berücksichtigung des neuesten Standes der Forschung die Diagramme und Ortskurven erklärt und auf dieser Grundlage die Sondermessungen kritisch erläutert, welche zum Nachweis der wichtigen Betriebsgrößen sowie des Verhaltens bei Regelung dienen.

Der Schlußteil „Meßgeräte und Meßverfahren“ beschäftigt sich mit der Messung der elektrischen Größen, also der Ströme, Spannungen, der Wirk- und Blindleistung, des Leistungsfaktors, der Frequenz und der Widerstände. Beschreibung der Schaltungen sowie der gebräuchlichen Meßgeräte und Einrichtungen an Hand guter Skizzen und Bilder vervollständigen den Inhalt.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß das vorliegende Werk voll und ganz den Zweck erfüllen wird, den der Verfasser gemäß seinem Vorwort anstrebt. Es wird den Studierenden der Hoch- und Fachschulen und den in der Praxis stehenden Ingenieuren, die mit der Durchführung von Messungen und mit Untersuchungen an Erstauführungen elektrischer Maschinen zu tun haben, bei ihrer Arbeit eine wertvolle Hilfe sein. Aber darüber hinaus ist es noch mehr. Wenn auch hauptsächlich für den Prüffeldingenieur und Berechner geschrieben, ist es der Reichhaltigkeit und Klarheit wegen doch gleichzeitig als kurzgefaßtes Lehrbuch des gesamten heutigen Elektromaschinenbaus anzusprechen, da in ihm, abgesehen von einer näheren Behandlung der Ankerwicklungen, die Theorie jeder Maschinenart gegeben wird. Daher wird es auch derjenige mit Vorteil zu Rate ziehen, der zwar nicht direkt mit Maschinenprüfungen zu tun hat, der sich jedoch über Eigenschaften und Wirkungsweise irgend einer Maschinenart eingehend unterrichten will.

L. Monath VDE

DK 621.315.616

**Kunstharzpreßstoffe und andere Kunststoffe.** Eigenschaften, Verarbeitung und Anwendung. Von Obering. W. Mehdorn. 2. erweit. Aufl. Mit 257 Abb., 43 Zahlentafeln. XII u. 300 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geb. 15 RM.

Die schnell vorwärtsschreitende Entwicklung der Kunststoffe, die sich in den letzten Jahren in zunehmendem Maße auch außerhalb ihrer Anwendung als elektrische Isolierstoffe besonders im Apparate-, Geräte-, Fahrzeugbau usw. als Baustoffe ein weites Anwendungsgebiet erobert haben, machte die Neubearbeitung des im Jahre 1934 erstmalig erschienenen Buches Kunstharzpreßstoffe notwendig. Bei der nunmehr vorliegenden zweiten Auflage ist der Umfang des Buches infolge der Berücksichtigung der in den letzten Jahren erweiterten Erkenntnisse über Eigenschaften, Verarbeitung und Anwendung der Kunststoffe mehr als verdoppelt worden. Wie die Erweiterung des Buchtitels zum Ausdruck bringt, werden neben den härteren Kunstharzpreßstoffen auch nichthärtere Kunststoffe in den Bereich der Betrachtung gezogen, soweit sie als Werkstoffe zur Herstellung gestaltbeständiger Gegenstände dienen. Das Buch, das, wie der Verfasser im Vorwort zum Ausdruck bringt, vom Techniker für den Techniker geschrieben wurde, vermittelt gründliche Kenntnisse der verschiedenen

Werkstoffeigenschaften der Kunststoffe. Es ist in drei Abschnitte gegliedert. Der erste Abschnitt (S. 5 bis 229) behandelt vorwiegend die nichtgeschichteten Kunstharzpreßstoffe. Nach einleitenden Ausführungen über Bestandteile und Herstellung sowie Typisierung und Normung der Kunstharzpreßstoffe werden Werkstoffauswahl und Eigenschaften unter Zugrundelegung der neuesten gesicherten Forschungsergebnisse eingehend besprochen. Beachtenswert sind die klar gezeigten Grenzen der Anwendbarkeit der einzelnen Kunststoffsorten. Die gegebenen Richtlinien werden viel zur Vermeidung von Fehlanwendungen beitragen. Neben dem allgemeinen physikalischen, mechanischen, thermischen und chemischen Verhalten der Kunststoffe finden auch die elektrischen Eigenschaften wie Isolationswiderstand, Dielektrizitätskonstante, dielektrischer Verlustfaktor, Kriechstromfestigkeit und Durchschlagfestigkeit weitgehende Berücksichtigung. Anschließend werden Preßtechnik, Preßformen und Pressen verschiedener Bauart näher besprochen. Es folgen Ausführungen über Maße und Gestaltung der Preßstücke. Besonders zu begrüßen sind die eingehenden Hinweise auf die leider oft vom Konstrukteur nicht genügend beachtete Bedeutung werkstoffgerechter Konstruktion der Kunstharzpreßstoffzeugnisse. Nach kurzen Bemerkungen über wirtschaftliche Fragen werden einige neue Anwendungsgebiete von Kunstharzpreßstoff, z. B. für Lager und Zahnräder, besprochen. An die Beschreibung der nichtgeschichteten Kunstharzpreßstoffe schließen sich Ausführungen über Schichtstoffe wie Hartpapier, Hartgewebe und Schichtholz an. Schließlich werden Gußharze, Anilinharze und Eiweißkunststoffe kurz erwähnt. Der zweite Abschnitt (S. 230 bis 288) behandelt neben den nichthärtbaren Kunststoffen auf Grundlage von Zellulose wie Vulkanfiber, Zelluloid, Cellon usw. hauptsächlich die nichthärtbaren Kunststoffe auf Grundlage von Vinyl- und Acryl-Polymerisaten sowie deren Verarbeitung in der Wärme. Wenn auch dieser Abschnitt knapper als der erste ausgefallen ist, so werden doch u. a. beachtenswerte Hinweise auf das elektrische Verhalten der verschiedenen Polymerisate gegeben, die sich zum Teil durch geringe dielektrische Verluste auszeichnen. Es werden auch die Anwendungsmöglichkeiten der mit Weichmacher versetzten Polymerisate für den Kabelbau kurz besprochen. Der dritte Abschnitt (S. 289 bis 295) gibt in gedrängter Form Richtlinien für die zerspanende Bearbeitung, das Schleifen und Polieren von Kunststoffen.

Das Buch zeichnet sich durch eine übersichtliche Anordnung des dargebotenen Stoffes aus. Es wird dem Elektrotechniker viele wertvolle Winke für sein Arbeitsgebiet geben und zum erfolgreichen erweiterten Einsatz der Kunststoffe beitragen.

W. Esch

DK 621.315.616

**Deutsches Jahrbuch für die Industrie der plastischen Massen 1939/1940.** Ein praktisches Nachschlagewerk über den derzeitigen Stand der Industrie. Herausgeber: Dr. E. Dumont. Mit 18 B. u. 300 S. im Format C 5. Verlag Wilhelm Pansegrau, Berlin 1940. Preis geb. 12 RM.

Das zum vierten Male erscheinende Werk will einen Überblick über die Fortschritte in der Herstellung und Anwendung plastischer Massen geben. Der Textteil bringt in den Abschnitten Rohstoffe, Herstellungsverfahren, Anwendungsgebiete, Zusatz- und Hilfsstoffe, Verarbeitungstechnik und Verarbeitungsmaschinen Auszüge aus dem in- und ausländischen Schrifttum (auch Patentschrifttum), die durch straffere Gliederung und übersichtlichere Darstellung noch gewinnen würden. Es folgt eine nach Nummern geordnete Patentübersicht, ein Verzeichnis der Handelsnamen, ein Bezugsquellenverzeichnis und eine Zusammenstellung von neuem Schrifttum über plastische Massen.

Das Bezugsquellen-Verzeichnis bedarf noch einer sorgfältigeren Durchsicht. Wichtige, den Elektrotechniker interessierende Firmen sind nicht aufgeführt. Warum beispielsweise Bezugsquellen für Preßspan und Glimmer (übrigens auch lückenhaft) angegeben werden, während künstlicher Kautschuk bewußt nicht behandelt wird, ist nicht recht einzusehen.

Trotzdem wird das Buch dem Praktiker manchen wertvollen Hinweis geben. Die erwähnten Mängel lassen sich bei einer Neuauflage vielleicht abstellen.

W. Krassowsky VDE

DK 621.396.621.029.6

**Das große Kurzwellen- und Ultrakurzwellen-Empfänger-Schaltungsbuch.** Von W. W. Diefenbach. Mit 139 B. u. 260 S. im Format 135 × 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1940. Preis kart. 6,50 RM, geb. 7,80 RM.

Der Verfasser gibt eine umfassende Darstellung des augenblicklichen Standes der Kurzwellen- und Ultrakurzwellen-

Schaltungstechnik an Hand erprobter Schaltungen bekannter Konstrukteure und Firmen, was das Buch im Verein mit beigefügten Einzelteillisten für den Amateur besonders wertvoll macht. Im einzelnen teilt sich das Buch in folgende Abschnitte auf: Unterschied zwischen Kurzwellenempfänger und Rundfunkgerät, Eigenarten der Kurzwellentechnik, Kurzwellenteil im Rundfunkgerät, Gesichtspunkte für Einzelteileauswahl, Aufbau, Inbetriebnahme und Eichung, Vorsatzgeräte für Rundfunkempfänger in Geradeaus- und Superhetschaltung, Spezialempfänger für Kurzwellen, angefangen vom einfachen Finkreiser bis zum Zwölfrohren-Elfkreis-Superhet, die teilweise auch für Rundfunkempfang eingerichtet sind, Eichgeräte wie Absorptions- und Röhrenfrequenzmesser, Exportsuperhets und kommerzielle Kurzwellenempfänger der Industrie, Ultrakurzwellen-Vorsatzgeräte und -Spezial-Geradeaus- und -Superhetempfänger sowie Übungs- und Zusatzgeräte. Ein Anhang enthält gesetzliche Bestimmungen, Abkürzungen und Tafeln für den Amateurverkehr sowie Formeln. W. Cames VDE

DK 621.433.2

**Die Verbrennungskraftmaschine.** Herausg. von Prof. Dr. H. List. Heft 5: Die Gasmaschine. Von Dr.-Ing. A. Schnürle. Mit 170 B., VIII u. 114 S. im Format 195 × 270 mm. Preis kart. 12,60 RM.

Nach einleitender Übersicht über die gebräuchlichen Gasmotoren-Treibstoffe und allgemeinen Bemerkungen über die Verbrennung im Motor berichtet der Verfasser über umfangreiche eigene Versuche, die er an einer stationären Einzylinder-Viertaktmaschine liegender Bauart angestellt hat. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden an Hand zahlreicher Schaubilder erläutert und die Beziehungen zwischen Leistung, Gasverbrauch und Regelung herausgearbeitet. Die grundsätzlichen Möglichkeiten der Regelung und der Zuführung von Gas und Verbrennungsluft werden erörtert. Der zweite Teil des Heftes enthält eine ausführliche Beschreibung der Maschinenbauarten. Die Auswahl von Abbildungen ausgeführter Motoren vermittelt eine ausgezeichnete Übersicht über die zur konstruktiven Lösung des Regelungsproblems eingeschlagenen Wege. Auf die Verwendbarkeit der Gasmaschine als Wechselmotor wird hingewiesen. Ein weiterer Abschnitt behandelt den allgemeinen Aufbau der Großgasmaschine unter Berücksichtigung der Spülung und Aufladung sowie der Gestaltung von Steuerung und Triebwerk. Ein besonderes Kapitel ist dem Fahrzeuggasmotor gewidmet, der in neuester Zeit wachsende Bedeutung erlangt hat. Die Eigenschaften und das Verhalten der Treibgase im Motor, Druckminderung, Gemischbildung und Regelung werden unter Benützung neuerer Versuchsunterlagen besprochen. Der letzte Teil des Heftes befaßt sich mit Zündeinrichtungen. Schließlich wird auf Sonderfragen des Gasmaschinenbaues eingegangen, unter denen die Gaseinblasung hervorgehoben sei.

W. Tetzlaff

DK 621.431.3

**Die Verbrennungskraftmaschine.** Herausg. von Prof. Dr. H. List. Heft 10: Das Triebwerk schnelllaufender Verbrennungskraftmaschinen. Von Obering. H. Kremser. Mit 184 B., IX u. 136 S. im Format 195 × 270 mm. Preis kart. 16,50 RM. Verlag Julius Springer, Wien 1939.

Das vorliegende Heft will dem in der Praxis tätigen, viel beschäftigten Konstrukteur die Möglichkeit bieten, sich bei der Festlegung von Triebwerksabmessungen mit geringem Zeitaufwand der Erfahrungen des Otto- und Dieselmotorenbaues zu bedienen. Die drei Hauptteile des Triebwerkes und seine Lagerung ergeben die sinnfällige Gliederung der Arbeit. Im ersten Abschnitt werden die Kolben behandelt. Eine große Anzahl gebräuchlicher Kolbenwerkstoffe wird unter dem Gesichtswinkel der Warmhärte und Verschleißfestigkeit kritisch gewertet. An die eingehende Darstellung der konstruktiven Durchbildung der Kolben schließt sich eine Abhandlung über die Abdichtwirkung und Beanspruchung der selbstspannenden Kolbenringe. Ein weiterer Abschnitt führt in die Gestaltung der Kurbelwellen unter besonderer Berücksichtigung des Anbaues von Schwungrad, Gegengewichten und Schwingungsdämpfer ein. Der Behandlung der Lagerausbildung ist eine Übersicht über die heute verwendeten Legierungen vorangestellt. Der letzte Abschnitt handelt von den Pleuelstangen. Die Durchführung von Vergleichsrechnungen beschränkt sich bewußt auf die klassische Festigkeitslehre, doch läßt das reichhaltige mit Bedacht zusammengestellte Bildmaterial den Einfluß der neueren Erkenntnisse auf die Formgebung der Triebwerksteile deutlich hervortreten.

W. Tetzlaff

DK 621.791 : 669.71/.76

**Anleitungsblätter für das Schweißen und Löten von Leichtmetallen.** Aufgestellt von der gemeinsamen Arbeitsgruppe des Ausschusses für Wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim RKW und des VDI-Ausschusses für Schweißtechnik unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. A. Matting. Mit 60 B., 20 Tafeln u. 123 S. im Format A 5. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1940. Preis kart. 2 RM.

Das Büchlein bringt knapp und klar alles Wissenswerte über das Schweißen und Löten von Aluminium und Magnesium und deren Legierungen. Die einzelnen Abschnitte sind jeweils von verschiedenen Sonderfachleuten nach dem neuesten Stande der Technik bearbeitet und mit Schrifttumsnachweis versehen, ohne daß hierdurch die Einheitlichkeit des Buches gelitten hätte. Die verschiedenen Schweiß- und Lötverfahren sind hinsichtlich des Anwendungsbereiches und der Vor- und Nachteile objektiv behandelt. Auch die Prüfung und Gestaltung, die Ausbildung der Schweißer und Lötter und die Unfallverhütung sind eingehend berücksichtigt. Schließlich sind noch die hier geltenden Vorschriften und Richtlinien angeführt und erläutert. Es wäre bei der Instandsetzung von Leichtmetall-Gußstücken besonders hervorzuheben, daß man bei Aluminiumgußstücken sich für fehlende Stücke leicht Ersatzstücke selbst gießen kann, was bei den Mg-Gußstücken nicht möglich ist wegen der Schwierigkeit und Gefährlichkeit des Gießens.

Jeder, der mit diesem Sondergebiet zu tun hat, wird das Büchlein als treuen Helfer und Ratgeber gebrauchen können, zumal es leichtverständlich Theorie und Praxis behandelt.

J. C. Fritz VDE

DK 620.1

**Spannungszustand und Bruchausbildung.** Anschauliche Darstellung der spannungsmechanischen Grundlagen der Gestaltfestigkeit und der Gesetzmäßigkeiten der Bruchausbildung. Von Prof. Dr. A. Thum und Dr.-Ing. K. Federn. Mit 83 Bildern, V u. 78 S. im Format B 5. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 9,60 RM.

Die in der modernen Werkstoffforschung und Werkstoffprüfung gesammelten Erkenntnisse haben zu einer neuen Konstruktionslehre geführt, die ihre Berechnungsunterlagen nicht mehr allein aus Festigkeitsversuchen an glatten Stäben entnimmt, sondern die Form des Konstruktionsteiles, den Spannungszustand und die Spannungsverteilung berücksichtigt. In vielen Fällen, insbesondere bei verwickelten Konstruktionsteilen, werden in der Praxis jedoch die Beiwerte für den Formeinfluß häufig auch jetzt noch nur geschätzt werden können. Aber gerade dann ist es für den Konstrukteur umso wichtiger, ein anschauliches Bild von den Vorgängen im Werkstoff bei den verschiedenen Beanspruchungen zu haben und die dabei auftretenden Gesetzmäßigkeiten zu kennen, um seine Berechnungen auf eine möglichst sichere Grundlage stellen zu können.

Im vorliegenden Buch findet der Konstrukteur hierzu eine übersichtliche und hervorragend anschauliche Darstellung. Für die Veranschaulichung der Spannungsfelder bedienen sich die Verfasser vornehmlich des Gummimodells. Im ersten Teil des Buches ist neben der Darstellung des Kraftflusses und des Verformungsbildes in einem beanspruchten Körper auch eine leicht verständliche Darstellung des Mohrschen Spannungskreises gegeben, die geeignet ist, seine Anwendung in der Praxis mehr als bisher einzuführen. Der zweite Teil behandelt den Einfluß der Kerbe auf den Spannungszustand und die Spannungsverteilung bei verschiedenen Beanspruchungsarten und verschiedener Kerbart (Halbkreis Kerbe und Querböhrung) und Kerbtiefe. Insbesondere ist ein Verfahren zur Umrechnung einer Zugspannung in eine Biegespannungsverteilung angegeben. Die Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der Bruchausbildung bei Gewalt-, Zeit- und Dauerbeanspruchung, sowie des Einflusses des Spannungszustandes und der Oberflächenverletzungen, welcher der dritte Teil gewidmet ist, zeigt eine noch viel zu wenig beachtete Möglichkeit, wertvolle Unterlagen für die Gestaltung neuer Konstruktionsteile zu gewinnen.

Viele Bilder und die ausgezeichnete Wiedergabe tragen wesentlich zur Erhöhung der Anschaulichkeit der Ausführungen bei. Aus 135 Einzelarbeiten, die im Schrifttumsverzeichnis aufgeführt sind, sind die neuen Erkenntnisse dieses Wissensgebietes zusammengefaßt und durch zahlreiche eigene Untersuchungen erweitert worden. Es ist sehr zu begrüßen, daß diese Arbeit, die ursprünglich als Dissertation von K. Federn vorlag, nunmehr als Buch der breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

H Ringpfeil

## EINGÄNGE

(Ausführliche Besprechung vorbehalten)

## Bücher

**Richtig morsen.** Ein Leitfaden für den Morseunterricht. Von R. Grötsch. 5. Aufl. Mit 83 S. im Format 135 x 200 mm. Verlag Deutsch-Literarisches Institut J. Schneider, Berlin 1940. Preis kart. 1,80 RM.

[Das Büchlein behandelt das Geben nach dem Verfahren der Ergänzungszeichen. Es ist nach einer rhythmischen Methodik aufgestellt und enthält zahlreiche Übungen; dazu aber auch neben sonstigen pädagogischen Anweisungen besondere Hinweise zur Erkennung und Beseitigung von Fehlern.]

**Eignungsprüfung einer Quecksilberhochdrucklampe als Normal und Messung der Intensität ihrer Linien.** Von G. Weißflog f. (Neue Deutsche Forschungen Bd. 258.) Mit 16 S. im Format 165 x 245 mm. Verlag Junker und Dünhaupt, Berlin 1940. Preis geh. 1,20 RM.

**Jahresbericht der Holländischen Gewerbeinspektion 1938.** Sonderdrucke: Ongevallen door Electriciteit. Preis 0,50 f. — Veilige Electricische Stofzuigers. Preis 0,15 f. — Veiligheidsseisen, te stellen aan electriche installaties of hefwerktoigen en transport-inrichtingen. Preis 0,25 f. 's-Gravenhage 1939.

## Doktordissertationen

Wilhelm Fischer, Der Einfluß der Finanzausschläge und der Struktur der Elektrizitätswirtschaft eines Landes auf die Lieferpreise elektrischer Arbeit. T. H. Berlin 1939.

Friedrich Ferdinand Ruhle, Die Durchschlagsfestigkeit von Mischungen dielektrischer Flüssigkeiten. T. H. Berlin 1939.

Friedrich Ufer, Die Zweckmäßigkeit der Verwendung von Drehstrom für die Hilfsanlagen auf Schiffen. T. H. Berlin 1938.

Fritz Schwaiger, Entladungsvorgänge im inhomogenen Feld bei Gleichspannung. T. H. München 1939.

Hans Aeschlimann, Neue Methode zum Messen von elektrischen Größen. Eidgen. T. H. Zürich 1939.

Werner R. Dubs, Über den Einfluß laminarer und turbulenter Strömung auf das Röntgenstreubild von Wasser und Nitrobenzol. Eidgen. T. H. Zürich 1939.

René Feiss, Untersuchung der Stabilität von Regulierungen anhand des Vektorbildes. Eidgen. T. H. Zürich 1939.

Franz Fenyves, Beitrag zur Realisierung von Zweipolen mit vorgegebener Charakteristik. Eidgen. T. H. Zürich 1938.

Jakob Hablützel, Schweres Seignettesalz. Dielektrische Untersuchungen an  $\text{KNaC}_4\text{H}_2\text{D}_2\text{O}_6 \cdot 4 \text{D}_2\text{O}$ -Kristallen. Eidgen. T. H. Zürich 1939.

Hans Klay, Störfeld einer Hochspannungsentladung in einem abgeschirmten Raume. Bestimmung der Schutzwirkung der verwendeten Abschirmung. Eidgen. T. H. Zürich 1939.

Max Lattmann, Über die Herstellung einer mit Tonfrequenzen modulierbaren thermischen Lichtquelle. Eidgen. T. H. Zürich 1939.

Jan Rajchman, Le courant résiduel dans les multiplicateurs d'électrons électrostatiques. Eidgen. T. H. Zürich 1938.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes

Dr. W. Rohloff VDE, Nürnberg, Heimstättenstr. 20

Dr.-Ing. E. h. M. Schenkel VDE, Berlin-Charlottenburg, Soor-Str. 86

Dr.-Ing. K. Seidl VDE, Berlin-Siemensstadt, Jungfernheideweg 37

Abchluß des Heftes: 24. April 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Feld) G. H. Winkler VDE (z. Z. im Feld) H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 9. Mai 1940

Heft 19

## Mischlicht durch Reihenschaltung von Natriumdampflampen und Glühlampen in Wechselstromnetzen

(Mittellung aus dem Lichttechnischen Laboratorium der Osram G.m.b.H., K.-G.)

Von E. Rulla † VDE und H. Vits, Berlin

**Übersicht.** Es wird über Messungen an Natriumdampflampen und Glühlampen beim Betrieb in Reihenschaltung, die Anlaufvorgänge, Betriebseigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten dieser Mischlichtquellen berichtet.

Die Entwicklung der Natriumdampflampen ist in dieser Zeitschrift schon an anderen Stellen<sup>1)</sup> eingehend behandelt worden. Die Vervollkommnung dieser Lichtquellen und ihre Einführung in die verschiedensten Anwendungsgebiete der allgemeinen Beleuchtungspraxis vollzog sich gleichzeitig neben der der Quecksilberdampflampen. Bei den letzteren wurde sehr bald der Weg beschritten, durch Hinzufügen von Glühlampen zu den Quecksilberdampflampen in denselben Leuchtgeräten ein Mischlicht zu erzielen, das gegenüber dem reinen Quecksilberdampflicht eine Farbverbesserung je nach dem Grad der Mischung bis zu einer dem Tageslicht stark angenäherten Farbe ergibt. Die Notwendigkeit einer Zumischung von Glühlampenlicht zu dem Licht von Natriumdampflampen wurde bisher in dem Maße, wie es bei dem Licht der Quecksilberdampflampen berechtigterweise der Fall war, nicht empfunden. Man machte sich vielmehr die Vorzüge der praktisch vollkommenen Einfarbigkeit und der sehr hohen Lichtausbeute des Natriumdampflichtes zunutze. Auf eine Änderung der Farbwiedergabe, der naturgemäß hierbei nicht die Bedeutung zukam wie bei dem eingangs erwähnten tageslichtähnlichen Quecksilber-Mischlicht, wurde deshalb zunächst verzichtet.

Einen neuen Auftrieb erhielt jedoch diese Frage, als man sich weiterhin mit der Möglichkeit befaßte, die für die Zumischung benötigte Glühlampe an Stelle der sonst

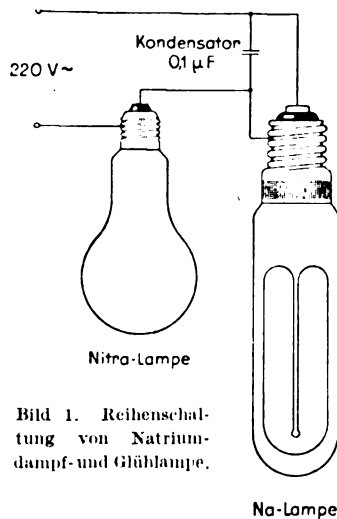
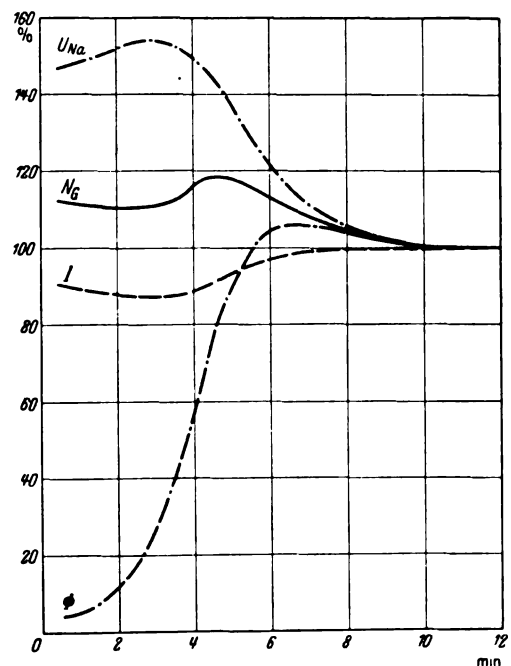


Bild 1. Reihenschaltung von Natriumdampf- und Glühlampe.

DK 621.327.44 : 621.326.3/4.004.1  
für den Betrieb der Natriumdampflampe erforderlichen Drosselspule in Reihe mit der Natriumdampflampe zu brennen (s. Bild 1).

### Anlaufvorgänge und betriebliches Verhalten bei der Reihenschaltung

Die Verwirklichung dieser Bestrebungen wurde dadurch begünstigt, daß die Natriumdampflampen Na 300 U und Na 500 U ohne Fremdheizung der Elektroden an üb-



$U_{Na}$  Spannung an der Natriumdampflampe  
 $N_G$  Gesamtleistung  
 $I$  Strom  
 $\phi$  Lichtstrom

Bild 2. Anlaufkennlinien einer Natriumdampflampe mit Drosselspule.

lichen 220 V-Netzen zünden. Als weiterer Vorteil erwies sich, daß beim Einbrennen der Natriumdampflampe die Spannung am Entladungsrohr größer ist als während des Betriebes. Bild 2 zeigt die Anlaufkennlinien einer Natriumdampflampe nach dem Zünden beim Betrieb mit

<sup>1)</sup> H. Lingenfölsler u. M. Reger, Natriumdampflampen in neuer Form, ETZ 57 (1936) S. 1347. K. Larché u. M. Reger, Technischer Stand der Metallampflampen für Allgemeinbeleuchtung, ETZ 58 (1937) S. 761 u. 790.

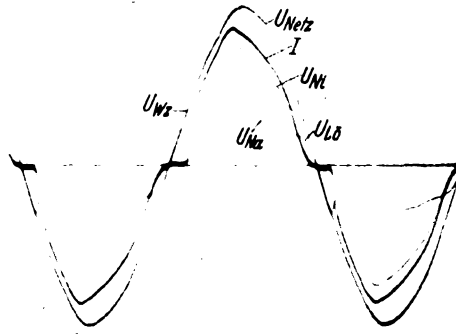
einer geeigneten Drosselspule. Die Spannung an der Natriumdampflampe  $U_{Na}$  und die Gesamtleistung  $N_G$ , die sich aus der Lampenleistung und der Drosselverlustleistung zusammensetzt, fallen in einem Zeitraum von etwa 10 min auf ihren Betriebswert ab, während der Strom  $I$  langsam auf seinen Endwert ansteigt. Der Lichtstrom  $\phi$  erreicht bereits nach 5 min nach steilem Anstieg erstmalig seinen Endwert. Dieser günstige Verlauf der Spannung an der Natriumdampflampe bewirkt bei fester Netzspannung während des Einbrennens eine Unterspannung am Vorschaltgerät. Bei der Vorschaltung einer Glühlampe vor die Natriumdampflampe kann deshalb das

Eigenschaften der Serienlampenanordnung

Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge wurden folgende Serienglühlampen für die Reihenschaltung mit einer Natriumdampflampe festgelegt:

- für Na 300 U die Glühlampe 165 V, 150 W — **Ser 92**,
- für Na 500 U die Glühlampe 165 V, 200 W — **Ser 120**.

Wie aus der vorher angeführten angenäherten Beziehung der Teilspannungen zu erkennen ist, wird bei gegebener Netzspannung die Glühlampenspannung durch die Größe der Spannung an der Natriumdampflampe wesentlich beeinflusst. Es ist deshalb notwendig, die für die Reihenschaltung geeigneten Natriumdampflampen in ihrer Spannungstoleranz zu beschränken. Diese für die Reihenschaltung mit Glühlampen geeigneten Natriumdampflampen tragen dementsprechend die Kennzeichnung „Na 300 U **Ser 92**“ bzw. „Na 500 U **Ser 120**“. Bei der Reihenschaltung von Natriumdampf- und Glühlampen muß darauf geachtet werden, daß nur Lampen, die die entsprechende Serienbezeichnung tragen, zusammengeschaltet werden, wenn ein sicherer Betrieb für beide Lampen gewährleistet werden soll.



- |                                            |                             |
|--------------------------------------------|-----------------------------|
| $U_{Netz}$ Netzspannung                    | $U_{Ni}$ Glühlampenspannung |
| $I$ Strom                                  | $U_{Wz}$ Wiederzündspannung |
| $U_{Na}$ Spannung an der Natriumdampflampe | $U_{LB}$ Löschspannung      |

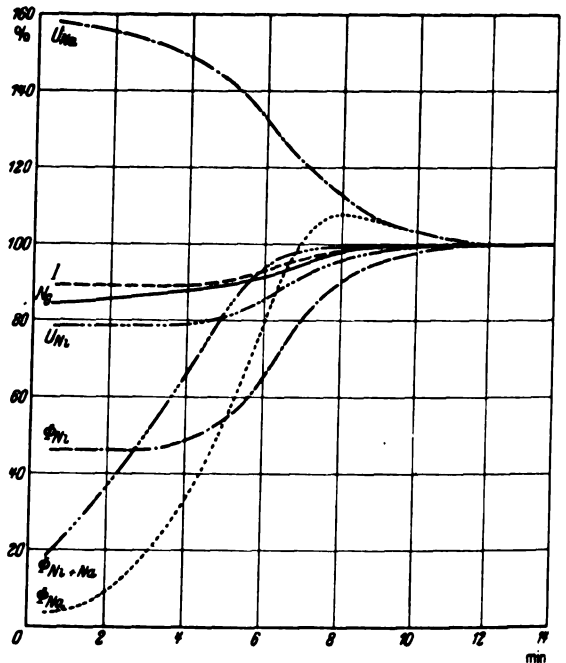
Bild 3. Oszillogramm einer Natriumdampflampe bei Vorschaltung einer Glühlampe.

Festlegen der Werte unabhängig vom Einbrennvorgang erfolgen, so daß die Glühlampe bei ausreichender Lebensdauer während des Betriebes mit normaler Belastung brennt.

Bei der Bestimmung der Glühlampenspannung  $U_{Ni}$  ist zu berücksichtigen, daß diese nicht ohne weiteres als Differenz aus der Netzspannung  $U_{Netz}$  und der Spannung an der Natriumdampflampe  $U_{Na}$  berechnet werden kann, obwohl weder die Glühlampe noch die Natriumdampflampe eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung hervorrufen. Bild 3 zeigt ein Oszillogramm, das an einer Natriumdampflampe bei Vorschaltung einer Glühlampe im eingebrennten Zustand aufgenommen wurde. Der Verlauf des Stromes  $I$  und der Natriumdampflampenspannung  $U_{Na}$  lassen erkennen, wie die Natriumdampflampe bei jeder Halbwelle nach Erreichen der Wiederzündspannung  $U_{Wz}$  von neuem zündet und nach Unterschreiten der für die Aufrechterhaltung der Entladung erforderlichen Spannung  $U_{LB}$  erlischt. Unter dem Einfluß dieses Betriebsverhaltens der Natriumdampflampen ist der Kurvenverlauf des Stromes und der beiden Teilspannungen nicht mehr sinusförmig. Diese Kurvenformveränderungen sind durch Überlagerung von Oberwellen über der Grundwelle von 50 Hz begründet. Die Verschiedenartigkeit der Oberwellenanteile für die Natriumdampflampenspannung und die Glühlampenspannung, die derjenigen des Stromes entspricht, schließen die algebraische Summation der Teilspannungen aus. Da aber für die Natriumdampflampen gleicher Type die Anteile der Oberwellen für den Strom und die Lampenspannung nur geringe Unterschiede zeigen, so ergibt sich die Möglichkeit, die Glühlampenspannung bei Reihenschaltung mit einer Natriumdampflampe mit einer für die Festlegung der Glühlampendaten ausreichenden Genauigkeit zu berechnen aus

$$U_{Ni} = U_{Netz} - (k U_{Na}),$$

wobei  $k$  im Mittel für die Lampen Na 300 U den Wert von 0,93 und für die Lampen Na 500 U den von 0,94 aufweist.



- |                                            |                                              |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| $U_{Na}$ Spannung an der Natriumdampflampe | $\phi_{Ni}$ Lichtstrom der Glühlampe         |
| $U_{Ni}$ Glühlampenspannung                | $\phi_{Na}$ Lichtstrom der Natriumdampflampe |
| $I$ Strom                                  | $\phi_{Ni+Na}$ Gesamtlichtstrom              |
| $N_G$ Gesamtleistung                       |                                              |

Bild 4. Anlaufkennlinien einer Natriumdampflampe bei Vorschaltung einer Glühlampe.

In Bild 4 sind die Anlaufkennlinien einer Natriumdampflampe und einer Glühlampe bei Reihenschaltung wiedergegeben. Die Kennlinien des Stromes  $I$  und der Glühlampenspannung  $U_{Ni}$  bestätigen die Unterlastung der Glühlampe während des Einbrennens. Die Kennlinien für den Teillichtstrom  $\phi_{Ni}$  und den Gesamtlichtstrom  $\phi_{Ni+Na}$  zeigen, daß im Gegensatz zum Drosselbetrieb, bei dem der Lichtstrom der Natriumdampflampe allmählich zunimmt, bei der Reihenschaltung der Anfangslichtstrom der Glühlampe sofort nach dem Einschalten zur Verfügung steht. Der Gesamtlichtstrom  $\phi_{Ni+Na}$  erreicht ebenso wie beim Drosselbetrieb nach rd. 5 min erstmalig seinen Endwert.

Die Reihenschaltung von Natriumdampflampen und Glühlampen setzt voraus, daß die Netzspannung keine zu

großen Schwankungen aufweist, wenn ein einwandfreier Betrieb der Anlage sichergestellt sein soll. Die Betriebseigenschaften der Natriumdampf Lampe bedingen bei einer Erhöhung des Stromes ein Sinken der Spannung an der Natriumdampf Lampe. Das hat zur Folge, daß bei steigender Netzspannung bei Reihenschaltung mit einer Natriumdampf Lampe an der Glühlampe eine größere Überspannung auftritt als beim normalen Betrieb, und zwar derart, daß eine Netzspannungserhöhung um 1 % eine Erhöhung der Glühlampenspannung um etwa 1,5 % verursacht. Bild 5 zeigt das Verhalten der elektrischen Werte in Prozenten, wenn die für die Netzspannung gültigen Werte gleich 100 % gesetzt werden. Auf Grund dieser Zusammenhänge ist deshalb darauf zu achten, daß die Wechselfspannung an einer Leuchte, die mit Natriumdampf Lampe und Glühlampe bestückt ist, im Mittel 220 bis 225 V beträgt.

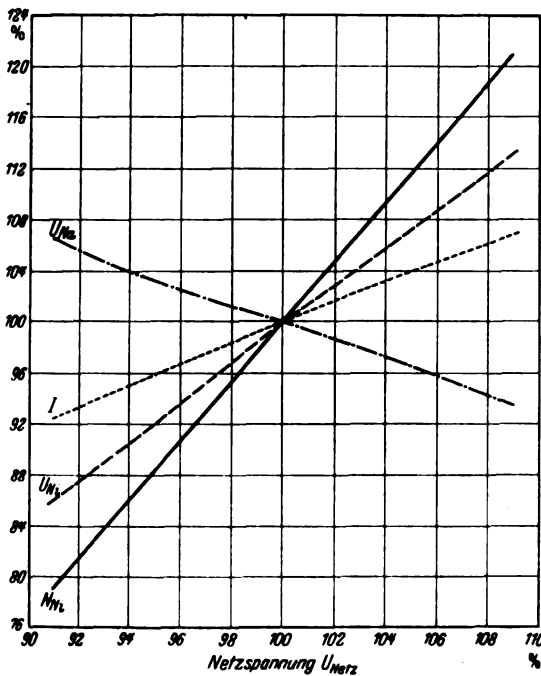


Bild 5. Abhängigkeit der Glühlampenleistung  $N_{Gl}$ , der Glühlampenspannung  $U_{Gl}$  und der Natriumdampf lampenspannung  $U_{Na}$  von der Netzspannung.

Der Schutz gegen Störungen des Rundfunkempfanges geschieht bei der Reihenschaltung nach Bild 1 genau wie beim Betrieb von Natriumdampf Lampen mit Drosselspulen durch Parallelschalten eines Entstörkondensators von  $0,1 \mu F$  zu der Natriumdampf Lampe.

Die Gesamtleistungen der Natriumdampf Lampen und Glühlampen betragen bei einer Netzspannung von 220 V im Mittel für die

Natriumdampf Lampe Na 300 U und Glühlampe rd. 200 W und für die

Natriumdampf Lampe Na 500 U und Glühlampe rd. 255 W.

Der Leistungsfaktor liegt in beiden Fällen zwischen 0,96 und 0,99.

Der Gesamtlichtstrom bei Reihenschaltung einer Natriumdampf Lampe Na 300 U und einer zugehörigen Glühlampe beträgt im Mittel 5100 Hlm bei einer Lichtausbeute von rd. 25 Hlm/W. Die Natriumdampf Lampe Na 500 U und Glühlampe geben einen mittleren Gesamtlichtstrom von 8000 Hlm und eine Lichtausbeute von rd. 31 Hlm/W. Der Lichtstromanteil des Natriumdampflichtes zum Glühlampenlicht verhält sich im ersten Fall etwa wie 3 : 2. Im zweiten Fall ist der Glühlampenanteil etwas geringer. In

den meisten Anwendungsgebieten erfüllen die vorhandenen Mischungsverhältnisse die an die Farbwiedergabe zu stellenden Anforderungen. Das Mischlicht hat einen angenehmen warmen Farbton und ermöglicht das Erkennen von roten, blauen und grünen Körperfarben.

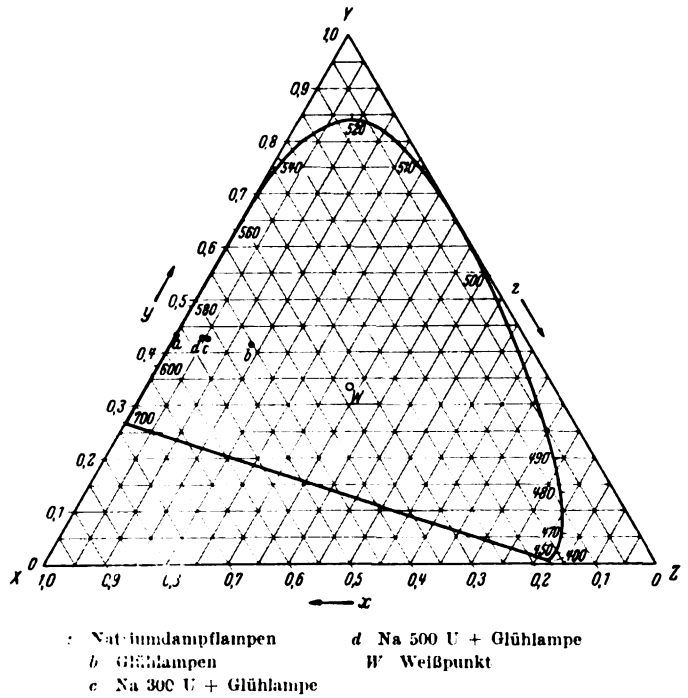


Bild 6. Lage der Farbpunkte im Farbdreieck.

Über die Farbe der Lichtquelle selbst gibt bei den bestehenden Mischungsverhältnissen Bild 6 einen gewissen Aufschluß. Zur Orientierung sind in dem wiedergegebenen Farbdreieck die Farbpunkte für die Natriumdampf Lampen und die für die jeweils vorgeschalteten Glühlampen eingetragen. Außerdem sind die Farbpunkte für die Mischungsverhältnisse Na 300 U und Glühlampe bzw. Na 500 U und Glühlampe angegeben. Die verschiedene Lage dieser beiden Farbpunkte ist dadurch bedingt, daß

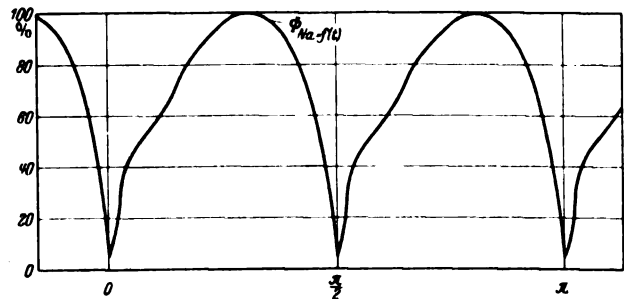


Bild 7. Zeitlicher Verlauf des Lichtstromes einer Natriumdampf Lampe mit Drosselspule.

beim Betrieb der Na 500 U + Glühlampe der Lichtstromanteil der Glühlampe etwas kleiner ist als bei der Na 300 U + Glühlampe. Ein Vergleich dieser beiden Punkte läßt deshalb erkennen, wie sich je nach Größe des Glühlampenlichtstromes der Farbpunkt des Mischlichtes dem des Glühlampenlichtes nähert. In besonders gelagerten Fällen, wo ein anderes Mischungsverhältnis gewünscht werden sollte, besteht also die Möglichkeit, den Glühlampenlichtanteil zu erhöhen, indem eine weitere Glühlampe beliebiger Leistung, die parallel zu den Reihenschaltungslampen brennt, in die Leuchte eingebaut wird.

Neben der angenehmen Lichtfarbe bei der Reihenschaltung der Natriumdampflampen mit Glühlampen ergibt sich als Vorteil gegenüber dem Drosselbetrieb die geringere Lichtschwankung in Abhängigkeit von der Zeit. In Bild 7 ist der periodische Licht-Zeit-Verlauf für eine Natriumdampflampe bei Betrieb mit einer Drosselspule dargestellt. Bild 8 zeigt im Gegensatz dazu den zeitlichen

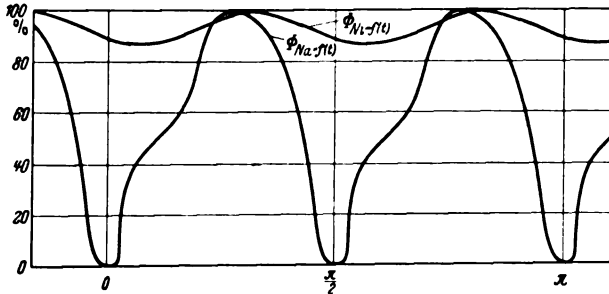


Bild 8. Zeitlicher Verlauf des Lichtstromes der Natriumdampflampe bzw. der Glühlampe bei Reihenschaltung.

Verlauf des Lichtstromes der Natriumdampflampe bei Vorschalten einer Glühlampe einerseits und den der vorgeschalteten Glühlampe andererseits. In allen Fällen wurde bei dieser Darstellung der jeweils erreichte zeitliche Höchstwert gleich 100 % gesetzt. Nach diesen Kennlinien zeigt der Lichtstrom der Natriumdampflampe bei Vorschaltung einer Glühlampe zwar eine etwas stärker ausgeprägte Dunkelphase als beim Drosselbetrieb. Da aber

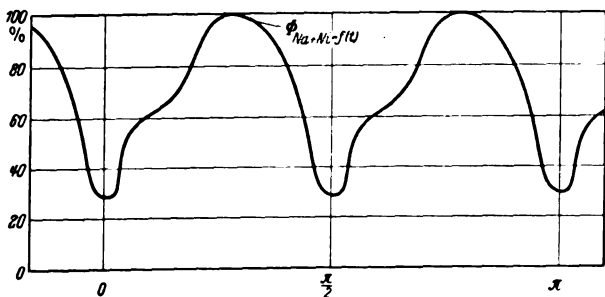


Bild 9. Zeitlicher Verlauf des Gesamtlichtstromes einer Glühlampe und einer mit dieser in Reihe geschalteten Natriumdampflampe.

der Lichtstrom der Glühlampe eine sehr geringe zeitliche Schwankung aufweist und außerdem unter dem Einfluß der verschiedenen Trägheit der Natriumdampf- und Glühlampe einen phasenverschobenen Verlauf gegenüber dem der Natriumdampflampe hat, wird die periodische Schwankung des Gesamtlichtstromes (Bild 9) geringer als beim Drosselbetrieb. Die Größe dieses Schwankungsausgleiches ist abhängig von der Größe des Lichtstromanteiles der Glühlampe.

#### Betrieb und Anwendung von Natrium-Mischlichtleuchten

Die Anwendung dieser Schaltung wird durch Verwenden von Leuchten mit je einer Goliathfassung (E 40) und einer Edisonfassung (E 27) ermöglicht, die miteinander in Reihe geschaltet sind. Die einschlägige Industrie kann derartige Natrium-Mischlichtleuchten ohne nennenswerte Schwierigkeiten durch einen geringfügigen Umbau an den für die Aufnahme einer Natriumdampflampe und einer Glühlampe geeigneten handelsüblichen Zweifassungsluchten herstellen. Für eine möglichst gleichmäßige Mischung des Lichtes der beiden in ihrer Bauart und ihren Abmessungen verschiedenen Lampen ist lediglich eine dem

Unterschied der Lichtschwerpunktsabstände entsprechende Einstellung der beiden Fassungen zueinander erforderlich.

Im Betrieb ergeben sich bei der Reihenschaltung mit einer Glühlampe gegenüber der mit einer Drosselspule verschiedene voneinander abweichende Eigenschaften, die sich zugunsten der Glühlampenreihenschaltung auswirken. Wie aus Bild 3 und 4 hervorgeht, wird der Anlaufvorgang der Natriumdampflampe durch die Lichtstromabgabe der Glühlampe überbrückt. Durch die Zumischung des Glühlampenlichtes ergibt sich außerdem eine geringere periodische Schwankung (Bild 9) als beim Drosselbetrieb, so daß stroboskopische Erscheinungen an umlaufenden Teilen leichter vermieden werden können. Der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  wird, wie schon vorher erwähnt, auf einen Wert von nahezu 1 erhöht. Durch den Fortfall der sonst erforderlichen Drosselspulen ergeben sich geringere Abmessungen und Gewichte der Leuchtgeräte sowie eine Eisen- und Kupferersparnis und erheblich niedrigere Anschaffungskosten, die besonders beim Vorhandensein zahlreicher Brennstellen stark ins Gewicht fallen.

Anwendung kann die Reihenschaltung von Natriumdampflampen und Glühlampen zur Erzielung eines Mischlichtes überall dort finden, wo bisher die Natriumdampflampen mit Drosselspulen erfolgreich verwendet wurden, und die erwähnten Vorzüge, die die Reihenschaltung bietet, die der Einfarbigkeit des reinen Natriumdampflichtes überwiegen. Es kommen z. B. für eine Mischlichtbeleuchtung in erster Linie Straßen, selbst bis in das Innere bebauter Stadtteile hinein, ferner Ausfall- und Zubringerstraßen zur Reichsautobahn, Werkstraßen und Lagerplätze, Brücken, Wasserverkehrs- und Verladeanlagen, Schleusen, Häfen, Werkhallen, insbesondere Gießereibetriebe und zum Teil auch die Werkstoffprüfung in Betracht. Auch bei der Luftschutzverdunkelung kann diese Beleuchtungsart in Verbindung mit Farb-anstrichen, die dieses Licht absorbieren, an Fenstern und Oberlichtern angewendet werden, wenn die zu verwendende Glühlampe mit einem geeigneten Farbüberzug versehen wird und im übrigen die Bestimmungen der 8. Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz beachtet werden.

#### Wirtschaftlichkeit der Anordnung

In wirtschaftlicher Hinsicht ist festzustellen, daß die beim Natriummischlicht gegenüber einer Glühlampenbeleuchtung entstehenden höheren Lampenersatzkosten durch die geringeren Stromkosten infolge der beim Mischlicht höheren Lichtausbeute gegenüber der reinen Glühlampenbeleuchtung ausgeglichen oder übertroffen werden. Um dies nachzuprüfen, wurden die jährlichen Betriebskosten<sup>2)</sup>, die sich aus Tilgung und Verzinsung der Leucht- und gegebenenfalls der Vorschaltgeräte sowie Strom- und Lampenersatzkosten ergeben, für die jeweils zu vergleichenden Fälle errechnet. Die für jeden Fall ermittelten Gesamtkosten sind auf die gleiche Lichtarbeit (100 000 Hefnerlumenstunden) bezogen worden, um die durch die festliegenden Lampeneinheiten gegebenen Lichtstromabweichungen untereinander zu berücksichtigen. Zugrunde gelegt wurden eine jährliche Benutzungsdauer von 2000 Stunden, d. s. etwa 6½ Stunden je Arbeitstag bzw. 5½ Stunden am Tage, listenmäßige Bruttopreise für Leuchten und Vorschaltgeräte, 10 % des Kaufpreises für Abschreibung und 5 % für Verzinsung. Die Darstellung der Betriebskosten in Abhängigkeit vom Strompreis ergibt sowohl für Metalldampflampen als auch für Glühlampen einen ansteigenden geradlinigen Verlauf. Bei dem einem gemeinsamen Schnittpunkt zweier miteinander zu vergleichender Geraden zugeordneten Strompreis besteht in beiden Fällen Kostengleichheit. Bei höheren Strompreisen ergibt sich eine wirtschaftliche Überlegenheit der flacher verlaufenden Kurven (Geraden) gegenüber denen mit stei-

<sup>2)</sup> Vgl. H. Lingentfeler u. E. Schanz, Die Wirtschaftlichkeit der Metalldampflampen. Entwicklung einer graphischen Darstellung und ihre praktische Anwendung. Licht 9 (1939) S. 175.

lerem Anstieg. Bild 10 und 11 lassen erkennen, daß bei einem Vergleich zwischen dem Natriummischlicht und einer diesem lichtstrommäßig entsprechenden Glühlampe eine Kostengleichheit bei einem Strompreis von ungefähr 12 Rpf/kWh gegeben ist und das Natriummischlicht bei höheren Stromkosten wirtschaftlicher ist als das Glühlampenlicht. Bei einer höheren Benutzungsdauer oder Berücksichtigung von handelsüblichen Nachlässen auf Leuch-

Zusammenfassung

Die meßtechnischen Untersuchungen der Anlaufvorgänge und Betriebseigenschaften der Reihenschaltung von Natriumdampf- und Glühlampe ergaben bemerkenswerte Vorteile dieser Anordnung durch geringere Welligkeit, günstigeren Leistungsfaktor, verbesserte Lichtfarbe und gleichmäßigeren Lichtstromverlauf, schließlich Fortfall

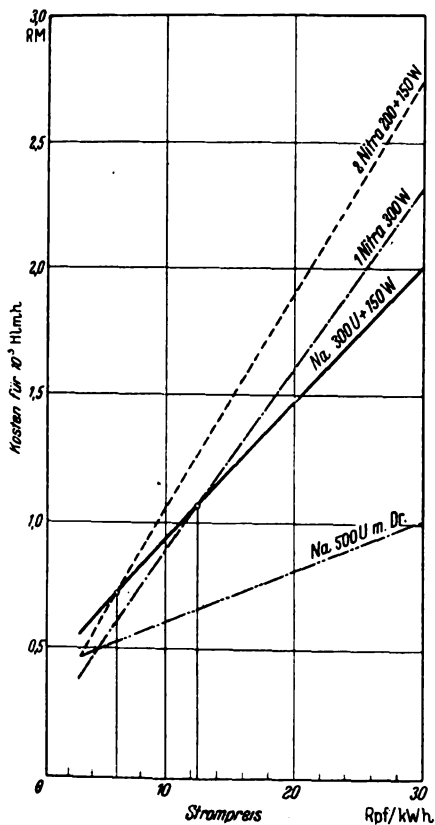


Bild 10. Betriebskostenvergleich von Natriummischlicht Na 300 U + 150 W Glühlampe, Glühlampenlicht und reinem Natriumdampflicht für 10<sup>5</sup> Hlmh bei einer Benutzungsdauer von 2000 h/Jahr (Bruttopreise).

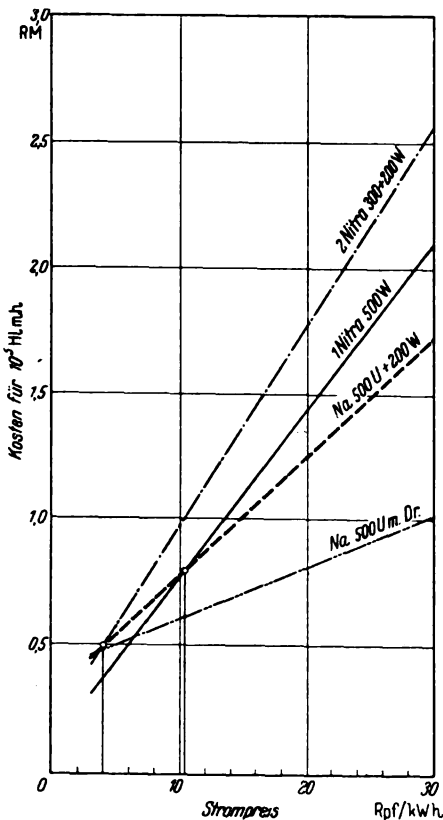
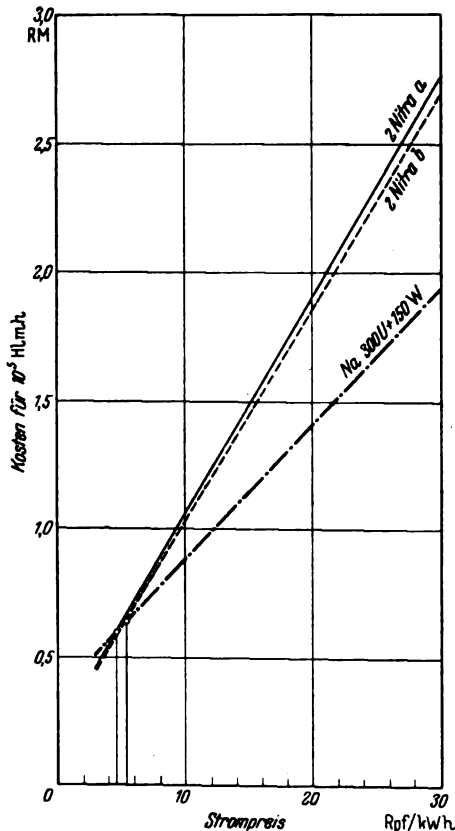


Bild 11. Betriebskostenvergleich von Natriummischlicht Na 500 U + 200 W Glühlampe, Glühlampenlicht und reinem Natriumdampflicht für 10<sup>5</sup> Hlmh bei einer Benutzungsdauer von 2000 h/Jahr (Bruttopreise).



Kurve a: 200 W-Glühlampe 2000 h/Jahr  
150 W-Glühlampe 4000 h/Jahr  
Kurve b: 200 W-Glühlampe 4000 h/Jahr  
150 W-Glühlampe 2000 h/Jahr

Bild 12. Betriebskostenvergleich von Natriummischlicht Na 300 U + 150 W Glühlampe bei ganznächtigem Betrieb (4000 h/Jahr) und 2 Glühlampen, von denen 1 Lampe halb- (2000 h/Jahr) und 1 Lampe ganznächtmig (4000 h/Jahr) brennt, bezogen auf 10<sup>5</sup> Hlmh (Bruttopreise).

ten- und Lampenpreise für Stromversorgungsunternehmen oder Behörden verringert sich der genannte Grenzwert von 12 Rpf/kWh. Dies ist auch dann der Fall, wenn man ein mit zwei Glühlampen bestücktes Gerät mit einer Natriummischlichtleuchte vergleicht (s. Bild 12). Für die öffentliche Beleuchtung ergibt sich z. B. daraus folgende Tatsache: Von einem Strompreis von etwa 5 Rpf/kWh an aufwärts ist ein ganznächtmiger Natriummischlichtbetrieb (4000 h/Jahr) mit einer Bestückung von einer Na 300 U + einer Glühlampe 150 W [Ser92] wirtschaftlicher als ein Betrieb mit einer Glühlampe 200 W und einer Glühlampe 150 W je Leuchte, von denen nur die eine Lampe ganz- (4000 h/Jahr) und die andere halbnächtmig (2000 h/Jahr) eingeschaltet wird, wie es in der Straßenbeleuchtung vielfach üblich ist (Bild 12). Dadurch werden während der Nachtstunden etwa doppelt so hohe Beleuchtungsstärken und bessere Sehverhältnisse bei geringerem Kostenaufwand erzielt.

der Drossel mit Eisen- und Kupferersparnis, so daß diese Mischlicht-Beleuchtungsart zunehmend für Außen- und Werkbeleuchtung verwendet werden kann. Die außerdem durchgeführte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die neue Lichtquelle bewies insbesondere die günstige Anwendbarkeit des Natriummischlichtes für ganz- oder halbnächtmige Straßenbeleuchtung.

Für die Anregung zur Veröffentlichung der Arbeit danke ich an dieser Stelle Herrn Dr. Martin Reger, Berlin. Es wird hierdurch nur ein ganz geringer Teil der aufschlußreichen Untersuchungen und Ausarbeitungen meines während der Drucklegung infolge eines sehr schweren Leidens unerwartet verstorbenen Mitverfassers und Freundes, Herrn Erhard Rulla, den interessierten Fachkreisen zugänglich gemacht.



## Das Ersatzbild eines Transformators mit mehreren Anzapfungen

Von Max Skalicky, Berlin

DK 621.314.21 : 621.3.012.8.001.1

Das Ersatzbild eines verlustfreien Transformators mit 3 Anzapfungen (Bild 1), läßt sich darstellen als Vierpol in Sternschaltung, bei dem die Eingangsklemmen gegenüber der gewohnten Darstellung vertauscht sind (Bild 2)<sup>1)</sup>.

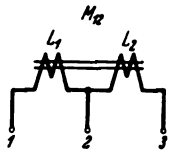


Bild 1. Grundlegendes Schaltbild eines Transformators mit drei Anzapfungen.

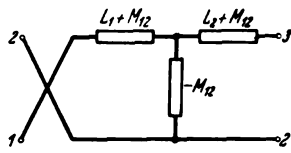


Bild 2. Ersatzbild als Vierpol mit vertauschten Eingangsklemmen.

Eine Darstellung, die sich besser dem Schaltbild anpaßt, zeigt Bild 3.

$L_1, L_2$  sind die Induktivitäten der beiden Wicklungsteile;  $M_{12} = \sqrt{L_1 L_2}$  die Gegeninduktivität.

Der Leerlauf-(Blind-)Widerstand für  $\omega = 1$  zwischen den Klemmen 1, 2 ist  $L_1$ ,

" 2, 3 "  $L_2$ ,

" 1, 3 "  $L_1 + L_2 + 2 M_{12} = (\sqrt{L_1} + \sqrt{L_2})^2$ .

In der vorliegenden Arbeit wird nun für den allgemeinen Fall, also den Transformator mit  $N$  Anzapfungen, das Ersatzbild angegeben. Da die Rechenarbeit mit zunehmendem  $N$  außerordentlich anwächst, möge vorher noch der Transformator mit 4 Anzapfungen untersucht werden; sein Ersatzbild ist in Bild 4 dargestellt.

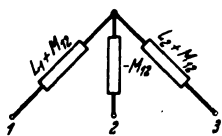


Bild 3. Dem Schaltbild angepaßte Ersatzschaltung eines Transformators mit drei Anzapfungen.

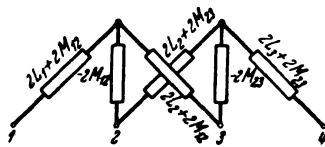


Bild 4. Ersatzschaltung des Transformators mit vier Anzapfungen.

Den Leerlauf-(Blind-)Widerstand für  $\omega = 1$  zwischen den Klemmen 2, 3 findet man hierbei mit  $L_2$  und zwischen den Klemmen 1, 2 mit

$$W_{12l} = 2L_1 + 2M_{12} + \frac{-2M_{12}(2L_2 + 2L_2 + 2M_{12})}{4L_2}$$

$$W_{12l} = 2L_1 - \frac{4M_{12}^2}{4L_2} = 2L_1 - \frac{L_1 L_2}{L_2} = L_1$$

und

$$W_{34l} = L_2.$$

Der Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen 1, 4 bei Leerlauf ist

$$W_{14l} = 2L_1 + 2M_{12} + 2L_2 + 2M_{23} + \frac{(2L_2 + 2M_{12} - 2M_{23})(2L_2 + 2M_{23} - 2M_{12})}{4L_2}$$

$$W_{14l} = 2L_1 + 2L_2 + 2M_{12} + 2M_{23} + L_2 - \frac{M_{12}^2}{L_2} - \frac{M_{23}^2}{L_2} + 2 \frac{M_{12} M_{23}}{L_2}$$

Mit

$$M_{12} = \sqrt{L_1 L_2}, \quad M_{23} = \sqrt{L_2 L_3}, \quad \frac{M_{12} M_{23}}{L_2} = \sqrt{L_1 L_3} = M_{13}$$

ergibt sich schließlich

$$W_{14l} = L_1 + L_2 + L_3 + 2(M_{12} + M_{23} + M_{13})$$

oder

$$W_{14l} = (\sqrt{L_1} + \sqrt{L_2} + \sqrt{L_3})^2.$$

Sind die 3 Wicklungsteile gleich ( $L_1 = L_2 = L_3$ ), dann ist die Gesamtinduktivität  $L_{14} = 9L$ .

Bild 5 zeigt noch das Ersatzbild des Transformators mit 5 Anzapfungen in vierpolmäßiger Darstellung.

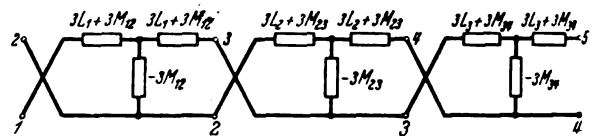


Bild 5. Vierpolmäßige Darstellung des Transformators mit fünf Anzapfungen.

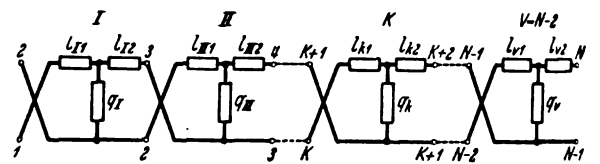


Bild 6. Vierpolkette für den Transformator mit  $N$  Anzapfungen.

Aus den vorgebrachten Beispielen erkennt man, daß ein Transformator mit  $N$  Anzapfungen im Ersatzbild dargestellt werden kann als Kette von  $V = N - 2$  Vierpolen. Bei jedem dieser Vierpole sind die Eingangsklemmen vertauscht (Bild 6). Die Längswiderstände des  $k$ ten Vierpols sind:

$$l_{k1} = (N - 2) [L_k + M_{k, k+1}],$$

$$l_{k2} = (N - 2) [L_{k+1} + M_{k, k+1}],$$

und der Querwiderstand ist

$$q_k = -(N - 2) M_{k, k+1}.$$

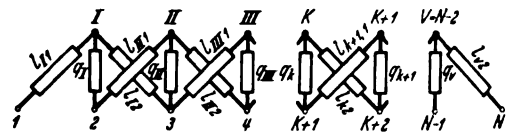


Bild 7. Dem Schaltbild angepaßte Ersatzschaltung für den Transformator mit  $N$  Anzapfungen.



Bild 8. Grundlegendes Schaltbild eines Transformators mit  $N$  Anzapfungen.

Schließlich ist in Bild 7 noch das gleiche Ersatzbild des Transformators mit  $N$  Anzapfungen (Bild 8) dargestellt, das sich in anschaulicher Weise dem Schaltbild anpaßt.

<sup>1)</sup> K. Kämpfmüller, Einführung in die theoretische Elektrotechnik. Julius Springer, Berlin 1932.

### Die neuesten amerikanischen Zyklotrone

Die beiden neuen Zyklotrone<sup>1)</sup> der Biochemical Research Foundation des Franklin-Instituts in Philadelphia, Pennsylvania, und des Physics Department der Purdue-

Universität, Lafayette, Indiana, weisen eine ganze Reihe von Neuerungen auf, die eine Beschreibung dieser Anlagen rechtfertigen<sup>2)</sup>. Mit dem Zyklotron des Franklin-Instituts können Deuteronenstrahlen bis zu 10  $\mu$ A bei 10,2 MeV erzeugt werden, wenn ein außerhalb des Zyklotrons befindlicher Versuchskörper beschossen wird. Befindet sich der Versuchskörper dagegen im Innern der Vakuumkammer, so kann der Deuteronenstrahl auf 40 bis 50  $\mu$ A gesteigert werden. Bei neueren Versuchen mit einer verbesserten Ionenquelle konnte ein im Außenraum befindlicher Versuchskörper mit 30  $\mu$ A bei 11 MeV beschossen werden, eine Energie, die ausreicht, nicht nur radioaktive Stoffe für wissenschaftliche Untersuchungen, sondern auch für therapeutische Zwecke herzustellen, und die offenbar noch nicht

weitgehende Messungen vor; es soll einen  $\alpha$ -Strahl von 0,03  $\mu$ A bei 16,5 MeV und einen Deuteronenstrahl von 3  $\mu$ A bei 8 MeV im Außenraum auftreten lassen.

DK 537.291-96 : 539.17/.18(73)

Eine Gesamtansicht der beiden Zyklotrone vermitteln Bild 1 und 2. Im folgenden sollen nun magnetischer Kreis, Vakuumkammer, Halbdosen und ihre Halterung, Hochfrequenzsystem und die einzelnen Hilfsapparaturen näher beschrieben werden.

#### Magnetischer Kreis

Die Magnetpole des Zyklotrons des Franklin - Instituts haben am Joch einen Durchmesser von 1,220 m und am Polschuhrand einen solchen von 0,965 m. Die Polschuhe sind auswechselbar. Die Erregerspulen bestehen aus acht Lagen zu je 225 Windungen, die in einer Serienparallelschaltung angeordnet sind; der Leiterquerschnitt beträgt  $32,8 \times 1,6$  mm. Die Leiter sind papierisoliert, die Lagen durch Fichtenholzstreifen getrennt. Zur Kühlung wird Öl mittels Zentri-

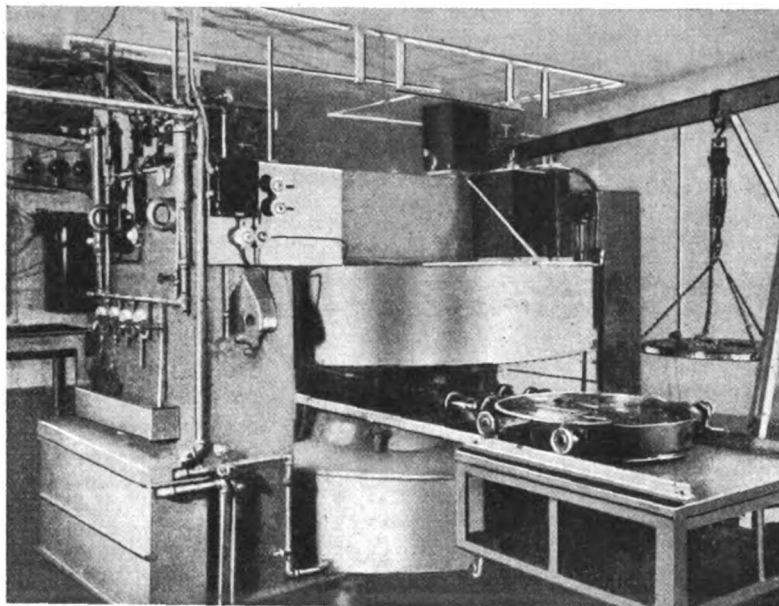
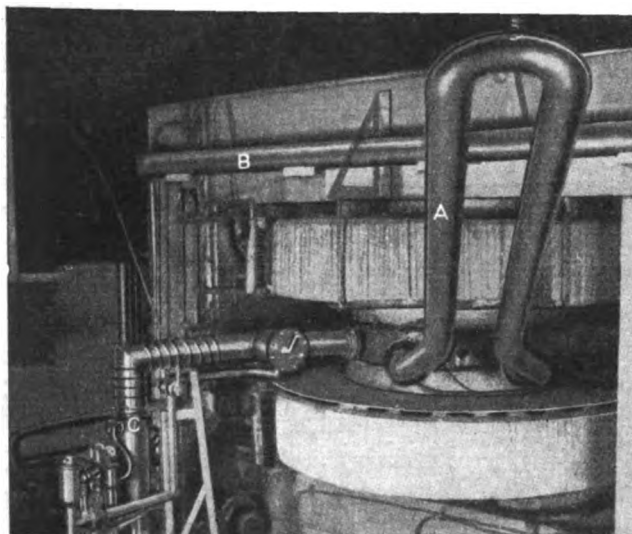


Bild 1. Das Zyklotron der Biochemical Research Foundation des Franklin-Instituts in Philadelphia.

sind; der Leiterquerschnitt beträgt  $32,8 \times 1,6$  mm. Die Leiter sind papierisoliert, die Lagen durch Fichtenholzstreifen getrennt. Zur Kühlung wird Öl mittels Zentri-



A Lechersystem, auf die Viertelwelle abgestimmt  
B Kühlleitung  
C Pumpanlage

Bild 2. Das Zyklotron der Purdue-Universität.

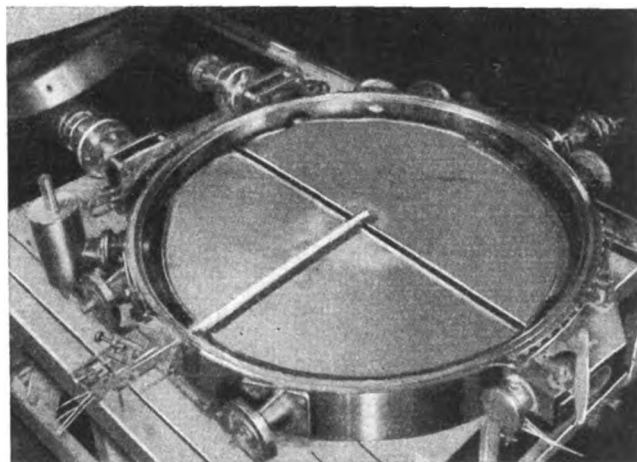


Bild 3. Vakuumkammer des Zyklotrons des Franklin-Instituts, geöffnet. (Es sind Halbdosen, Ionenquelle und die übrigen Hilfsapparaturen deutlich zu erkennen.)

die Grenzleistung dieses Zyklotrons darstellt. Über das Zyklotron der Purdue-Universität liegen noch nicht so

<sup>1)</sup> A. J. Allen, M. B. Sampson und R. G. Franklin sowie W. J. Henderson, L. D. P. King, J. R. Risser, H. J. Yearian und J. D. Howe, J. Franklin Inst. 228 (1939) S. 543 und 563; 19 S., 16 B. bzw. 17 S., 10 B.  
<sup>2)</sup> ETZ 58 (1937) S. 1403 u. 59 (1938) S. 728. Vgl. a. R. Elsner u. R. Strigel, Z. VDI 83 (1939) S. 1083.

fugalpumpen durch die Spulen getrieben, das wiederum durch Wasser in besonderen Kühlern gekühlt wird; das erwärmte Wasser wird über einen Kühlturm geleitet. Die Spulen erzeugen ein Feld von 16 Kilogaß bei einem Erregerstrom von 155 A. Die Abmessungen der Magnetpole des Purdue-Universitäts-Zyklotrons sind ähnlich; sie verjüngen sich von 1,03 m am Joch auf 0,95 m am Polschuhrand. Die Erregerspulen bestehen aus Kupferrohren von 11 mm Durchmesser und 2,2 mm Wandstärke, die zu 13 Einzelflächspulen mit je 45 Windungen in

zwei Lagen gewickelt sind. Einzelleiter wie auch Spulen sind mit Leinenband umwickelt und mit isolierendem Lack

sondern auch Ausgleich der Geschwindigkeitsabnahme der Teilchen für ihre entsprechende Massenzunahme durch Einfügen von Sektoren mit abwechselnder magnetischer Feldstärke<sup>3)</sup>.

Vakuumkammer

Eine Ansicht der geöffneten Vakuumkammer des Franklin-Institut-Zyklotrons zeigt Bild 3. Die Seitenwände werden durch einen 25,4 mm dicken Monellmetallring mit einem äußeren Durchmesser von 990 mm gebildet, Deckel und Boden bestehen aus 50,8 mm dicken Eisenplatten, denen für den Feldausgleich in der Vakuumkammer eine gewisse Bedeutung zukommt. Der Boden ist mit den Seitenwänden verschweißt, mit Speziallack abgedichtet und der Deckel mit einer Gummidichtung aufgesetzt. Die Gesamthöhe der Vakuumkammer beträgt 195,5 mm bei einem Abstand von 203 mm zwischen den Polschuhen des Magneten. Die Abmessungen der Vakuumkammer des Purdue-Zyklotrons sind ähnlich gewählt. Die seitliche Begrenzung besteht aus einem 22,3 mm dicken Messingring mit einem äußeren Durchmesser von 967 mm. Die Boden- und die Deckplatte aus Stahl sind 31,8 mm stark. Als Dichtungstoff ist Plastazin gewählt, das sich besser als Gummi bewährt hat.

In diese Kammern sind die aus verlöteten Kupferplatten bestehenden Halbdosen eingesetzt; beim Franklin-Institut-Zyklotron besitzen sie eine lichte Weite von 25,4 mm am Umfang und 50,8 mm in der Mitte. Die Verengung der Dosen am Umfang ist möglich infolge der starken fokussierenden Wirkung des zwischen den Halbdosen liegenden Beschleunigungsfeldes und erlaubt so ein einfaches Anbringen einer Wasserkühlung an den Dosen. Beim Purdue-Zyklotron beträgt die lichte Weite in der Mitte 31,8 mm, vergrößert sich bis zum halben Durchmesser auf 44,5 mm und nimmt dann bis zum Umfang wieder auf 25,4 mm ab. Spannungszuführung und Halterung der Halbdosen beim Franklin-Institut-Zyklotron hält sich im Rahmen des Üblichen. Die Verstellmöglichkeit ist durch Zwischen-

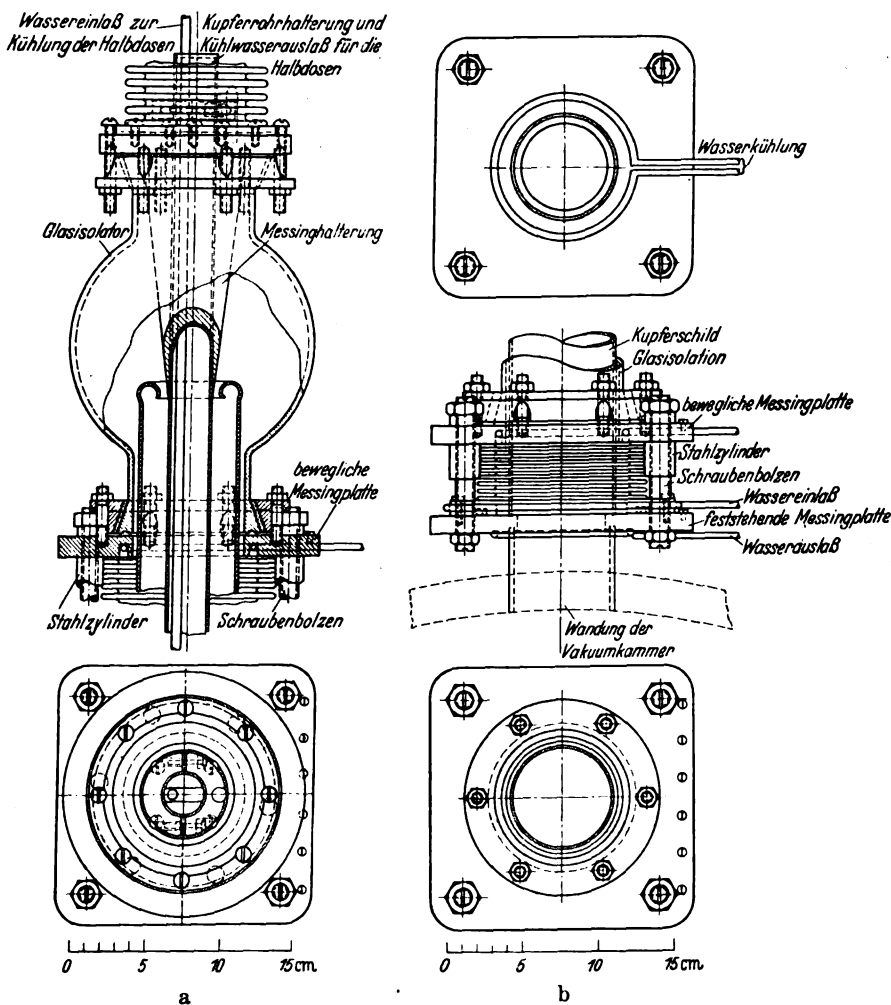


Bild 4. Halterung (a) und Verstellvorrichtung (b) der Halbdosen des Zyklotrons des Franklin-Instituts.

bestrichen. Gekühlt wird mit destilliertem Wasser, das in parallelen Strömen durch die einzelnen Flachspulen gedrückt und seinerseits durch einen besonderen Wasserkühler gekühlt wird. Bei 240 A Erregerstrom erhält

kühlung an den Dosen. Beim Purdue-Zyklotron beträgt die lichte Weite in der Mitte 31,8 mm, vergrößert sich bis zum halben Durchmesser auf 44,5 mm und nimmt dann bis zum Umfang wieder auf 25,4 mm ab. Spannungszuführung und Halterung der Halbdosen beim Franklin-Institut-Zyklotron hält sich im Rahmen des Üblichen. Die Verstellmöglichkeit ist durch Zwischen-

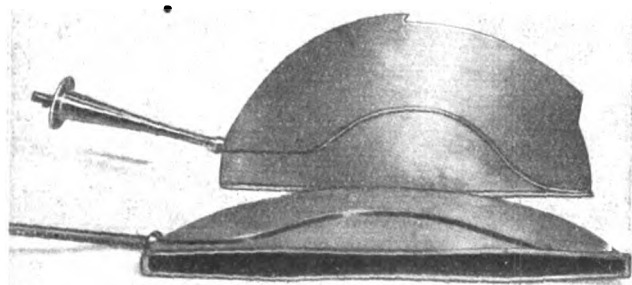


Bild 5. Die Halbdosen des Purdue-Zyklotrons mit ihren konischen Halterungsansätzen.

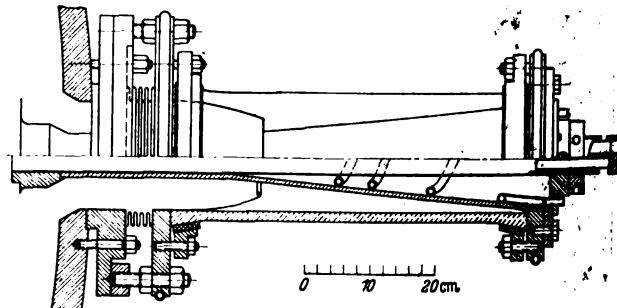


Bild 6. Die Halbdosenhalterung beim Purdue-Zyklotron.

man ein Feld von 16 Kilogauß, bei 360 A ein solches von 18 Kilogauß. Beide Zyklotrone besitzen nicht nur ein im Zentrum verstärktes Magnetfeld, das ein Voreilen der ursprünglich nacheilenden Teilchen zur Folge hat<sup>3)</sup>,

schalten von Federkörpern gegeben. Einzelheiten der Konstruktion sind aus Bild 4 zu entnehmen. Beim Purdue-Zyklotron ist eine andere Lösung der Halterung gefunden; die Halbdosen werden durch konische Ansätze getragen, wie aus Bild 5 und 6 hervorgeht. Als Isolation wird bei beiden Ausführungen Pyrex-Glas verwendet.

<sup>3)</sup> H. A. Bethe und M. E. Rose, Phys. Rev. 52 (1937) S. 1254.

<sup>4)</sup> L. H. Thomas, Phys. Rev. 54 (1938) S. 580 u. 588.

Die Ablenkelektroden

Die Ablenkelektrode in der Vakuumkammer, die den Teilchenstrahl beim Austritt aus dem Elektrodensystem der Halbdosen von der Dosenwand ablenken soll, ist beim Zyklotron des Franklin-Instituts bei einer Länge von 520 mm und einer Breite von 31,8 mm mit einem Halbmesser ausgeführt, der um 76 mm größer ist als derjenige der Halbdosen. An der Austrittsstelle beträgt der Zwischenraum bis zur Dosenkante 6,35 mm. Die Ablenkelektrode ist mit Öl gekühlt, das dem Kühlsystem des Magneten entnommen wird. Zur Ablenkung des Teilchenstrahls wird eine Spannung von 45 kV benötigt, wenn an den Halbdosen eine Hochfrequenzspannung von 70 kV liegt. Für die Ablenkelektrode des Purdue-Zyklotrons fehlen nähere Dimensionierungsangaben. Interessant ist jedoch, daß bei diesem Zyklotron auf eine besondere Kühlung der Ablenkelektrode verzichtet werden kann, was anscheinend nur dadurch erreicht wurde, daß zwischen Ablenkelektrode und Gleichrichter eine Hochfrequenzdrossel geschaltet ist, die den hochfrequenten Anteil in der Ablenkspannung, der kapazitiv von den Halbdosen übertragen wird, sich über einen hohen Widerstand schließen läßt.

Ionenquelle

Sie bestand beim Zyklotron des Franklin-Instituts zunächst in üblicher Weise in einem geheizten, als Doppelspirale gewickelten Wolframdraht, der späterhin durch ein Wolframband ersetzt wurde. Auch wird mit einem Ionenbogen gearbeitet, der eine Abart des von Livingstone<sup>5)</sup> benutzten darstellt, und dessen Heizfaden ebenfalls aus einem Wolframband besteht, da mit einem hochfrequenten Strom von 60 bis 100 A bei 200 kHz geheizt wird. Die Ausbeute dieser Ionenquelle kann erheblich gesteigert werden, wenn man, wie in Bild 7, zwei mit der einen Halbdose verbundene Hilfselektroden

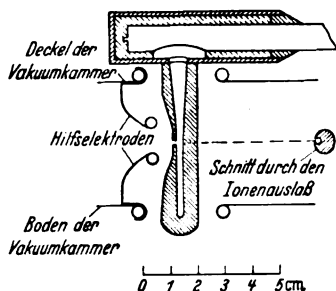


Bild 7. Die verbesserte Ionenquelle des Zyklotrons vom Franklin-Institut.

anbringt, mit deren Hilfe die Ionen aus dem im Mittelpunkt des Zyklotrons befindlichen Auslaßstutzen herausgezogen werden können. Die Wandstärke dieses Ionen-auslasses wird einer weiteren Ausbeutesteigerung wegen möglichst dünn gehalten werden. Um aber die hohe an der Austrittsstelle sich entwickelnde Wärme rasch abführen zu können, muß die Wandung des Auslaßstutzens sehr rasch verdickt werden. Diese Anordnung des Ionenbogens ergibt den schon erwähnten außerordentlich starken Deuteronenstrahl, der mit 30 µA bei 11 MeV in den Außenraum tritt. Die Verfasser glauben die Strahlstärke noch auf 50 µA steigern zu können.

Das Purdue-Zyklotron arbeitet ebenfalls mit einem Niedervoltbogen nach Livingstone, dessen Anordnung Bild 8 zeigt. Der Gasdruck im Bogen liegt bei Verwendung von Helium bei 3 bis 7 · 10<sup>-6</sup> Torr; als Heizelement wird eine mit Oxydschicht bedeckte Platinfolie verwendet. Die mittlere

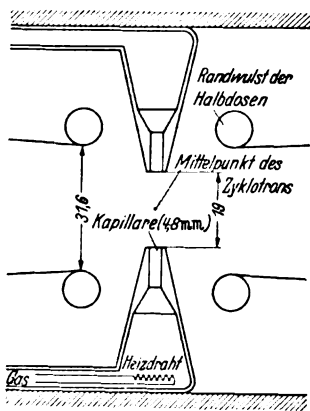


Bild 8. Die Ionenquelle des Purdue-Zyklotrons.

Lebensdauer eines solchen Heizelementes beträgt etwa 25 Stunden.

Der Hochfrequenzkreis

Die Hochfrequenzspannung wird bei beiden Zyklotronen den Halbdosen über ein auf die Viertelwelle abgestimmtes Lechersystem zugeführt, das mit Wasserkühlung versehen und mit einem Hochfrequenzsender gekoppelt ist. Diese Art der Hochfrequenzübertragung, die bereits vom Zyklotron der Columbia-Universität New York her bekannt ist, hat den Vorteil, daß die an den Einführungen in die Vakuumkammer auftretenden Spannungshöchstwerte nur einen Bruchteil derjenigen betragen, die an den Halbdosen auftreten. Die Lecherleitung des Purdue-Zyklotrons ist in Bild 2 sehr schön erkennbar. Das Zyklotron des Franklin-Instituts arbeitet mit 28 kW bei einer Senderspannung von 10 kV und einer Wellenlänge für Deuteronenbeschleunigung von 26 m; dabei tritt an den Halbdosen ein Spannungshöchstwert von etwa 90 kV auf. Das Purdue-Zyklotron weist eine Sendeenergie von 25,5 kV bei einer Senderspannung von 8,5 kV und einer Wellenlänge für Deuteronenbeschleunigung von 27,5 m auf; an den Halbdosen wird ein Spannungshöchstwert von etwa 50 kV gemessen.

Zusätzliche Apparaturen

Zu erwähnen wäre noch, daß die Pumpeinrichtung beim Purdue-Zyklotron beweglich aufgebaut ist, so daß die Vakuumkammer an die Pumpe außerhalb des Magnet-systems angeschlossen werden kann. Außerdem ist es dadurch möglich, Vakuumkammer und Pumpe als Einheit so zu verahren, daß der Teilchenstrahl unter jedem beliebigen Winkel aus dem Magnet auszutreten vermag.

R. Strigel VDE

Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Stoßüberschlagspannung von Stabfunkenstrecken und Isolatoren<sup>1)</sup>

DK 621.315.62.015.52

Diese Arbeit bildet eine vorzügliche Ergänzung der kürzlich in Japan erschienenen Arbeit von Nishi und Nakajima über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die betriebsfrequente Überschlagspannung von Porzellanisolatoren<sup>2)</sup>, indem sie auch für Spannungsstoß (d. h. die 50% Mindest-Stoßüberschlagspannung) entsprechende Messungen an der Kaiserlichen Universität Tokio bringt. Dabei kommt Y. Ishiguro für die positive Stoßspannung zu ganz ähnlichen Ergebnissen, wie F. Fielder und andere Forscher. Die kürzlich durch die IEC bei der Aufstellung internationaler Prüfvorschriften für Hochspannungsisolatoren zur Umrechnung der gemessenen Überschlagspannung auf normale Luftverhältnisse von 11 g/m<sup>3</sup> mitgeteilten Korrekturkurven<sup>3)</sup> werden durch die japanischen Messungen auch für positiven Stoß voll bestätigt. Dagegen kommt Ishiguro für die negative Stoßspannung zu wesentlich anderen Ergebnissen, als die hierüber bisher allein vorliegenden Messungen von F. Fielder<sup>4)</sup>, indem die Einwirkung der absoluten Luftfeuchtigkeit auf die negative Stoßüberschlagspannung für die untersuchten Anordnungen (Spitze — Platte, Stabfunkenstrecke mit quadratischen und runden Stäben, 50 kV-Stützenisolator, fünfgliedrige Kette kleiner Hängeisolatoren) sich teils in einem annähernd konstanten, teils sogar absinkenden Einfluß mit zunehmender Luftfeuchtigkeit äußert. Bei Stützenisolatoren mit ihrem teilweise, insbesondere bei negativer Stoßspannung, längs der Porzellanoberfläche verlaufenden Überschlag spielt außerdem die Temperatur eine ausschlaggebende Rolle, wie dies schon anderweit festgestellt worden war<sup>5)</sup>. Für das ganz verschiedene Verhalten positiver und negativer Stoßspannung, welche noch durch Messungen mit positiver und negativer Gleichspannung an der Versuchsanordnung Spitze — Platte ergänzt wurden, werden von Ishiguro theoretische Erklärungen durch Raumladungsvorgänge gegeben. W. W.

1) Y. Ishiguro, Electrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 147; 5<sup>1)</sup>, S. 14 B.  
 2) ETZ 60 (1939) S. 879.  
 3) ETZ 59 (1938) S. 369, Abb. 8.  
 4) ETZ 57 (1936) S. 1433 u. ETZ 58 (1937) S. 513.  
 5) Vgl. Fußnote 2.

5) M. S. Livingstone, U. G. Holleway und C. P. Baker, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 63.

# Leitsätze für Maßnahmen an Fernmeldeanlagen und an Bahnanlagen mit Gleichrichterspeisung im Hinblick auf gegenseitige Näherungen

VDE-Ausschuß für Schwachstrombeeinflussung

## VDE 0226

Entwurf

Einspruchsfrist: 1. Juni 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

### Inhaltsübersicht

- I. Gültigkeit**
  - § 1. Geltungsbeginn
  - § 2. Zweck der Leitsätze
  - § 3. Geltungsbereich
- II. Begriffserklärungen**
  - § 4. Welligkeit
  - § 5. Frequenzbewertung
  - § 6. Störspannung
  - § 7. Ankopplung
  - § 8. Fernsprechformfaktor
  - § 9. Induzierte Spannungen
  - § 10. Geräuschspannung und Geräusch-EMK
  - § 11. Unsymmetrie, Empfindlichkeitsfaktor
  - § 12. Kabelschutzfaktor
  - § 13. Näherung
  - § 14. Speiseabschnitt
  - § 15. Störungslänge
- III. Maßnahmen gegen Störungen**
  - § 16. Vorbemerkungen
  - A. Allgemeine Maßnahmen bei Neuanlagen**
    - § 17. Störarme Betriebsweisen von Gleichrichteranlagen
    - § 18. Speisung der Fahrleitungen
    - § 19. Leitungssymmetrie, Doppelleitungsbetrieb
- B. Besondere Maßnahmen bei Näherungen**
  - § 20. Leitungsabschluß, Schaltungen mit Erde
  - § 21. Kabelmantelströme
  - § 22. Wahl der Maßnahmen
  - § 23. Zulässige Werte der Geräusch-EMK
  - § 24. Fahr- und Speiseleitungen
  - § 25. Maßnahmen zur Senkung der Geräusch-EMK
  - § 26. Besondere Mittel zur Senkung der Störspannung
- IV. Berechnungsgrundlagen**
  - § 27. Erklärung der Formelzeichen
  - § 28. Zahlenwerte
  - § 29. Selbstinduktivität des Bahnstromkreises
  - § 30. Art der Speisung
  - § 31. Wirksame Näherungslänge
  - § 32. Änderung des Abstandes längs der Näherung
  - § 33. Allgemeine Formel
  - § 34. Formeln für Einzelleitungen
  - § 35. Formeln für Doppelleitungen

### I. Gültigkeit

§ 1

Geltungsbeginn

Diese Leitsätze treten am ..... in Kraft<sup>1)</sup>

§ 2

Zweck der Leitsätze

Die Leitsätze behandeln die Verhütung von Störungen, die durch Bahnanlagen mit Gleichrichterspeisung auf benachbarte Fernmeldeanlagen ausgeübt werden. Eine Fernmeldeanlage gilt als gestört, wenn die in § 23 als zulässig angegebenen Werte der Geräusch-EMK überschritten werden. Die für die Berechnung der Geräusch-EMK nach § 23 erforderlichen Rechnungsgrößen werden unter II „Begriffserklärungen“ erläutert.

§ 3

Geltungsbereich

Diese Leitsätze berücksichtigen nur die Induktionswirkungen der Oberwellen von Bahnen mit Gleichrichterspeisung, nicht aber die Gefährdung, die bei Schaltvorgängen oder Kurzschlüssen infolge der sprunghaften Änderung des Fahrleistungsstromes hervorgerufen werden kann.

### II. Begriffserklärungen

§ 4

Welligkeit

a) Oberwellenspannung ist die einer Gleichspannung überlagerte Wechsellspannung.

<sup>1)</sup> Genehmigt durch .....

DK 621.396.823(083.133.1)

b) Welligkeit der Gleichspannung ist das Verhältnis des Effektivwertes der Oberwellenspannung zur Betriebsspannung des Netzes (vgl. VDE 0176 „Spannungsnormen für Starkstromanlagen über 100 V“).

§ 5

### Frequenzbewertung

a) Die Fernsprechstörwirkung einer Wechsellspannung ist abhängig von ihrer Frequenz. Diese Abhängigkeit wird durch das Störgewicht  $p_f$  der Frequenz  $f$  ausgedrückt, das die Störwirkung bei gleichbleibender Spannung am Hörer kennzeichnet.

b) Das Verhältnis des Störgewichtes  $p_f$  zum Störgewicht  $p_{800}$  der Frequenz 800 Hz stellt die Frequenzbewertung der betreffenden Wechsellspannung dar (vgl. § 6 Störspannung).

c) Tafel I enthält die vom CCIF<sup>2)</sup> angenommenen, zwischenstaatlich gültigen Relativwerte des Störgewichtes  $p_f$ .

Tafel I. Bewertung von Fernsprechstörungen.

1		2	
Frequenz $f$ Hz	Störgewicht $p_f$	Frequenz $f$ Hz	Störgewicht $p_f$
16,7	0,115	1050	1840
50	2,48	1100	1770
60	4,10	1200	1260
100	15,0	1300	795
150	46,0	1400	527
180	80,0	1500	419
200	105	1600	353
300	300	1800	289
400	400	2000	254
500	472	2200	225
600	560	2400	200
700	705	2600	177
800	1000	2800	159
900	1405	3000	141
1000	1840	3500	80
		4000	45
		5000	19

§ 6

### Störspannung

Die Störspannung einer Starkstromleitung entspricht der Spannung der Frequenz 800 Hz, die, an Stelle der Betriebsspannung in der Leitung wirkend, in einer benachbarten Fernspreitleitung die gleiche Störung erzeugen würde wie die Betriebspannung.

Bezeichnet man mit

$U_f$  die Komponente der Frequenz  $f$  in der Betriebsspannung,  $p_f$  das der Frequenz  $f$  zugeordnete Störgewicht (vgl. § 5),  $k_f$  einen Faktor, der die Art der Kopplung der beiden Leitungen und die Betriebsbedingungen der Starkstromleitung berücksichtigt (siehe § 7 b),

so ist die Störspannung  $U_{St}$  gegeben durch:

$$U_{St} = \frac{1}{p_{800}} \sqrt{\sum (k_f p_f U_f)^2}$$

§ 7

### Ankopplung

a) Eine Starkstromleitung mit der Wechsellspannung  $U_f$  und dem Wechselstrom  $I_f$  der Frequenz  $f$  erzeugt in einer beeinflussten Fernmeldeleitung die Spannung  $u_f = 2 \omega M I_f$ , wobei  $M$  die Gegeninduktivität zwischen Starkstrom- und Fernmeldesystem und  $2\pi f$  die Kreisfrequenz  $\omega$  darstellt.

Ist  $Z_f$  der Widerstand des Starkstromsystems für die Frequenz  $f$ , so ist

$$I_f = \frac{U_f}{Z_f} \text{ und } u_f = \frac{\omega M}{Z_f} U_f$$

<sup>2)</sup> Vgl. „Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles“, Edition de Roma 1937, S. 122.

Bei Starkstromnetzen mit rein induktivem Widerstand für die Oberwellenspannung ist

$$Z_f = \omega L,$$

wobei  $L$  die Induktivität des Starkstromsystems darstellt. In diesem Falle ist

$$u_f = \frac{M}{L} U_f.$$

Vernachlässigt man die Frequenzabhängigkeit von  $M$  und  $L$ , so wird  $M/L = \text{konstant}$ . Die Ankopplung ist frequenzunabhängig, die induzierte Spannung ist der Wechselspannung der Starkstromanlage proportional.

Bei Starkstromnetzen mit reinen Wirkwiderständen ist  $Z_f$  unabhängig von  $f$  und unter sonst gleichen Voraussetzungen ( $M$  frequenzunabhängig) ist dann die Ankopplung frequenzproportional.

b) Bei der Bestimmung der Störspannung muß außer dem Störgewicht  $p_f$  auch die Art der Ankopplung berücksichtigt werden durch den Faktor  $k_f$  des § 6. In der Praxis rechnet man nur mit den einfachen Werten für

$$k_f = \frac{f}{800} \text{ oder } k_f = 1 \text{ oder } k_f = \frac{800}{f}$$

und vernachlässigt die Frequenzabhängigkeit von  $M$  und  $L$ .

Bei Straßenbahnen ist im allgemeinen  $k_f = 1$ ; wenn hierbei nur Fernmeldekabel beeinflußt werden, so kann wegen der Schutzwirkung des Mantelstromes  $k_f = 800/f$  sein. — Bei der statischen Einwirkung von Hochspannungsfreileitungen setzt man  $k_f = f/800$ .

Als Gerät zur Messung der Störspannung wird in der Regel ein Geräuschspannungszeiger (Psophometer)<sup>3)</sup> verwendet. Er enthält nur die Bewertung nach  $p_f$ ; der jeweils erforderliche Faktor  $k_f$  wird durch einen geeigneten Spannungsteiler berücksichtigt, über den das Gerät an die Starkstromanlage angeschlossen wird.

#### § 8

##### Fernsprechformfaktor

Fernsprechformfaktor  $F$  ist das Verhältnis der Störspannung  $U_{St}$  zur Betriebsspannung  $U$  der Starkstromleitung:

$$F = \frac{U_{St}}{U}$$

#### § 9

##### Induzierte Spannungen

a) Induzierte Längsspannung ist die Spannung, die eine induktiv beeinflußte Fernmeldeleitung an einem Ende gegen Erde annimmt, wenn das andere Ende geerdet ist und man die Erdkapazität und Ableitung vernachlässigt. Die gesamte Längsspannung ist gleich der Summe der in den einzelnen Längenelementen der Leitung induzierten Längsspannungen. Bei Berücksichtigung von Kapazität und Ableitung erhält man im allgemeinen eine kleinere Spannung gegen Erde.

b) Querspannung ist der Unterschied der in den beiden Zweigen einer Fernmeldedoppelleitung induzierten Längsspannungen.

c) Schleifenspannung ist die zwischen den Enden einer Fernmeldedoppelleitung auftretende Spannung, die sich bei gleichen induzierten Längsspannungen in den beiden Leitungszweigen infolge der Leitungs- und Schaltungsunsymmetrie gegen Erde ausbildet (siehe § 11).

Querspannung und Schleifenspannung lassen sich nicht getrennt messen; sie werden aber getrennt berechnet.

#### § 10

##### Geräuschspannung und Geräusch-EMK

a) Die Geräuschspannung einer Fernsprechleitung entspricht der Spannung von 800 Hz, die, an Stelle der Fremdspeisung im Fernsprechkreis wirkend, die Verständigung in gleichem Maße beeinträchtigen würde wie die Fremdspeisung.

Bezeichnet man mit

$u_f$  die Komponente der Frequenz  $f$  in der Spannung zwischen zwei beliebigen Punkten des Fernsprechkreises und  $p_f$  das der Frequenz  $f$  zugeordnete Störgewicht (siehe § 5), so ist die Geräuschspannung  $u_g$  zwischen diesen beiden Punkten gegeben durch

$$u_g = \frac{1}{p_{800}} \sqrt{\sum (p_f u_f)^2}$$

b) Die Geräusch-EMK  $e_g$  am Ende einer Fernsprechleitung ist das Doppelte der Geräuschspannung, die man an einem reinen Wirkwiderstand von 600  $\Omega$  messen würde, wenn

<sup>3)</sup> Vgl. Europ. Fernsprechdienst 1935, H. 38, S. 23 und „Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles“, Edition de Roma 1937, S. 120.

mit diesem Widerstand die Leitung erforderlichenfalls über einen Anpassungsübertrager am Ende (dem Meßort) abgeschlossen wird; bei dieser Messung ist das andere Leitungsende mit dem Wellenwiderstand der Leitung abzuschließen.

#### § 11

##### Unsymmetrie, Empfindlichkeitsfaktor

a) Wenn Fernsprechleitungen oder die daran angeschlossenen Schaltungen nicht vollkommen symmetrisch gegen Erde sind, können in der Fernsprechdoppelleitung Schleifenspannungen auftreten, selbst wenn die in beiden Adern erzeugten Längsspannungen genau gleich groß sind. Das Verhältnis der scheinbar in der Schleife vorhandenen EMK zu der Längsspannung in jeder Ader wird als „Schaltungsunsymmetrie“ bezeichnet, wenn die Schleifenspannung nur durch Eigenschaften der Schaltung bedingt ist, und als „Empfindlichkeitsfaktor“, wenn sie von den Eigenschaften der Leitung abhängt.

b) Die Schaltungsunsymmetrie ist durch die Eigenschaften der Schaltung bestimmt und in der Regel stark frequenzabhängig. Sie kann für jede Frequenz durch eine Messung ermittelt werden. Wenn das Frequenzspektrum der Längsspannung — oder störenden Anlage — bekannt ist, kann für jede Schaltung eine „äquivalente Schaltungsunsymmetrie“ abgeleitet werden (siehe § 28).

c) Der Empfindlichkeitsfaktor kann für jede Leitung eines Bündels verschieden sein. Er ist u. a. abhängig von der Lage der Näherung zu der beeinflußten Leitung und, wenn auch meist schwächer als die Schaltungsunsymmetrie, von der Frequenz. Besonders bei Freileitungen kann er sich, z. B. infolge von Witterungseinflüssen, schnell und stark ändern. Man kann daher nur aus zahlreichen Messungen Häufigkeitskurven ableiten und den Berechnungen dann einen Wert zugrunde legen, der z. B. von 80% aller Leitungen unterschritten wird.

d) Nach der Begriffsbestimmung ist für jeden Einzelfall (bestimmte Schaltung oder Leitung, bestimmte Frequenz) die scheinbare Schleifen-EMK gleich dem Produkt aus Längsspannung und Schaltungsunsymmetrie oder Empfindlichkeitsfaktor. Die Berechnung der Geräusch-EMK hängt davon ab, ob die Schleifenspannung durch Schaltungsunsymmetrie oder durch Empfindlichkeitsfaktor bedingt ist. Im ersten Falle ist die Geräusch-EMK mit ausreichender Annäherung gleich dem Produkt aus Geräusch-Längsspannung (frequenzbewertete Längsspannung) und äquivalenter Schaltungsunsymmetrie. Im zweiten Falle ergibt das Produkt aus Geräusch-Längsspannung und dem aus der Häufigkeitskurve abgeleiteten Empfindlichkeitsfaktor eine Geräusch-EMK, die entsprechend dem vorstehenden Beispiel im Mittel von 80% der Leitungen nicht erreicht wird.

In der Regel ist die Schaltungsunsymmetrie entweder zu vernachlässigen — bei erdfreien Schaltungen — oder so groß gegenüber dem Empfindlichkeitsfaktor, daß es genügt, nur eine der beiden Größen zu berücksichtigen.

In der Fernsprechtechnik wird außerdem der Begriff der „Erdunsymmetrie“<sup>4)</sup> einer Leitung gebraucht. Sie ist eine Art Empfindlichkeitsfaktor, jedoch für einen zwar meßtechnisch einfachen und leicht herzustellenden, aber im Betriebe nicht vorkommenden Beeinflussungsfall. Die Messung der Erdunsymmetrie hat daher nur den Zweck, den baulichen Zustand der Leitungen zu überwachen. Die gemessenen Werte können dagegen nicht benutzt werden, um die zu erwartenden Störungen vorzuberechnen.

#### § 12

##### Kabelschutzfaktor

Kabelschutzfaktor ist das Verhältnis der in einer Kabelader induzierten Längsspannung zu der Spannung, die in der Ader auftreten würde, wenn die Ausbildung eines Mantelstromes vollkommen unterbunden wäre (siehe §§ 27 und 28).

#### § 13

##### Näherung

Näherung im Sinne dieser Leitsätze ist ein Nebeneinanderlaufen einer Fernsprechleitung und einer Fahr- oder Speiseleitung auf einer solchen Länge und in einem solchen Abstand, daß durch die magnetischen Felder der Fahr- und Speiseleitung in der Fernsprechleitung mit technischen Mitteln nachweisbare Spannungen erzeugt werden können.

#### § 14

##### Speiseabschnitt

Speiseabschnitt ist bei einseitiger Fahrleitungsspeisung der Abschnitt der Fahrleitung zwischen dem Speisepunkt und dem Ende der gespeisten Strecke, bei zweiseitiger Speisung je die Hälfte des zwischen zwei benachbarten Speisepunkten liegenden Abschnittes der Fahrleitung.

<sup>4)</sup> Vgl. Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 23 (1934) H. 12, S. 311, und „Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles“, Edition de Roma 1937, S. 139, § 88.

## § 15

## Störungslänge

Störungslänge ist die Länge des größten, keine Schleifenkreuzungen enthaltenden Abschnitts einer Fernsprechdoppelleitung (Freileitung), der bei dem angewendeten Kreuzungsverfahren vorkommen kann<sup>5)</sup>.

Sie ist größer als die Länge eines Kreuzungsabschnitts, das ist der dem Kreuzungsverfahren zugrunde liegende Abstand zweier Kreuzungsgestänge.

## III. Maßnahmen gegen Störungen

## § 16

## Vorbemerkungen

Fernmeldeanlagen sollen zur Verhütung von Störungen möglichst symmetrisch gebaut und betrieben werden; beim Entwurf und Betrieb von Bahnanlagen ist auf die Erzielung einer möglichst kleinen Störspannung zu achten; der Abstand zwischen Anlagen beider Art soll möglichst groß sein. Im einzelnen sind die folgenden Bestimmungen dieses Abschnittes zu berücksichtigen.

## A. Allgemeine Maßnahmen bei Neuanlagen

## § 17

## Störrarme Betriebsweisen von Gleichrichteranlagen

a) Bahnanlagen sollen so gebaut und betrieben werden, daß die Störwirkungen möglichst gering sind, soweit dies ohne wesentliche Verteuerung der Anlagen oder Nachteile im Betriebe geschehen kann. Schaltungen und Betriebsweisen, die besonders starke Störungen verursachen können, sind auf alle Fälle zu vermeiden.

Zur Erzielung kleiner Störspannungen empfiehlt es sich, die Zahl der Phasen der Gleichrichter möglichst hoch zu wählen. Sollen Gleichrichter innerhalb eines Werkes oder über solche Verbindungsleitungen, die durch ihre Anordnung oder infolge der örtlichen Verhältnisse keine Störungen verursachen können, parallel arbeiten, so werden die Gleichrichtertransformatoren zweckmäßig mit verschiedenen Schaltgruppen gemäß § 14 von VDE 0555/1936 „Regeln für Stromrichter“ ausgeführt, um eine Gegenphasigkeit der Oberwellenspannung zu bewirken.

Die Störspannung von Gleichrichtern kann auch vermindert werden durch Parallelarbeiten mit umlaufenden Maschinen und Sammlerbatterien im gleichen Werk oder über nicht störfähige Verbindungsleitungen.

b) Ist ein Parallelbetrieb von Gleichrichterwerken untereinander über Fahr- und Speiseleitungen, die Störungen nicht ausschließen, beabsichtigt, so sollen die Gleichrichtertransformatoren gleiche Schaltgruppen gemäß § 14 von VDE 0555/1936 erhalten, um die Oberwellenspannung möglichst phasengleich zu machen. Werden die Gleichrichterwerke aus nicht synchronen Drehstromnetzen gespeist, so ist ein Parallelbetrieb möglichst zu vermeiden, es sei denn, daß die Störspannung der Gleichrichter ausreichend gesenkt wird (siehe § 26).

## § 18

## Speisung der Fahrleitungen

Ohne zwingenden Grund sollen die Fahrleitungen nicht von anderen als den planmäßig vorgesehenen Werken gespeist werden. Störungen, die zu einer vorübergehenden anderweitigen Speisung zwingen, sind mit größter Beschleunigung zu beseitigen.

## § 19

## Leitungssymmetrie, Doppelleitungsbetrieb

a) Fernsprechleitungen sind als Doppelleitungen herzustellen. Diese Bestimmung gilt nicht für Meldeleitungen.

b) Bei Fernsprechdoppelleitungen sollen die beiden Leitungsarme nach Stoff und Stärke der Drähte vollkommen übereinstimmen. Widerstandsunterschiede in den eingeschalteten Stromsicherungen sind nur bis  $\pm 10\%$  zulässig. Feste oder lösbare Verbindungen an den Leitungen und Einrichtungen sind so herzustellen und zu unterhalten, daß keine für die Sprechströme schädlichen Übergangswiderstände (Kontaktfehler) die Symmetrie stören. Die Ableitung soll möglichst gering und in den beiden Leitungsarmen möglichst gleich sein. Diese Bestimmung gilt sinngemäß auch für Fernsprechvierer.

c) Die Erdunsymmetrie von Freileitungen soll  $2\%$  nicht überschreiten.

d) Für sorgfältige Unterhaltung und schnellste Beseitigung von Fehlern, insbesondere von Ableitungen, in den Anlagen ist Sorge zu tragen.

e) Die Länge eines Kreuzungsabschnitts soll nach Möglichkeit nicht größer als 1 km sein.

## § 20

## Leitungsabschluß, Schaltungen mit Erde

In Sprechstellung geerdete, gegen Erde unsymmetrisch geschaltete Apparate und Einrichtungen sollen an Fernsprech-

5) Vgl. Pinkert, Telegr.-u. Fernspr.-Techn. 8 (1919) Sonderheft 1, S. 108.

leitungen für den Fernverkehr nur mit Übertragern abgeschlossen werden.

Auch Fernsprechleitungen für den Schnellverkehr und für Netzgruppen sind nach Möglichkeit in gleicher Weise zu behandeln.

## § 21

## Kabelmantelströme

Bei Kabeln ist es mit Rücksicht auf die Schutzwirkung des Kabelmantelstromes bei induktiver Beeinflussung zweckmäßig, den Bleimantel und die Bewehrung gut leitend durchzuverbinden. Allerdings kann hierdurch die Gefahr einer elektrolytischen Korrosion des Bleimantels erhöht werden.

## B. Besondere Maßnahmen bei Näherungen

## § 22

## Wahl der Maßnahmen

Wenn beim Bau einer neuen Bahn mit Gleichrichterspeisung oder beim Übergang zu dieser Speisung Störungen von Fernmeldeanlagen zu erwarten sind, so sind rechtzeitig — grundsätzlich vor Inbetriebnahme der Bahnanlagen oder vor dem Übergang auf die neue Betriebsart — im Einvernehmen der Beteiligten diejenigen Maßnahmen zu treffen, die die technisch, betrieblich und wirtschaftlich beste Gesamtlösung bilden; dabei soll innerhalb technischer und wirtschaftlicher Grenzen nach Möglichkeit auf spätere Näherungen Rücksicht genommen werden.

Entsprechend ist bei Errichtung von Fernmeldeanlagen zu verfahren.

## § 23

## Zulässige Werte der Geräusch-EMK

a) Störungen sind zu erwarten, wenn die Geräusch-EMK  $e_g$  nach den Vorausberechnungen gemäß §§ 33 bis 35 für Verbindungen mit einer Betriebsdämpfung von 3 Neper einen Wert von 5 mV übersteigt. In Verbindungen mit einer von 3 Neper abweichenden Dämpfung  $b$  ist der zulässige Höchstwert in mV

$$e_g = 5 e^{3-b}$$

wobei  $e$  die Basis der natürlichen Logarithmen ist. Danach beträgt z. B. bei einer Verbindung mit einer Dämpfung  $b = 1$  die zulässige Geräusch-EMK 37 mV, bei einer Verbindung mit einer Dämpfung  $b = 2$  rd. 13 mV.

Die Betriebsdämpfung der Verbindung ist hierbei im allgemeinen größer als die der beeinflussten Leitung, die häufig nur einen Teil der Verbindung bildet.

b) Für die Fernsprechleitungen der Deutschen Reichspost gilt einheitlich der Grenzwert 5 mV, da alle diese Leitungen Teile von Verbindungen mit einer Betriebsdämpfung von 3,3 Neper sein können.

c) Für Meldeleitungen können höhere Werte vereinbart werden.

## § 24

## Fahr- und Speiseleitungen

a) Da die Fahrleitungen in der Regel von mehreren Punkten aus gespeist werden, fließen in ihnen die Ströme z. T. in entgegengesetzter Richtung; infolgedessen heben sich die Induktionswirkungen auf benachbarte Fernsprechleitungen, die im Bereich mehrerer Speiseabschnitte verlaufen, bis zu einem gewissen Grade auf. Aus diesem Grunde wird angenommen, daß solche Fernsprechleitungen in ihrer Gesamtlänge nicht stärker beeinflusst werden als dem am stärksten induzierenden Speiseabschnitt entspricht. Bei der Prüfung geplanter Näherungen genügt es daher, jeden Speiseabschnitt für sich ohne Zusammenhang mit anderen Speiseabschnitten zu behandeln.

b) Bei Parallelbetrieb von Gleichrichtern mit einem entfernten Werk, in dem umlaufende Maschinen oder Sammler oder beides aufgestellt sind, ist dagegen bei der Berechnung die gesamte Länge der Leitungen zwischen beiden Werken einzusetzen (siehe § 30).

c) Bei der Prüfung der Näherungen sind neben den Fahrleitungen auch die Gleichstrom-Speiseleitungen zu berücksichtigen. Um bei etwaigen späteren Änderungen der Speisepunkte usw. nachträgliche Schwierigkeiten zu vermeiden, ist es zweckmäßig, den Berechnungen die ungünstigste mögliche Speisung zugrunde zu legen.

## § 25

## Maßnahmen zur Senkung der Geräusch-EMK

a) Ergeben die Berechnungen (siehe §§ 33 bis 35), daß die Geräusch-EMK die zulässigen Werte nach § 23 übersteigen, so sind im Rahmen des § 22 Maßnahmen zu einer ausreichenden Verminderung der Geräuschspannung vorzuschlagen. Welche Maßnahmen im einzelnen zu treffen sind, läßt sich nicht allge-

mein angeben. Bei neu zu bauenden Bahnanlagen ist jedenfalls zunächst zu ermitteln, ob sich durch geeignetere Planung, d. h. durch Vergrößerung der Abstände oder Verkürzung der Näherungslängen, eine ausreichende Verminderung der Geräuschspannung erzielen läßt.

b) Eindrängige Freileitungen wird man in der Regel verlegen oder zu Doppelleitungen ausbauen, eindrängige Kabeladern, wenn möglich, durch Doppeladern ersetzen.

c) Bei zu erwartenden Störungen von oberirdischen Doppelleitungen, die mit erdfreien oder erdsymmetrischen Schaltungen betrieben werden, ist zunächst zu untersuchen, ob in einfacher Weise, z. B. durch andere Speisung der Näherungsstrecke oder durch Verkürzung der Störungslänge oder u. U. durch gleichzeitige Anwendung mehrerer derartiger Maßnahmen, eine ausreichende Verminderung der Geräuschspannung erzielt werden kann. Ist dies nicht möglich, so ist entweder die Störspannung ausreichend zu senken oder die Fernsprechlinie ist zu verlegen oder zu verkabeln.

d) Ist eine Störung von Freileitungen oder Kabeln, an die unsymmetrische Schaltungen angeschlossen sind, zu befürchten, so sind fernmeldeseitig folgende Maßnahmen möglich:

1. Der Ersatz der unsymmetrischen Schaltungen durch symmetrischere oder vollsymmetrische.
2. Die Verwendung von Kabeln mit besonders guter Schutzwirkung (siehe § 28).

e) Bahnseitig mögliche Maßnahmen sind eine andere Art der Speisung der Näherungsstrecke oder dgl. oder Senkung der Störspannung.

§ 26

Besondere Mittel zur Senkung der Störspannung

a) Falls die in § 17 angegebenen Maßnahmen nicht durchführbar sind, kann die Störspannung von Gleichrichtern mit Hilfe von Glättungseinrichtungen gesenkt werden. Sie bestehen im allgemeinen aus einer Glättungsdrosselspule und einem oder mehreren Resonanzkreisen oder Kondensatoren, die für die Oberwellenspannungen einen Kurzschluß darstellen.

b) Die Wirkung von Glättungseinrichtungen ist gekennzeichnet durch das Glättungsmaß, d. h. durch das Verhältnis der Störspannungen beim Betrieb des Gleichrichters ohne und mit Glättungseinrichtungen.

c) Das erforderliche Glättungsmaß ist durch die jeweils vorliegenden Beeinflussungsverhältnisse bedingt.

d) Die Sicherheit von Gleichrichteranlagen darf durch den Einbau von Glättungseinrichtungen nicht herabgesetzt werden. Die Kondensatoren sind für die betriebsmäßig auftretende Gleichspannung zu bemessen. Sie müssen insbesondere auch der Dauerbelastung durch den Oberwellenstrom gewachsen sein. Beim Ausschalten der Anlagen sollen sich die Kondensatoren selbsttätig entladen.

e) Der Wirkungsgrad von Gleichrichteranlagen darf durch Glättungseinrichtungen praktisch nicht verschlechtert werden (die Verluste der Glättungseinrichtungen sind anzugeben).

IV. Berechnungsgrundlagen

§ 27

Erklärung der Formelzeichen

Für die Berechnung der Leitungsgeräusche werden im folgenden die nachstehenden Formelzeichen verwendet:

- $U$  Betriebsspannung des Netzes (siehe § 4),
- $F$  Fernsprechformfaktor der Spannung (siehe § 8),
- $\omega L$  induktiver Widerstand des Bahnstromkreises für die Bezugsfrequenz (im allgemeinen  $\omega = 5000$ ) (bezüglich  $L$  siehe § 29),
- $e_g$  Geräusch-EMK [siehe § 10 b) und 23],
- $m_e$  Gegeninduktivität zwischen zwei Einfachleitungen (siehe § 28),
- $m_d$  Gegeninduktivität zwischen einer Einfachleitung und einer Doppelleitung (siehe § 28),
- $p$  Senkungsfaktor für Schienenstrom (siehe § 28),
- $r$  Senkungsfaktor für Kabelmantelstrom (Kabelschutzfaktor) (siehe §§ 12 und 28),
- $l, l'$  } wirksame Näherungslängen (siehe § 31),
- $k_u$  Schaltungsunsymmetrie oder Empfindlichkeitsfaktor [siehe §§ 11 und 28 d)].

§ 28

Zahlenwerte

In den nachstehenden Formeln ist mit folgenden mittleren Zahlenwerten zu rechnen, sofern keine genaueren Werte vorliegen:

a) Fernsprechformfaktor  $F$ :<sup>6)</sup>

- Dreiphasengleichrichter . . . . . 0,06
- Sechshephasengleichrichter . . . . . 0,03
- Zwölfphasengleichrichter . . . . . 0,015

(alle Gleichrichter ohne Gittersteuerung).

Vergleichsweise betragen die Fernsprechformfaktoren von

- Generatoren . . . . . 0,0025
- Einankerumformern . . . . . 0,005
- Kaskadenumformern . . . . . 0,01.

b) Gegeninduktivität  $m_e$  und  $m_d$ .

Die Gegeninduktivität  $m_e$  in  $\mu\text{H}/\text{km}$  zwischen Einfachleitungen mit Rückleitung über Erde und die Gegeninduktivität  $m_d$  zwischen einer Einfachleitung mit Rückleitung über Erde und einer Doppelleitung von 0,5 m Schleifenbreite, beide für 800 Hz und eine Bodenleitfähigkeit<sup>7)</sup> von  $3 \cdot 10^{-6}$  S/cm sind in Tafel II zusammengestellt.

Tafel II. Gegeninduktivitätswerte.

1			2			3		
Abstand m	$m_e$ $\mu\text{H}/\text{km}$	$m_d$ $\mu\text{H}/\text{km}$	Abstand m	$m_e$ $\mu\text{H}/\text{km}$	$m_d$ $\mu\text{H}/\text{km}$	Abstand m	$m_e$ $\mu\text{H}/\text{km}$	$m_d$ $\mu\text{H}/\text{km}$
	5	900		20,0	160		245	0,538
6	861	16,7	200	208	0,405	250	173	0,308
7	832	14,3	300	147	0,244	350	125	0,193
8	807	12,5	400	107	0,157	450	—	0,130
9	785	11,1	500	81,0	0,116	600	62,0	0,080
10	763	10,0	600	48,1	0,060	700	48,1	0,060
12	729	8,33	800	37,5	0,046	900	29,5	0,035
14	699	7,15	1000	23,5	0,026	1000	23,5	0,026
16	673	6,25	1200	15,7	0,015	1200	15,7	0,015
18	651	5,55	1400	11,2	0,009	1400	11,2	0,009
20	631	5,00	1600	8,25	0,006	1600	8,25	0,006
25	588	4,00	1800	6,38	0,004	1800	6,38	0,004
30	551	3,33	2000	5,20	0,003	2000	5,20	0,003
35	523	2,86	2500	3,40	0,001	2500	3,40	0,001
40	498	2,50	3000	2,36	—	3000	2,36	—
45	477	2,21	3500	1,73	—	3500	1,73	—
50	456	1,97	4000	1,32	—	4000	1,32	—
60	423	1,62	5000	0,84	—	5000	0,84	—
70	395	1,36						
80	370	1,19						
90	349	1,04						
100	328	0,930						
120	296	0,750						
140	267	0,625						

c) Senkungsfaktoren für Schienen- und Kabelmantelstrom  $p$  bzw.  $r$ .

Der Faktor  $p$  ist bei Bahnanlagen

- mit dritter Schiene . . . . . 0,2,
- mit Oberleitung . . . . . 0,5,

unter der Voraussetzung, daß die Schienen durch Schweißung oder durch besondere Schienenverbinder gut leitend durchverbunden werden, andernfalls ist  $p = 1$ .

Der Faktor  $r$  (Kabelschutzfaktor) beträgt im Mittel bei 800 Hz für

- unbewehrte Kabel . . . . . 0,4
- flachdrahtbewehrte Kabel . . . . . 0,2
- bandbewehrte Kabel . . . . . 0,1.

Hierbei ist angenommen, daß Kabelmantel und Bewehrung entsprechend § 21 gut leitend durchverbunden sind, andernfalls ist  $r = 1$ .

d) Unsymmetrie.

Bei erdfreien und erdsymmetrischen Schaltungen sowie bei Schaltungen, die durch Übertrager angeschlossen sind, sollen für  $k_u$  folgende Werte eingesetzt werden

- bei Kabelleitungen . . . . . 0,001
- bei Freileitungen . . . . . 0,025.

Bei erdsymmetrischen Schaltungen<sup>8)</sup>, die an die Leitung (Freileitung oder Kabel) unmittelbar angeschaltet werden, sind für  $k_u$  die Werte nach Tafel III einzusetzen.

<sup>6)</sup> „Directives concernant la protection des lignes de telecommunication contre les actions nuisibles des lignes electriques industrielles“, Edition de Roma 1937, S. 52.

<sup>7)</sup> Bei abweichender Bodenleitfähigkeit sind die Beeinflussungs-Leitsätze des CCIF anzuwenden („Directives concernant la protection de lignes de telecommunication contre les actions nuisibles des lignes electriques industrielles“).

<sup>8)</sup> Siehe ETZ 45 (1924) H. 18, S. 427 und Elektr. Bahnen 4 (1928) Ergänzungsheft S. 29.



Tafel III. Werte der Schaltungsunsymmetrie (Empfindlichkeitsfaktor)  $k_u$ .

1 An der Schaltung	2 3 Faktor $k_u$	
	bei 6-Phasen- Gleichrichtern	bei 12-Phasen- Gleichrichtern
1. Apparate mit geringer Symmetrie	1 ... 2	0,2 ... 1
2. Apparate mit erhöhter Symmetrie	0,15	0,05
3. Übertragungen	0,15	0,05

§ 29

Selbstinduktivität des Bahnstromkreises

a) Die Selbstinduktivität des Bahnstromkreises besteht aus der Selbstinduktivität der Leitungen einschließlich Rückleitungen und der der Fahrzeugmotoren.

- b) Die Selbstinduktivität der Leitungen beträgt etwa für Speisekabel mit durchverbundenem Bleimantel . . . . . 500  $\mu\text{H}/\text{km}$ ,  
 Speisekabel mit unterbrochenem Bleimantel . . . . . 2000 „  
 Stromschienen . . . . . 1000 „  
 oberirdische Fahrleitungen und oberirdische Speiseleitungen längs der Gleise . . . . . 1500 „  
 oberirdische Speiseleitungen abseits der Gleise . . . . . 2000 „

Dabei ist die Verringerung der Induktivität durch den Einfluß von Schienen und Mantel berücksichtigt. Die Werte gelten für ein- und mehrgleisige Strecken.

c) Die Selbstinduktivität der Motoren eines Fahrzeugs soll bis zu einer Betriebsspannung von 1000 V mit 5000  $\mu\text{H}$  angenommen werden. Für höhere Betriebsspannungen sind 2000  $\mu\text{H}$  je 1000 V zuzuschlagen. Befinden sich auf den Gleisen eines Speiseabschnittes planmäßig mehrere Fahrzeuge, so ist der so ermittelte Wert für die Selbstinduktivität eines Fahrzeuges durch die Zahl der Fahrzeuge des Speiseabschnittes zu teilen. Bei zweigleisigen Strecken ist mit mindestens 2 Fahrzeugen je Speiseabschnitt zu rechnen.

§ 30

Art der Speisung

a) Bei einseitiger Speisung sind die Fahrzeuge am Ende der wirksamen Näherungslänge  $l$  (siehe § 31) vom speisenden Werk aus gerechnet anzunehmen. Als Länge der Fahr- und Speiseleitungen gilt also die Entfernung vom speisenden Werk bis zum Endpunkt von  $l$ .

Falls sich für  $e_g$  ein größerer Wert ergibt, wenn nur bis zum Endpunkt der dem Speisepunkt nächsten Störungslänge gerechnet wird, so gilt dieser Wert.

b) Bei zweiseitiger Speisung ist zwischen Werken gleicher und Werken verschiedener (auch verschiedenphasiger und asynchroner) Oberwellen zu unterscheiden. Im Falle gleicher Oberwellen ist jeder Speiseabschnitt für sich zu untersuchen; die Fahrzeuge sind, wie bei einseitiger Speisung, am Ende von  $l$  anzunehmen. Die Länge der Fahr- und Speiseleitungen ist, in jedem Speiseabschnitt für sich, ebenso wie bei einseitiger Speisung zu ermitteln.

c) Bei verschiedenphasigen oder asynchronen Oberwellen spielt die Induktivität und die Stellung der Fahrzeuge keine Rolle. Zur Ermittlung der Störungen an Fernsprechleitungen, die auf der ganzen Länge durchlaufen, ist als Induktivität der Fahr- und Speiseleitungen die Gesamtinduktivität zwischen beiden Werken, als Störspannung die Summe der beiden Störspannungen einzusetzen.

In gleicher Weise ist auch zu verfahren für Fernsprechleitungen, die zwar nicht auf der ganzen Länge durchlaufen, bei denen aber der Mittelpunkt der Entfernung zwischen den beiden Werken in die Näherung fällt. Für andere Leitungen ist wie bei einseitiger Speisung zu rechnen.

§ 31

Wirksame Näherungslänge

Als wirksame Näherungslänge  $l$ , durch die der von  $m_e$  herrührende Teil der Geräusch-EMK (siehe § 33) bestimmt wird, ist die gesamte Näherungslänge innerhalb eines Speiseabschnittes einzusetzen. Ist diese Länge  $l$  kleiner als die Störungslänge (siehe § 15), so ist auch die wirksame Näherungslänge  $l'$ , die den von  $m_d$  herrührenden Teil der Geräusch-EMK bestimmt, gleich  $l$ .

Andernfalls ist  $l$  ein zusammenhängendes Stück der Näherung von einer Länge gleich der Störungslänge, das innerhalb des Speiseabschnittes von der Fernsprechleitung beliebig angegriffen wird.

§ 32

Änderungen des Abstandes längs der Näherung

a) Ändert sich innerhalb einer Näherung oder eines Teiles davon der Abstand beliebig oft, jedoch so, daß er nirgends kleiner wird als  $\frac{1}{3}$  des größten Abstandes innerhalb dieser Näherungen, so ist die Näherung — oder der Teil — durch eine Näherung gleichbleibenden Abstandes gleich dem geometrischen Mittel<sup>9)</sup> aus größtem und kleinstem Abstand zu ersetzen. Sind die Änderungen größer als  $\frac{1}{3}$  des größten Abstandes, so ist die Näherung zu unterteilen. Dabei sind schräge Näherungen, d. h. Näherungen, bei denen der Abstand sich gleichmäßig ändert, durch Näherungen gleichbleibenden Abstandes gleich dem geometrischen Mittel aus Anfangs- und Endabstand zu ersetzen. Wenn das Verhältnis von Anfangs- und Endabstand größer ist als 3 zu 1, so ist die schräge Näherung zunächst in entsprechende Teilstrecken zu zerlegen und jede einzelne Teilstrecke durch eine Näherung gleichbleibenden Abstandes zu ersetzen. Auch wenn sich ein anderes Bestimmungsstück längs der Näherung ändert, ist die Näherung entsprechend zu unterteilen.

b) Die Geräusch-EMK ergibt sich dann als Summe der für die einzelnen Teilstrecken innerhalb des zu berücksichtigenden Bereiches berechneten Geräusch-EMKe.

§ 33

Allgemeine Formeln

a) Die Geräusch-EMK wird berechnet als das Produkt von Störstrom und gesamter Gegeninduktanz zwischen Bahn- und Fernsprechleitung.

b) Als Störstrom wird dabei der Quotient von Störspannung  $UF$  und gesamtem Blindwiderstand  $\omega L$  des Bahnstromkreises bezeichnet.

c) Die gesamte Gegeninduktanz ist im allgemeinen Fall die Summe von Gegeninduktanz zwischen Bahn- und Fernsprechdoppelleitung ( $\omega l' m_d$ ) und von einem Bruchteil der Gegeninduktanz zwischen Bahn- und Einzelleitung ( $k_u \omega l m_e$ ), wobei der Faktor  $k_u$  die Schaltungsunsymmetrie oder den Empfindlichkeitsfaktor bedeutet [siehe § 28 d)]. Hierzu kommen noch die Senkungsfaktoren für Schienen- und Kabelmantelstrom [ $\rho$  und  $r$  siehe § 28 e)]. Die allgemeine Gleichung hat daher die Form:

$$e_g = e_{g1} + e_{g2}$$

$$e_{g1} = \frac{UF}{\omega L} \omega l' m_d \rho r$$

$$e_{g2} = \frac{UF}{\omega L} k_u \omega l m_e \rho r$$

$e_{g1}$  bezieht sich auf die Querspannung,  $e_{g2}$  auf die Schleifen-spannung.

§ 34

Formeln für Einzelleitungen

Zur Berechnung der Geräusch-EMK bei Einzelleitungen dienen folgende Formeln:

bei Freileitungen

$$e_g = \frac{UF}{L} l m_e \rho$$

bei Kabelleitungen

$$e_g = \frac{UF}{L} l m_e \rho r$$

§ 35

Formeln für Doppelleitungen

Zur Berechnung der Geräusch-EMK bei Doppelleitungen dienen folgende Formeln:

bei Freileitungen

$$e_g = \frac{UF}{L} (l' m_d + k_u l m_e) \rho$$

bei Kabelleitungen

$$e_g = \frac{UF}{L} k_u l m_e \rho r$$

Bei erdfrei oder erdsymmetrisch betriebenen Doppelleitungen ist  $k_u$  der Empfindlichkeitsfaktor der Leitung, bei Doppelleitungen mit erdunsymmetrischen Schaltungen ist  $k_u$  die Schaltungsunsymmetrie.

<sup>9)</sup> In diesem Falle praktisch gleich dem arithmetischen Mittel.

## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.57.064.25

**Eine neue Form eines ölarmen Leistungsschalters für 132 kV.** [Nach Electrician 122 (1939) S. 530; 1 S., 2 B.; C. H. Flurschein, Engineer, Lond. 167 (1939) S. 492; 2 S., 7 B.]

Nachdem man auf dem Festland schon seit einer Reihe von Jahren von der alten Form des Ölschalters mit großem Ölvolume abgekommen ist, bei dem das Öl außer der Lichtbogenlöschung auch die Aufgabe der Isolation gegen Erde und u. U. auch zwischen den Phasen zu übernehmen hatte, wird nunmehr auch eine englische Bauform der ölarmen Schaltertype bekannt. Der Schalter unterscheidet sich jedoch grundsätzlich von den bisher gebauten ölarmen Typen. Im wesentlichen besteht er aus je einer Durchführung je Phase, welche liegend angeordnet ist und auf beiden Seiten Porzellanüberwürfe hat<sup>1)</sup>. Der wesentliche Vorteil des Schalters besteht darin, daß außerordentlich kurze Auslösezeiten erreicht werden. Die Eigenzeit des Schalters (von Kommandogabe bis Kontakttrennung) liegt bei ungefähr 0,035 s. Hinzu kommt eine Lichtbogendauer von 1 bis 2 Halbwellen, im kleinen Strombereich maximal 3 Halbwellen (bei 50 Hz), so daß die Lichtbogenlöschung spätestens nach  $6\frac{1}{2}$  Halbwellen = 0,065 s beendet ist. Um solche Zeiten zu erreichen, ist, wie das von amerikanischen Schaltern her bekannt ist, ein besonders starker Antrieb erforderlich. So arbeitet der Druckluftantrieb für einen dreipoligen Schalter mit einem Luftdruck von 11 at und muß dabei ein Arbeitsvermögen von rd. 1500 mkg aufbringen.

Die drei Pole eines Schalters werden auf einer gemeinsamen Brücke befestigt, welche an zwei Säulen mittels eines Hilfsmotors auf und ab bewegt werden können. In der obersten Stellung fährt jeder Schalterpol in zwei Kontakte ein, während er in einer Mittelstellung vom Stromkreis isoliert ist und zum Zwecke der Überholung ganz nach unten herab-

ordentlich kurze Eigenzeit wird erkauft durch einen großen Aufwand beim Antrieb des Schalters. Die oben angeführte mechanische Energie, die im wesentlichen zur Erzeugung des Öldruckes verbraucht wird, läßt sich nur schwer mit einem elektrischen Antrieb aufbringen. Da Druckluft verwendet wird, ist der Schalter auch beim Ausschalten abhängig vom Vorhandensein der Druckluft und muß daher beim Fehlen derselben verriegelt werden. Durch die waagerechte Lage des Durchführungsisolators ist weiterhin die Gefahr der Kriechstrombildung infolge Ablagerung des im Öle erzeugten Rußes gegeben. Bei allen anderen bekannten ölarmen Schaltern ist aus diesem Grunde eine senkrechte Lage der Kammerisolation gewählt worden. Die Durchführung bietet an sich den Vorteil, daß bequem Stromwandler im Schalter eingebaut werden können. Dagegen ist die Isolierung gegen Erde empfindlicher als bei einem auf normale Stützer aufgebauten Schalter.) W. Kn.

DK 621.316.54.064.25

**Höchstspannungs-Ölschalter.** [Nach Engineering 148 (1939) S. 709; 2 S., 4 B.]

Für die Unterstationen Lydney und Littlebrook der Central Electricity Board sind ölarme Leistungsschalter für eine Betriebsspannung von 132 kV entwickelt worden, deren Lichtbogenlöschrichtung sich an Vorbilder der amerikanischen Praxis anlehnt. Nach Angabe des Herstellers soll die Löschung durch fremderzeugte Ölströmung erfolgen und daher bei allen Strömen gleich sein. Da aber zwei Unterbrechungsstellen in Reihe liegen, wird bei hohen Strömen eine selbsterzeugte Ölströmung die Lichtbogenlöschung vorwiegend übernehmen. Von Interesse ist an den beschriebenen Schaltern die Art der Ausführung des Leistungsschalterteiles und die Anordnung der mit diesem in Reihe liegenden Lufttrennstrecke.

Bild 1 zeigt einen Pol im Schnitt. In einer Porzellandurchführung *a* mit mittlerem geradem Teil *b*, der den druckluftgesteuerten Antriebsmechanismus *c* trägt, ist eine Kondensatordurchführung *d* angebracht. Im Innenrohr dieser Durchführung wird das bewegliche Schaltstück *e* geführt. Über der Mitte der Kondensatordurchführung sind Stromwandler *f* vorgesehen. An einer Seite der Porzellandurchführung (im Bild rechts) befindet sich die Unterbrechkammer *g*, die von einem Hartpapierrohr *h* getragen wird. Die Kammer enthält zwei Unterbrechungsstellen, die Hauptunterbrechung *i* und die Hilfsunterbrechung *k*. Oberhalb von beiden sind Strömungskanäle *l* für das Öl angeordnet.

Bei der Ausschaltbewegung wird durch den Druckluftkolben *m* der bewegliche Schaltstift in das Innenrohr der Kondensatordurchführung hineingezogen und die Trennung der Hauptschaltstücke eingeleitet. Mit dem erwähnten Druckluftkolben ist ein Öldruckkolben *n* mechanisch gekuppelt. Das durch diesen Kolben unter Druck gesetzte Öl strömt in den Raum zwischen Kondensatordurchführung und Hartpapierrohr

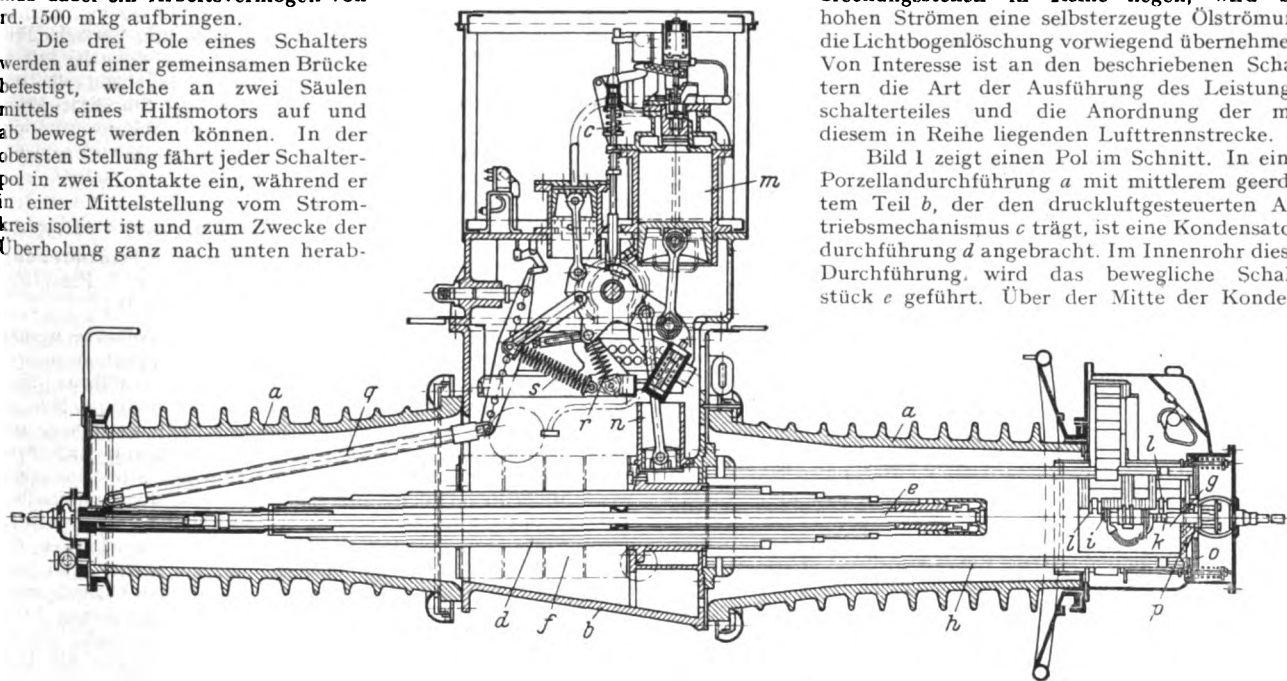


Bild 1. Schnitt durch den Leistungsschalterteil eines ölarmen Schalters für 132 kV

gelassen wird. In einer anderen Station hat man auf die Vertikalbewegung des Schalters verzichtet und zur Isolierung zusätzliche Trennschalter angeordnet.

In dem an zweiter Stelle genannten Aufsatz werden ausführliche Versuchsergebnisse gezeigt, die bei Strömen bis rd. 2 kA mit Spannungen von 135 kV und mit reduzierter Spannung bis zu Strömen von 7 kA (unsymmetrisch 9,8 kA) ausgeführt wurden. Die dabei erhaltene Lichtbogendauer ist in Fig. 4 in The Engineer wiedergegeben. Der Kontaktabbund ist nach den abgebildeten Schaltstücken (Klotzkontakte) äußerst gering.

(Anmerk. d. Ber.: Vergleicht man den Schalter mit den bekannten ölarmen Typen, so fällt folgendes auf: Die außer-

<sup>1)</sup> Die Wirkungsweise des Leistungsschalterteiles geht aus dem folgenden Bericht mit Bild 1 hervor.

nach der Unterbrechungskammer. Durch den Ölstrom wird nun noch die Hilfsunterbrechungsstelle geöffnet, indem die Hartpapierschleibe  $o$  mit dem daran befestigten Hilfsschaltstück wegbewegt wird. Dabei befindet sich die Hilfsunterbrechung bereits im Bereich strömenden Öles, da der Porzellanschirm  $p$ , der das Hartpapierrohr  $h$  abschließt, Öl nur in seinem oberen Teil durchläßt. In der Unterbrechungskammer zwingt der Öldruck, der teils von dem Druckkolben herrührt, teils durch Ölvergasung hervorgerufen wird, den Ölstrom durch die Unterbrechungsstellen hindurch. Am oberen Ende der Kammer ist eine Ausströmöffnung für die entwickelten Gase vorgesehen. Bei hohen Strömen wird, ehe der Öldruckkolben imstande ist, einen Druck in der Unterbrechungskammer zu erzeugen, infolge Öffnung der Hauptunterbrechungsstelle Gasdruck auftreten, der das Hilfsschaltstück abhebt. Der dort brennende Lichtbogen unterstützt dann die Lichtbogenlöschung an den Hauptunterbrechungsstellen.

Die Stange  $q$  überträgt die Bewegung vom Antriebsmechanismus auf den beweglichen Schaltstift. Die Kniehebel-Druckfeder  $r$  vermittelt den Kontakt zwischen den Schaltstücken bei eingeschaltetem Schalter. Die Druckfeder  $s$  dient zur Beschleunigung des Schaltstiftes beim Ausschaltvorgang unabhängig von der Geschwindigkeit des Antriebes.

Der Aufbau der Schalter der Stationen Lydney und Littlebrook ist verschieden. Bei der Lydney-Ausführung sind die drei Pole des Leistungsschalters an einem gemeinsamen Rahmen befestigt, der an zwei Stützen auf- und abbewegt werden kann. Um im ausgeschalteten Zustand den Leistungsschalter spannungslos zu machen, kann der Rahmen nach unten gesenkt werden. Dadurch werden, an den Enden der Leistungsschalterdurchführungen angebrachte Kontaktmesser aus feststehenden Schaltstücken nach unten herausgezogen. Der Antriebsmechanismus der drei Pole ist bei dieser Ausführung mechanisch gekuppelt. Bei der Littlebrook-Ausführung besitzt jeder Pol seinen eigenen Antriebsmechanismus. Zum Spannungslosmachen des Leistungsschalters sind hier besondere Trennschalter vorgesehen; auf das Absenken der Pole ist verzichtet.

Als Ausschaltvermögen werden für die Schalter in Lydney 1500 MVA und für die in Littlebrook 2000 MVA angegeben.

O. S.

### Elektromaschinenbau

DK 621.314.214.3 : 621.316.722.1

**Ein selbsttätig regelnder Transformator für konstante Spannung.** [Nach H. Beck, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 180; 5 S., 7 B.]

Es wurde ein selbsttätig regelnder Transformator entwickelt, der in Verbindung mit einem Gleichrichter eine konstante Gleichspannung von einigen tausend Volt zum Betrieb von Zählrohren liefert. Es handelt sich um zwei Versuchsausführungen eines Transformators ganz kleiner Leistung, dessen Primär- und Sekundärwicklung auf zwei durch Luftspalte getrennten Schenkeln liegen. Parallel zur Primärwicklung liegt ein magnetischer Nebenschluß mit veränderlichem magnetischem Widerstand. Der magnetische Widerstand wird durch einen Anker, der sich vor dem Kern bewegt, selbsttätig eingestellt. Die der Anziehung des Ankers entgegenwirkende Kraft wurde zunächst durch eine Feder und ein aus Stahldrähten gebildetes Kraftsystem erzeugt. Bei der zweiten verbesserten Ausführung wurde die Form des Ankers derart gewählt, daß die Gegenkraft linear mit dem Ankerabstand abnimmt. Die Bewegungen des Ankers sind durch einen Flügel, der in ein mit Öl gefülltes Gefäß eintaucht, gedämpft. Mit diesem Transformator wurde in Verbindung mit dem Gleichrichter bei einer primären Spannungsschwankung von 25% eine auf 0,5% konstante Gleichspannung erzielt. Auf den Spannungsabfall bei Belastung wird nicht eingegangen. *Srn.*

### Elektrowärme

DK 621.365.45

**Klein-Dampferzeuger.** [Nach Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 262; 1/2 S., 1 B.]

Zur Bereitung von überhitztem Dampf bzw. destilliertem Wasser wurde ein kleiner Dampferzeuger entwickelt, der etwa die Größe einer Glühlampe hat und an das Stromnetz angeschlossen werden kann. Im Innern eines Glaskolbens sind Heizverstände angebracht, die etwa 2,8 kg Wasser je Stunde verdampfen können. Die Anheizzeit beträgt etwa 15 s. Der Klein-Dampferzeuger wird mit 1000, 1500 und 2000 W Heizleistung gebaut und wird verwendet zum Sterilisieren von Geräten und Instrumenten, ferner als Druckkocher in chemischen Laboratorien. Er kann auch zur Herstellung von destilliertem Wasser für Trinkzwecke oder in Garagen benutzt werden. *Mö.*

### Fernmeldetechnik

DK 538.565 : 621.396.615.17

**Quasistabile Frequenzteilerkreise.** [Nach R. L. Fortescue, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 603; 5 1/2 S., 5 B.]

Wird ein selbsterregter Schwingungskreis zusätzlich mit der Frequenz  $n \cdot f$  gespeist ( $n = 2, 3, 4 \dots$ ), dann läßt er sich bekanntlich durch Mitnahmevorgänge auf die Subharmonische  $f$  synchronisieren. Auf diesem Prinzip beruhen die meisten Frequenzteiler und Multivibratoren. Diese Röhrenschaltungen haben jedoch den großen Nachteil, daß sie außerhalb des sehr begrenzten Mitnahmebereiches versagen. Die sogenannten quasistabilen Frequenzteilerkreise arbeiten dagegen stets einwandfrei. Die Rückkopplung wird hierbei so lose eingestellt, daß noch keine Selbsterregung auftritt. Erst durch Zuführung einer fremden Wechselspannung wird der Schwingungseinsatz herbeigeführt. Es lassen sich dann erzwungene Schwingungen erzeugen mit einer Frequenz, die eine Subharmonische der aufgedrückten Frequenz ist.

Longo hat 1934 die erste quasistabile Frequenzhalbierungsschaltung angegeben. Bei dieser Gegentaktschaltung mit induktiver Rückkopplung werden der Gitterschwingkreis auf die aufgedrückte Frequenz  $f$  und der Anodenschwingkreis auf die zu erzeugende Frequenz  $f/2$  abgestimmt. Beide Gegentaktröhren sind durch eine entsprechend große Gittervorspannung verriegelt, so daß kein Ruhestrom fließt. Erst bei Erregung des Gitterkreises mit der Frequenz  $f$  setzen im Anodenkreis Schwingungen der Frequenz  $f/2$  ein. Sterky beschrieb 1937 ähnliche Gegentaktröhrenschaltungen für Frequenzteilung und Frequenzvervielfachung.

Der Verfasser behandelt ausführlich die physikalischen Vorgänge, die sich bei der Frequenzteilung in den Röhrenkreisen abspielen. Die Wirkungsweise dieser Röhrenschaltungen beruht darauf, daß in einer rückgekoppelten Röhrenschaltung die Amplitude und Phase der sich erregenden Grundschwingung auch noch von den Amplituden und Phasen ihrer Oberwellen, die infolge der nichtlinearen Röhrenkennlinie erzeugt werden, abhängen. Auf Grund dieser Theorie wird eine einfache Frequenzteilerschaltung mit Trennstufe zur Vermeidung der Selbsterregung angegeben und deren Arbeitsweise eingehend erläutert. Ferner werden Versuchsergebnisse über die Stabilität dieser Frequenzteilerkreise mitgeteilt. In einem Anhang sind die mathematischen Beziehungen für diese quasistabilen Frequenzteilerkreise abgeleitet. *Mnl.*

DK 621.396.67 : 621.396.82

**Eine neue Antennenanordnung zur Verminderung von Störungen.** [Nach D. London und D. Reid, Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 188; 4 S., 10 B.]

Beim Empfang mit einer gewöhnlichen Antenne werden häufig dem Empfängereingang merkliche Störspannungen über den Netzanschluß zugeführt. Der von der Netzführung über das Chassis zur Empfängererde fließende Störstrom läßt an dem Erdwiderstand einen Spannungsabfall entstehen, der zugleich auch an dem Kreis Empfängereingang-Antennenkapazität-Erde wirksam ist. Ein Teil dieser Störspannungen wirkt in der Regel auch durch kapazitive Kopplung unmittelbar auf den aufnehmenden Teil der Antenne ein. Es wird eine den Antennenkreis betreffende Ausgleichschaltung beschrieben, die als störmindernde Antenne (noise-reducing-antenna) bezeichnet wird, und bei der der Empfängereingang in dem O-Zweig einer Brückenordnung liegt, so daß die aufgenommenen Störspannungen dieser Art durch Abgleich der Brücke herabgemindert werden. Wesentlich ist, daß demnach bei Verwendung einer solchen Anordnung der aufnehmende Teil der Antenne nicht im störfreien Raum zu liegen braucht; bezeichnend ist weiterhin, daß in den angegebenen Schaltungen stets mit Antenne und Gegengewicht gearbeitet wird. Soweit die Ankoppelpule des Empfängers unmittelbar mit dem Chassis verbunden, also geerdet ist, muß ein besonderer Überträger vorgesehen werden. Den Schaltungen liegt folgender Gedanke zugrunde. Ein Teil der zwischen Chassis und Erde bestehenden Störspannung wird durch kapazitive Kopplung auf Antenne und Gegengewicht übertragen. Wenn die Störspannungen in Antenne und Gegengewicht gleich groß sind, kann kein Störstrom in der Ankoppelpule des Empfängers fließen, und es tritt daher keine Störspannung im angekoppelten Abstimmkreis auf. Die zwischen Chassis und Erde bestehenden kapazitiven Verbindungen über die Kapazität Chassis-Gegengewichtsseite der Ankoppelpule, Kapazität des Gegengewichtes, Antennenkapazität, lassen sich durch einen 4. veränderlichen Ausgleichskondensator zu einer Brückenschaltung ergänzen, in deren O-Zweig die Ankoppelpule liegt. Wenn die

Kapazität Chassis - Ankoppelspule sehr klein ist, wird eine hinreichende Entstörung in der Regel auch ohne Ausgleichskondensator erreicht. Anzustreben ist eine möglichst große Frequenzunabhängigkeit der Brückeneinstellung, um mit derselben Abgleichstellung im ganzen Frequenzband durchzukommen. Aus diesem Grunde muß auch die kapazitive Kopplung zwischen dem hochgespannten Ende der Spule des Abstimmkreises und der Ankoppelspule möglichst klein sein. Bei niedrigen Frequenzen wird die Brücke nur aus Kapazitäten bestehen und das Gleichgewicht sich mit der Frequenz wenig ändern. In der Nähe der Eigenwelle der Antenne besteht eine starke Frequenzabhängigkeit.

Es werden Schaltungen sowohl für Zweibereich- (mittel und kurz) wie für Dreibereichempfänger (mittel, kurz, lang) angegeben. In Kurvenform dargestellte Meßergebnisse zeigen, daß zur Erzielung der gleichen Störspannung am Lautsprecher bei Verwendung der störmindernden Antenne vom Netz her bei 500 kHz etwa die 90fache, bei 1000 kHz etwa die 45fache, bei 1500 kHz etwa die 20fache hochfrequente Störspannung aufgewendet werden muß, wie bei der normalen Antenne. Die Schaltung kann noch vervollkommen werden durch Einschaltung eines veränderlichen Widerstandes parallel oder in Reihe mit dem Ausgleichkondensator. *Mbs.*

#### DK 621.385.1

**Neuartige Empfängerröhren.** [Nach P. G. Cath, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 170; 4½ S., 6 B.]

Bei der neuen Röhrenkonstruktion handelt es sich um Allglas-Röhren, deren äußere Form weitgehend der Form der deutschen Stahlröhren ähnelt. Von den früheren Röhren mit Glaskolben unterscheiden sich die neuen Allglas-Röhren z. B. dadurch, daß sämtliche Zuleitungen durch eine kreisförmige Sockelplatte (wie bei den Stahlröhren) geführt sind, wobei sämtliche Sockelstifte auf einer Kreislinie liegen. Die Sockelplatte wird aus Glas gepreßt. Während der Pressens schließt sich das Glas vakuumdicht an die vorher in die Form eingeleiteten chromeisernen Drähte, die gleichzeitig Kontaktstifte und Durchführungen sind. Nun wird das Röhrensystem aufgebaut und dann der Rand der Sockelplatte an einen unten offenen zylindrischen Kolben angeschmolzen. Die Röhre erhält später nach der Evakuierung noch eine metallische Abschirmung.

Den altbekannten Röhren mit Glaskolben gegenüber haben diese Allglas-Röhren zunächst die gleichen Vorteile wie die deutschen Stahlröhren, also günstigere Lage und Anordnung der Sockelstifte, geringere Länge der Zuleitungen usw. Darüber hinaus ergibt sich als weiterer Vorteil eine wesentlich niedrigere Temperatur der Sockelplatte gegenüber dem früher üblichen Quetschfuß, und zwar etwa 90° gegen sonst mehr als 200°. Dies bedeutet aber eine Verbesserung der Isolation und Verminderung der Gefahr der Glaselektrolyse. Weiter werden die temperaturabhängigen Änderungen der zwischen den einzelnen Sockelstiften bzw. den an ihnen liegenden Leitungen gegebenen Kapazitäten wesentlich geringer. Dies bedeutet aber, daß eine wesentlich bessere Konstanz der Abstimmung erreicht wird, als dies früher der Fall war. Dieser Vorteil macht sich besonders im Kurzwellen- und Ultrakurzwellenbereich bemerkbar. Ein weiterer Vorteil der neuen Konstruktion ist schließlich noch darin zu erblicken, daß infolge der geringeren Länge der Zuleitungen und ihrer günstigeren Lage zueinander bei sehr hohen Frequenzen wesentlich günstigere Impedanzwerte als bisher gegeben sind.

[Anm. d. Ber.: Auf der Funkausstellung wurden vollkeramische Empfängerröhren gezeigt<sup>1)</sup>, die nicht nur die gleichen Vorteile wie die Allglas-Röhren aufweisen, sondern von denen noch besondere Vorteile zu erwarten sind, da sie bis auf die stromführenden Teile völlig aus Calit, dem Werkstoff mit geringen Hochfrequenzverlusten, bestehen.] *Nug.*

### Theoretische Elektrotechnik.

DK 621.3.066.6 : 621.3.011.3

**Die Induktivität eines Siebkontaktes.** [Nach R. Störmer, Wiss. Veröff. Siemens Werk. 18 (1939) H. 2, S. 45; 8½ S., 3 B.]

Zwei Metallstücke, die sich nur in einer sehr kleinen Fläche berühren, bieten dem elektrischen Strom infolge der starken Einschnürung der Stromlinien einen Widerstand, den R. Holm in Analogie zum Widerstande, den ein Lochsieb einem durch dasselbe gepreßten Wasserstrom zeigt, Sieb-

widerstand und den Kontakt als solchen Siebkontakt genannt hat.

Um die Induktivität eines solchen Kontaktes zu berechnen, werden gewisse Vereinfachungen vorgenommen, indem statt einer Kreis- eine kugelförmige Berührungsfläche angenommen wird, von der aus sich die Stromlinien bis zu einem Radius  $R$ , der etwa dem Halbmesser der beiden sich berührenden zylindrischen Metallstäbe entspricht, radial ausbreiten. Bei der Berechnung bleibt also zunächst der innerhalb der inneren kleinen Kugel befindliche Teil des Leiters unberücksichtigt. Konvergiert aber der Radius dieser kleinen Kugel gegen Null, so fällt der Unterschied zwischen den erwähnten beiden Berührungsarten fort (Bild 2).

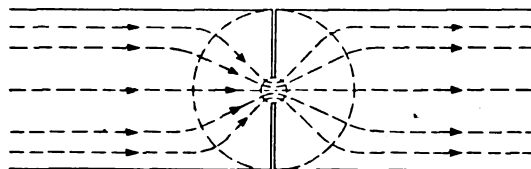


Bild 2. Annähernder Verlauf der Stromlinien in einem Siebkontakt.

Zur Bestimmung der Induktivität wird das doppelte Volumenintegral

$$L = \frac{\mu}{4\pi} \frac{\mu_0}{I^2} \iint \frac{d\mathbf{v}_1 d\mathbf{v}_2}{r_{12}} (j_1 j_2) \quad \frac{\mu_0}{4\pi} = 1 \cdot n \text{ H/cm} = 10^{-9} \text{ H/cm}$$

( $\mu$  reiner Zahlenwert)

bei dem  $d\mathbf{v}_1$  und  $d\mathbf{v}_2$  zwei Volumendifferentiale des Stromkreises,  $r_{12}$  ihren Abstand und  $j_1, j_2$  die Vektoren der Stromdichte an diesen Stellen bedeuten, auf Kugelkoordinaten transformiert. Dadurch, daß  $r_{12}$  zwischen zwei Grenzen eingeschlossen wird, gelingt es, das sechsfache Integral auf ein einfaches zu reduzieren. Dieses wird nach einer Näherungsmethode ausgewertet und das Ergebnis graphisch dargestellt. Die Induktivität ergibt sich proportional dem Radius der äußeren Kugelfläche. Bei verschwindendem Halbmesser der Berührungsfläche liegt die Größe der Induktivität  $L$  zwischen den beiden Grenzen

$$1,59 \mu R n \text{ H} < L < 3,13 \mu R n \text{ H.} \quad \text{Sb.}$$

### Physik

DK 621.385.833

#### Der Stand der Übermikroskopie.

Das Übermikroskop<sup>1)</sup> benutzt zur vergrößerten Darstellung von Gegenständen statt der beim Lichtmikroskop verwendeten Lichtstrahlen Elektronenstrahlen, und statt der beim Lichtmikroskop verwendeten geschliffenen Glaslinsen eisengekapselte Magnetspulen. Die Elektronen werden mit einer Glühkathode erzeugt und durch eine hohe Gleichspannung beschleunigt. Damit ein optischer, d. h. geradliniger Verlauf der Elektronenstrahlen stattfindet, muß der ganze Abbildungsraum des Instrumentes evakuiert sein. Da zu einem Übermikroskop eine Vakuumröhre und eine Hochspannungsquelle gehören, ist das Instrument in seinem äußeren Umfang und in seinem apparativen Aufbau etwa mit einer Röntgenanlage vergleichbar (Bild 3).

Die Verwendung von Elektronenstrahlen zur Abbildung kleiner Gegenstände macht es möglich, die dem Lichtmikroskop gesetzte Grenze in der Auflösung feiner Strukturen zu unterschreiten. Wegen der Wellennatur des Lichtes ist es mit dem Lichtmikroskop nur möglich, Gegenstände voneinander getrennt darzustellen, deren Abstand größer ist als die Hälfte der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes. Die dadurch gegebene Möglichkeit, kleinere Abstände aufzulösen, konnte bisher so weit verwirklicht werden, daß ein Auflösungsvermögen von 5/1 000 000 mm erreicht werden konnte. Das Übermikroskop kann daher noch Strukturen darstellen, die 40mal kleiner sind als die kleinsten im Lichtmikroskop noch erkennbaren Gegenstände. Das von Ruska und von Borries entwickelte Übermikroskop wurde in den letzten Jahren so verbessert, daß jetzt ein Gerät vorliegt, welches Forschungsinstituten zur Verfügung gestellt werden kann, welche zur Bearbeitung ihrer

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag von B. von Borries, gehalten im Haus der Technik in Essen.

<sup>1)</sup> Vgl. Salow, ETZ 60 (1939) S. 1173.

Probleme die Mikroskopie in das Gebiet höherer Auflösung fortsetzen wollen. Dieses für den praktischen Bedarf bestimmte Gerät ist ausgerüstet mit Schleusen zur Ein- und Ausbringung der Objekte und der photographischen Platten in das Vakuum innerhalb von je 1 min. Die übermikroskopischen Bilder können bei bis zu 40 000facher Vergrößerung auf den Leuchtschirm des Instrumentes von drei Beobachtern gleichzeitig betrachtet werden. Das Objekt kann dabei durch Verschiebung nach interessierenden Einzelheiten untersucht werden. Bei der photographischen Aufnahme beträgt die Expositionszeit etwa 1 s.

Gleichzeitig mit der Entwicklung des Forschungsinstrumentes selbst wurde in Zusammenarbeit mit zahlreichen wissenschaftlichen Instituten bereits nachgewiesen, daß mit seiner Hilfe auf den verschiedensten wissenschaftlichen Gebieten neue Ergebnisse gewonnen werden können. Die Voraussetzung für die Forschung war, daß zunächst eine Technik für Prä-



Bild 3. Arbeiten am Übermikroskop nach Ruska und v. Borries.

paration der zu untersuchenden Objekte geschaffen wurde, die naturgemäß von der üblichen lichtmikroskopischen Präparationstechnik erheblich abweicht. Da die Elektronen durch jegliche Masse in ihrem geradlinigen Lauf beeinträchtigt werden, ist es beispielsweise nicht möglich, die Objekte auf Glasplatten anzuordnen. Wenn man übermikroskopische Objektträger verwenden will, müssen diese vielmehr äußerst dünn sein und dürfen jedenfalls in ihrer Dicke die Größe der zu untersuchenden Objekte nicht wesentlich überschreiten. Als Objektträger finden Kollodiumfilme von etwa 1/100 000 mm Dicke Verwendung, auf die die Objekte aufgeschwemmt oder aufgestäubt werden.

Mit dem Übermikroskop wurde in den letzten zwei Jahren eine Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen durchgeführt in einer Gemeinschaftsarbeit des Laboratoriums für Elektronenoptik der Siemens & Halske AG. mit folgenden Stellen: Reichsgesundheitsamt, Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft; 1. med. Klinik der Charité, Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung, Bakteriologisches Institut der Preußischen Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Kiel, I. G. Farbenindustrie AG., Deutsche Auer-Gesellschaft, Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt, Vereinigte Aluminium-Werke und viele andere Stellen.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeiten seien die folgenden herausgegriffen:

In der Technik der Staube und Erden wurden die Brennpunkte der Kaolins an der Formänderung der feinsten, für die Formbarkeit des Tones wichtigen Bestandteile studiert. Weitere Mineralstaube und Metalloxyde (Rauche) wurden im Hinblick auf ihre Kristallstruktur und ihre meßtechnische Eignung zur Prüfung von Staubschutzfiltern untersucht. Dabei konnten in gewerbehygienisch wichtigen staubförmigen Materialien der Nachweis von 5/1 000 000 bis 10/1 000 000 mm großen Teilchen erbracht werden. Die Kenntnis derartiger feiner Aufteilungen macht die leichte Aufnahme staubförmiger Gewerbegifte durch die Lunge verständlich. Als besonders fruchtbares Gebiet der Übermikroskopie hat sich die Bakteriologie und die Virusforschung erwiesen. In gewissen Bakterien konnten bisher unbekannte Innenstrukturen gefunden werden, in der Virusforschung gelang es, die Elementarkörper einer der kleinsten der bekannten Virusarten, das Tabak-Mosaik-Virus darzustellen. Da diese Elementarkörper als einheitliche, wenn auch sehr große Eiweißmoleküle angesehen werden, ist damit gleichzeitig zum ersten Male die bildliche Darstellung von Molekülen gelungen. Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen am Tabak-Mosaik-Virus wurde gleichzeitig erstmalig eine kolloidchemische Reaktion, nämlich die des Tabak-Mosaik-Virus mit kolloidalem Gold so sichtbar gemacht, daß beide Reaktionspartner im Bild erscheinen. An dem kolloidalen Gold ist die Form der Teilchen und der Häufigkeitsverteilung ihrer Größe ermittelt worden, womit Unterlagen gewonnen wurden, die für die Kolloidchemie von Interesse sind. In das Gebiet der klinischen Medizin weisen Untersuchungen, die an Blutplättchen unternommen wurden, und die die für den Gerinnungsvorgang des Blutes wichtigen zellenartigen Elemente des Blutes erkennen lassen. Dabei konnte das Auftreten des Blutfaserstoffes, des Fibrins, in den ersten Anfängen festgestellt werden, womit über den Entstehungsmechanismus des Blutgerinnsels neue Unterlagen gewonnen werden. *Dwk.*

#### Werkstatt und Baustoffe

DK 620.191.2 : 621.315.62

#### Bildung von weißem Rost auf feuerverzinkten Tempergußkappen von Hochspannungsisolatoren. [Nach F. Roll, Metallwirtsch. 18 (1939) S. 497; 3/2 S., 7 B.]

Die Bildung von weißem Rost u. a. auch auf den feuerverzinkten Metallkappen von Hochspannungsisolatoren drängt die Frage auf, ob die Feuerverzinkung überhaupt als wirksamer Schutz gegen Rostbildung auf den Tempergußkappen angesehen werden kann, zumal gerade beim Einzementieren und beim Lagern der Isolatoren in Abbinderäumen besonders starke Weißrostbildungen beobachtet wurden. Der Verfasser stellt fest, daß kein Zusammenhang zwischen Weißrostbildung einerseits mit Poren und Schlieren des Zinküberzuges andererseits besteht, und daß bei einwandfreier Verzinkung ein Weißrostbelag keinen Nachteil für die Brauchbarkeit der Kappen bedeutet. Es werden Versuche bei verschiedenen Korrosionsbedingungen und mit verschiedenen Korrosionsmitteln an Tempergußkappen mit einer Verzinkung bewährter Ausführung beschrieben. Als Maß für die Korrosion gilt teilweise die Trübung des Zinkglanzes oder die Gewichtsmenge des Weißrostes. Versuche mit Wasser verschiedener Härte als Korrosionsmittel hatten als Ergebnis, daß destilliertes Wasser die größte Korrosion zur Folge hat und daß allgemein dieser korrodierende Einfluß des Wassers mit der Härte stark abnimmt. Bisweilen zeigt sich bei derartigen Versuchen nach einiger Zeit ein Stillstand der Korrosion. Es wird vermutet, daß sich auf der Zinkoberfläche eine Zink-Karbonat-Schutzschicht gebildet hat, die sich auch bei der Behandlung der Kappen mit CO<sub>2</sub>-haltigem Wasser beobachten läßt. Im Gegensatz hierzu wirkt mit O<sub>2</sub> angereichertes Wasser korrosionsfördernd. Die starke Weißrostbildung des durch den Zement alkalisch reagierenden Wassers und die gleichmäßige Korrosion der Isolatorenkappen durch Kondenswasser in Abbinderäumen, die an Stellen, wo viel Wassertropfen abgelagert werden können, als starke flaumartige, feine Ausblühungen auftreten, haben aber bei einwandfreiem Zinküberzug keinen Einfluß auf die Haltbarkeit der Kappen. Die Weißrostüberzüge, die bei Freiluftangriff besonders gleichmäßig ausfallen und ein dichtes, deckendes Gefüge besitzen, können als Schutzschicht gegen jede weitere Korrosion angesehen werden. *arf.*

## AUS ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Aus den Jahresberichten deutscher Elektrizitätswerke<sup>1)</sup>. Geschäftsjahr 1938, Liste III

DK 621.311.1.003

### Nr. 45. Schlesische Elektrizitäts- und Gas-Aktiengesellschaft, Gleiwitz

Die Steigerung im Stromabsatz betrug 15,4%. Die gesteigerten Anforderungen der Abnehmer machten den Einsatz der gesamten Erzeugungsanlagen erforderlich. Die im Vorjahre begonnene Kraftwerkverweiterung wurde nach Kräften beschleunigt und Erweiterungen der Werke in die Wege geleitet. Mit der Stadt Gleiwitz wurde ein neuer Konzessionsvertrag geschlossen. Im Betriebsjahr ist nach langen und schwierigen Verhandlungen der Besitz an Aktien der Slaskie Zaklady Elektryczne Spolka Akcyjna in Kattowitz abgestoßen worden. Der Verkaufspreis brachte einen mäßigen Buchgewinn.

### Nr. 46. Niederschlesische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Hirschberg i. R.

Der Stromverkauf erfuhr eine Steigerung um 5,57%. An dem Grundkapital sind der Provinzialverband Schlesien und die Elektrowerke A.G. je zur Hälfte beteiligt.

### Nr. 47. Österreichische Kraftwerke Aktiengesellschaft, Linz a. d. Donau

Die Aktiengesellschaft legt eine Reichsmark-Eröffnungsbilanz vom 1. 1. 1939 vor. Das A.-K. ist nicht nach dem amtlichen Zahlungsverhältnis 3 Sch. = 2 RM gewandelt, wie in unseren Listen die Bilanzzahlen umgerechnet waren, sondern die S. 40 000 000 Aktien zu je S. 100.— werden in RM 30 000 000.— Aktien zu je RM 100.— umgelegt. Die Anlagewerte sind neu eingeschätzt worden, so daß ein Vergleich kaum angebracht sein dürfte. Beim Umlaufvermögen sind geringfügige Erhöhungen in der Bewertung der Vorräte gegenüber der Inventur zu verzeichnen. Ein bereits im Vorjahre nicht bewerteter Posten gegenüber der Reichsbahn von RM 808 742,— wurde wieder eingesetzt und ist auch bereits eingelöst. Die 8% schw. Fr. und 8% Obligationen, und ebenso die Hypothekenschuld bei der Elektrobank Zürich sind zum amtlichen Börsenkurse eingesetzt worden.

### Nr. 48. Aktiengesellschaft für Licht- und Kraftversorgung, München

Die Stromabgabe ist gegen das Vorjahr um 19,4% gestiegen. Der weitere Ausbau der Hochspannungs- und der Ortsnetze hat gute Fortschritte gemacht. Einige Stromversorgungsunternehmen mit insgesamt sechs Gemeinden und 16 108 Einwohnern wurden angekauft. Im November konnte die A.-G. ihr 25jähriges Bestehen begehen.

### Nr. 49. Rhein—Main—Donau Aktiengesellschaft, München

Das am 26. 3. 1938 in Wien verkündete Hermann Göring-Programm für die Ostmark ordnete die Fertigstellung der gesamten Wasserstraße vom Rhein über den Main zur Donau bis zum Jahre 1945 an und der in dem gleichen Programm verkündete Ausbau der Staustufe Ybbs-Persenbeug wurde ebenfalls der A.-G. übertragen. Die notwendigen Baumittel werden alljährlich durch den Reichshaushalt bereitgestellt. Die Finanzierung der Großschiffahrtsstraße von Würzburg aufwärts erfolgt nicht mehr für Rechnung der A.-G., sondern im Auftrage und für Rechnung des Reiches, Bayern leistet hierzu einen Zuschuß von RM 50 Mill an das Reich.

Die Wasserführung des Mains und der Donau waren im Betriebsjahr ungewöhnlich günstig. Der Stromverwertungsvertrag mit der Großkraftwerk Franken A.-G., und dem Bayernwerk über die Stromabnahme aus den Mainkraftwerken und mit der Stadt Würzburg blieben unverändert und der Verkehr hat sich reibungslos und günstig entwickelt.

### Nr. 50. Überlandwerk Oberschlesien Aktiengesellschaft, Neiß

Der Stromabsatz erreichte eine Steigerung um 14,3% gegen das Vorjahr. Der Ausbau der Leitungsnetze und der Betriebsanlagen wurde planmäßig fortgesetzt. Es wurden 12 Ortsnetze erstellt und wieder eine Anzahl bestehender Ortsnetze zur direkten Belieferung übernommen.

### Nr. 51. Elektrizitätsverband Gröba, Itadebeul 2

Geschäftsberichte von 1937 und 1938, der Bericht für 1938 war z. Zt. der Drucklegung noch nicht erschienen. Die nutzbare Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 8,06%. Die letzten fünf Elbgemeinden traten als Mitgliedsgemeinden dem Verbände bei, mit vier anderen Gemeinden sind die Verhandlungen so weit gediehen, daß mit dem Beitritt 1938 zu rechnen ist. Das Versorgungsgebiet umfaßt 578 Ortschaften mit direktem Strom und 19 Ortschaften als Wiederverkäufer.

### Nr. 52. Schleswig-Holsteinische Stromversorgungs-Aktiengesellschaft Rendsburg

In Ausführung einer durch den Oberpräsidenten der Provinz angeregten Vereinheitlichung der Stromverteilung in der Provinz Schleswig-Holstein konnten die Verhandlungen über die Angliederung der noch nicht zur A.-G. gehörenden Landkreise zum Abschluß gebracht werden. Das Groß-Hamburg-Gesetz brachte eine Neuabgrenzung der Versorgungsgebiete mit sich. Der eingemeindete Teil des Kreises Stormarn ging an die HEW, während der Rest, früher von Überland Unterelbe versorgt, sowie die Kreise Pinneberg und Steinberg an die A.-G. übergingen. Mit dieser Zusammenfassung gehören bis auf den Kreis Oldenburg (Versorgungsgebiet der Kreis Oldenburg. Elektrizitäts-Genossenschaft e. G. m. b. H. in Gohl) alle Landkreise zum Versorgungsgebiet der A.-G. Die nutzbare Stromabgabe überschritt zum ersten Male die 100 Mill kWh-Grenze. Ausgebaut wurden 21 Ortsnetze und 14 Hochspannungsstationen für Großabnehmer. Die Mehrheit des Grundkapitals befindet sich in den Händen der Preußenelektra.

### Nr. 53. Niederrheinische Licht- und Kraftwerke Aktiengesellschaft, Rheydt

Der Stromabsatz hat gegen das Vorjahr wieder eine Steigerung erfahren. Die Einwohnerzahl der versorgten 14 Stadt- und Landgemeinden betrug rd. 137 000.

### Nr. 54. Neckar-Aktiengesellschaft, Stuttgart

Die reichliche Wasserführung des Neckar konnte voll ausgenutzt werden. Die Stromerzeugung erfuhr eine Steigerung um rd. 20%. Am 1. 4. sind die Schiffsanlagen der Strecke Mannheim—Heilbronn vertragsmäßig ohne Entgelt auf das Reich übertragen. Dies hat zu einer Bilanzumstellung Anlaß gegeben. Der zweite Teilabschnitt der Neckar-Kanalisation wird in gleicher Weise wie der erste Abschnitt finanziell durch Baudarlehen mit genußscheinähnlichem Charakter behandelt und nach Fertigstellung ebenfalls ohne Entgelt an das Reich übergeben werden. Zum Ausgleich der Bilanz wurde vom Reich ein Zuschuß von RM 206 198,— geleistet.

### Nr. 55. Alpen-Elektrowerke Aktiengesellschaft, Wien

Der Reichtum der Wasserkräfte der Ostmark ist nur zum kleinen Teile erschlossen und der steigende Strombedarf des Altreiches wird die Erschließung dieser neuen Energiequellen notwendig machen. Der wichtigste Teil für die gesamte deutsche Elektrizitätswirtschaft ist der Ausbau der Alpenwasserkräfte, deren Durchführung selbst bei der größten Beschleunigung Jahrzehnte in Anspruch nimmt. Ferner ergab sich die Notwendigkeit, die Verbundwirtschaft innerhalb der Ostmark und weiter mit Ganzdeutschland durch 100 kV-Netze dem Bedarf anzupassen. Diese Aufgaben gehen über den Rahmen der Ostmärkischen Versorgungswirtschaft hinaus, weshalb dieselben der am 22. 4. 1938 gegründeten Alpen-Elektrowerke A.-G. übertragen wurden, deren gesamtes Grundkapital sich im Besitze der reichseigenen Viag befindet.

Am 16. 5. 1938 hat Generalfeldmarschall Hermann Göring den ersten Spatenstich zur Erschließung der Tauern-Wasserkraft getan. Geplant werden vier Werksgruppen. Als erstes Teilstück kommt die Glocknergruppe zur Ausführung. Die anderen folgen in Abständen, die durch die Verfügbarkeit von Arbeitskräften und Baustoffen bestimmt werden. Das zweite Hauptgebiet umfaßt die Tiroler Wasserkräfte, wo die Vorarbeiten bereits kräftig im Gange sind. Daneben erweiterte die Tiroler Wasserkraftwerk-A.-G., eine Tochter der Alpelelektra, ihr Zillertaler Kraftwerk. An der von der Rhein-Main-Donau im Auftrage des Reiches für die Schifffahrt notwendigen Staustufe Ybbs-Persenbeug wird emsig gearbeitet, das Eigentum an dem Kraftwerk und

<sup>1)</sup> Letzter Bericht: ETZ 61 (1940) H. 17, S. 384.



der Betrieb desselben wird nach Fertigstellung der Alpenelektro übertragen.

Da die Großerzeugung und Verteilung Aufgabe der Alpenelektro ist, wird das Arbeitsgebiet der bestehenden ostmärkischen Betriebe nicht unmittelbar berührt, im Interesse der Verbundwirtschaft erscheint aber die Beteiligung an diesen Gesellschaften zweckmäßig. Es wurden deshalb Beteiligungen an den Tiroler Wasserkraftwerk, Innsbruck, Steirische Wasserkraftwerk, Graz und den Oeka-Werken in Linz genommen. Vom Grundkapital von RM 50 000 000,— sind RM 32 449 240,— noch ausstehende Einzahlung unter Umlaufvermögen als ausstehende Forderungen eingesetzt.

#### Nr. 56. Voralberger Kraftwerke Aktiengesellschaft, Bregenz

Die Steigerung der nutzbaren Stromabgabe betrug 17,2%. In dem Bestreben, die günstigen Auswirkungen der veränderten Verhältnisse raschestens den Stromabnehmern zu teil werden zu lassen, reichte die A.-G. gesenkte Tarifvorschläge ein und erhielt deren Genehmigung, so daß sie als erstes Kraftversorgungsunternehmen der Ostmark bereits ab 1. 7. 1939 niedrigere Tarife einführen konnte. — Um dem steigenden Strombedarf genügen zu können, mußten die Anlagen mit allen Kräften erweitert werden. Das bekannte Wintersportgebiet Lech und Zürs litt seit Jahren an einer völlig unzureichenden Stromversorgung, was sich bei dem zunehmenden Fremdenverkehr katastrophal auswirkte. Dieser Fehler wurde von Grund auf aus durch den Anschluß einer Hochspannungsleitung behoben. — Mit der Einführung des Aktiengesetzes in der Ostmark und der Verordnung vom 2. 8. 1938 betr. der Reichsmark-Eröffnungsbilanz und der Neufestsetzung des Grundkapitals erfuhr die Bilanz naturgemäß wesentliche Änderungen.

#### Nr. 57. Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau

Die Elektrizitätswirtschaftlichen Eigenbetriebe und die Beteiligungen überschreiten im Stromabsatz die Milliarden-grenze. — Die Bilanz ist eine gemeinsame für alle Betriebe. Im Kreise Teltow erhöhte die A.-G. ihre Beteiligung an der Teltower Kreiswerke G. m. b. H. von 6,4 auf 11 Mill RM und an der Mikromag in Magdeburg von 2,— auf 2,99 Mill RM. Die Bürgschaften und Giroverbindlichkeiten sind seit 1935 von 49,3 auf 6,7 Mill RM zurückgeführt und das Obligo hat sich im gleichen Zeitraum von 31,6 auf 4,9 Mill RM ermäßigt. In den Elektrizitätsbetrieben sind eine Reihe von Erweiterungen und Verbesserungen vorgenommen worden, um den erhöhten Anforderungen des Strombedarfes genügen zu können. — Die Währungsschulden sind planmäßig um rd. RM 479 000 getilgt und zum Tageskurse des Stichtages eingesetzt.

#### Nr. 58. Kraftwerk Thüringen Aktiengesellschaft, Gispersleben

Die nutzbare Stromabgabe hat eine Steigerung um 28,9% erfahren. Um allen künftigen Anforderungen der Stromabnehmer genügen zu können, sind neben den bereits in Auftrag gegebenen Erweiterungen der Anlagen auch der Stromlieferungsvertrag mit der Thüringenwerk A.-G. um zehn Jahre verlängert und dabei neben einer weiteren dritten Abnehmerstelle auch die Bereitstellung höherer Leistung gesichert worden. Das Beteiligungskonto erfuhr eine geringe, für zweckmäßig gehaltene Abschreibung.

#### Nr. 59. Überland-Zentrale Helmstedt Aktiengesellschaft, Helmstedt

Die Nutzstromabgabe erfuhr eine Steigerung um 53%. Dieser Mehrabsatz ist in der Hauptsache eine Folge der starken Industrialisierung des Versorgungsgebietes. Diese Leistung konnte nur dadurch bewältigt werden, daß einerseits die eigenen Anlagen erweitert und verstärkt waren, und andererseits die Braunschweiger Kohlenbergwerke Helmstedt ihre Anlagen vorausschauend erhöht hatten. Um für die Folgezeit gegen weitere Steigerung des Strombedarfes gesichert zu sein, sind entsprechende Entwürfe und Pläne in Bearbeitung, auch der weitere Ausbau der Konzern-Kraftwerke ist zu erwähnen.

#### Nr. 60. Kraftwerke Main-Wiesbaden Aktiengesellschaft, Maluz

Die nutzbare Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um 19%. Der gesteigerte Beschäftigungsgrad von Gewerbe und Industrie hatte einen entsprechenden Mehrbedarf an Strom zur Folge. Das Grundkapital befindet sich je zur Hälfte im Besitze der Städte Mainz und Wiesbaden.

#### Nr. 61. Braunkohlen-Industrie-Aktienges. Zukunft, Weisweiler

Gegen das Vorjahr hat sich die nutzbare Stromabgabe im Berichtsjahr um 10,88% weiter gehoben. Das zweite Wasserkraftwerk wurde gegen Ende 1938 fertig gestellt, so daß mit der Stromlieferung in den ersten Monaten 1939 begonnen werden kann. — Die zu Beginn d. J. noch \$ 1 460 000,— betra-

gende 6½% Amerika-Anleihe wurde im Berichtsjahre bis auf \$ 243 000 getilgt, welche zum Kurse von RM 4,20 ausgewiesen sind.

#### Nr. 62. Berliner Kraft- und Licht (Bewag) Aktiengesellschaft, Berlin

Der Stromabsatz hat fast die Zweimilliardengrenze erreicht, die Steigerung betrug 18,1%. In dem Geschäftsbericht spiegelt sich zum ersten Male die Zusammenfassung der gesamten Stromversorgung der Reichshauptstadt durch die Bewag wider, nachdem nunmehr E.-W. Südwest und die MEW. aus-geschieden sind. Seit dem September aber arbeitet das Netz der Bewag im Verbundbetrieb mit anderen Verbundsystemen. Nach dem Bericht weist die Bilanz eine Entlastung von rd. RM 16 600 000,— auf.

#### Nr. 63. Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk Akt.-Ges., Essen

Die Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um rd. 13%. Die Stromabgabe des R.W.E. und der Konzernunternehmungen stieg ebenfalls beträchtlich. Die weitere außerordentliche Steigerung des Bedarfs konnte durch Heranziehung aller verfügbaren Kraftwerksleistung und im Wege der erweiterten Verbundwirtschaft gedeckt werden. Der auf mehrere Jahre in Aussicht genommene Ausbauplan bezweckt die Erstellung weiterer Kraftwerksleistung und die weitere Durchführung des Verbundbetriebes durch den Bau großer Netzverbindungen. Die süddeutschen und südostdeutschen Wasserkräfte konnten verstärkt in den Ausbauplan eingestellt werden. Am 1. 4. 1939 ist der Grundgebührentarif für die Landwirtschaft beim RWE. eingeführt worden, während die Tarife im Haushalt und Gewerbe noch der Sammlung und Durcharbeitung unterliegen.

Die vorliegende Bilanz unterstreicht die Notwendigkeit, dem Unternehmen neue Mittel zuzuführen, nachdem die Durchführung des neuen Ausbauplanes eine beträchtliche Verminderung der Liquidität mit sich gebracht hatte. Das Anlagevermögen erfuhr durch Neu- und Ausbauten und Erweiterung der Ortsnetze einen Zuwachs von rd. RM 67 000 000,—, während das Umlaufvermögen in der Hauptsache durch die für die Bauten beanspruchten Barmittel um rd. RM 34 000 000,— an Flüssigkeit einbüßte. Die Amerika-Anleihen I—V, im Gesamtbetrage von \$ 72 500 000,— sind bis auf \$ 16 502 500,— getilgt und sind zum Tageskurse von RM 2,495 je Dollar mit RM 41 173 737,— ausgewiesen.

#### Nr. 64. Rheinkraftwerk Albrück-Dogern Aktiengesellschaft, Waldshut a. Rh.

Die Jahreserzeugung blieb gegen die des Vorjahres in den ersten Quartalen infolge ungünstiger Wasserführung des Rheines wegen Hochwasser zurück. Die 5½% Mill schw. Fr.-Anleihe steht nach Absetzung der planmäßigen Tilgung von 918 000,— schw. Fr., der zurückgekauften Obligationen in Höhe von 10 000,— schw. Fr. und Anrechnung des Währungsunterschiedes noch mit schw. Fr. 36 595 000,— = RM 20 577 368,— zu Buch.

#### Nr. 65. Hamburgische Electricitäts-Werke Aktiengesellschaft, Hamburg

Die nutzbare Stromabgabe erfuhr eine Steigerung um rd. 16%. — Mit der Nordwestdeutschen Kraftwerke A.-G. hat wegen der Lösung der Groß-Hamburg-Frage in freundschaftlicher Weise eine Verständigung stattgefunden, in deren Zuge die Versorgung der Stadtteile Harburg und Wilhelmsburg durch die HEW. erfolgt. Ebenso wird die Belieferung der Reichsbahn durch die HEW. gedeckt, zu welchem Zwecke die erforderlichen Übertragungsanlagen fertiggestellt sind. Zwischen den befreundeten Stromversorgungsunternehmen ist die angestrebte Verbundwirtschaft durchgeführt worden. — Das Anlagevermögen erfuhr eine Zunahme von RM 19 235 071,—, worin auch die von anderen benachbarten Stromversorgungs-Unternehmungen erworbenen Anlagen enthalten sind. Die Verbindlichkeiten gegenüber Banken erfuhr eine Steigerung von rd. RM 17 800 000,—, die zur Finanzierung der Neu- und Ausbauten benötigt wurden. Die Amerika-Anleihe von 1925 im Betrage von \$ 4 000 000,— ist bis auf \$ 328 500,— getilgt, welche mit RM 1 379 700,— unter Verbindlichkeiten ausgewiesen sind.

#### Nr. 66. Amperwerke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, München

Unmittelbar versorgt wurden 4244 (4180) Orte, während 55 Ortschaften mittelbar versorgt wurden. — Zum weiteren Ausbau wurde ein langfristiges Hypothekendarlehen von RM 3 500 000,— aufgenommen. Das mittelfristige Darlehen von schw. Fr. 5 000 000,— wurde durch Rückzahlung auf schw. Fr. 2 000 000,— verringert.



**Nr. 67. Nordwestdeutsche Kraftwerke Aktiengesellschaft, Hamburg**

Ohne Berücksichtigung der Stromlieferungen nach Harburg und Wilhelmsburg (an die HEW. übergegangen) und die Preußen-Elektra trägt die Steigerung im eigenen Versorgungsgebiet 24,84%. — Der östliche Teil des Versorgungsgebietes ist an das mitteldeutsche Hochvoltnetz angeschlossen worden, wodurch die NWK. in die deutsche Großraum-Verbandwirtschaft eingeschlossen ist. *Trb.*

Umspanner an einzusetzen, an dem der Vollast-Spannungsabfall auf der Hochspannungsleitung gleich der Spannungserhöhung im Umspanner durch die Kondensatoren ist. *H. Schz.*

DK 621.319.4.003.1

**Hoch- oder Niederspannungskondensatoren?** [Nach F. M. Starr, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 228; 6 1/2 S., 13 B.]

Blindstrombeseitigung durch Kondensatoren<sup>1)</sup> ist, weil der Blindstromverbrauch der Abnehmer alle Anlagenteile rückwärts bis zu den Generatoren belastet, bezüglich Anlagentrommentlastung und Spannungsstützung um so wirksamer, je näher die Kondensatoren bei den Verbrauchern eingesetzt werden<sup>2)</sup>. Andererseits kosten Kondensatoren für Niederspannung mehr als solche für Hochspannung; Bild 1 zeigt ihre von

DK 621.311.22 (42)

**Ausbau des Kraftwerks Brimsdown mit Löfflerkesseln und zwei Hochdruck- und Niederdruckturboätzen.** [Nach Electrician 122 (1939) S. 655; 4 S. 8 B. und Electr. Rev., Lond. 124 (1939) S. 741; 3 1/2 S., 11 B.]

Das bereits 1903 in Betrieb genommene Dampfkraftwerk Brimsdown wurde im Laufe der Jahre stufenweise weiter ausgebaut. Der jetzt vollzogene Ausbau der „A“-Anlage erhielt die beiden ersten, in britische Kraftanlagen mit Zulassung eingebauten Löffler-Dampfkessel für 148 at Nenndruck und 504 °C, wodurch der Gesamtausbau 53 000 kW erreichte. Der Hochdruckteil ist für 19 000 kW, der Niederdruckturboatz für 34 000 kW bemessen. Die Turbinenanlage arbeitet normalerweise als eine Einheit; indessen kann die Niederdruckseite durch 8 Kessel für 12 at mit Dampf versorgt werden und gibt dann 22 000 kW ab. Die beiden Löfflerkessel bilden mit ihren Dampfumlaufröhren eine Einheit; die Heiz- und Überhitzerrohre bestehen aus Chrom-Molybdänstahl mit rd. 0,8% Chrom- und 0,5% Molybdängehalt. Für die Speise- und sonstigen Wasserrohre ist Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,3 bis 0,4% C verwendet. Sämtliche Verbindungen sind autogen geschweißt und mittels Röntgendurchstrahlung untersucht. Jeder Kessel besitzt Luftvorwärmer, Wasservorwärmer, Strahlungs- und Wirbelungsüberhitzer; ihre Hauptabmessungen sind im einzelnen angegeben. Die Dampfpumpen bestehen aus rostfreiem Stahl. Die Kessel haben Stokerfeuerung; die Kohlenförderung erfolgt selbsttätig. Die zweizylindrige Hochdruckturbinen läuft mit 3000 U/min und hat waagrecht geteilte Gehäuse; in die Welle ist eine Bibbykupplung eingebaut. Der Hauptgenerator hat 18 000 kW, einen Leistungsfaktor von 0,8 und 33 kV Nennspannung; er ist unmittelbar mit einem dreiphasigen Hilfsgenerator für 1650 kW, 415 V sowie einer Erregermaschine gekuppelt. Die Generatoren haben geschlossene Kühlsysteme. Der Niederdruckteil ist ebenfalls zweigehäusig und läuft mit 3000 U/min; Hilfsgeneratoren für Gleichspannung und Erregermaschine sind über Getriebe für 1000 U/min angekuppelt. Die Pumpen für die Durchströmungskondensatoren besitzen Wechselstromantriebe, zur Förderung des Kesselspeisewassers dienen Turbinen. Die Generatoren sind parallel geschaltet; die abgehenden Leitungen gehen über Freiluftölschalter. Die seit Ende 1938 in Betrieb befindliche Anlage hat einen Gesamtwirkungsgrad von etwa 30%; der Kesselwirkungsgrad beträgt 89%. Die Kesselüberwachungseinrichtungen sind auf Meßtafeln zusammengefaßt. *an.*

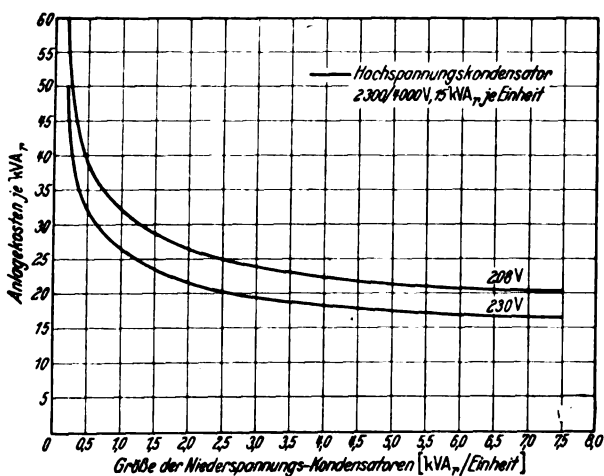


Bild 1. Spezifische Anlagekosten von Niederspannungskondensatoren.

Spannung und Leistung je Einheit abhängenden spezifischen Kosten (RM je kVA<sub>r</sub>). Deshalb sind Niederspannungs- gegenüber Hochspannungskondensatoren nur so lange wirtschaftlicher, als ihre Vorteile hinsichtlich Netzverstärkung (bei gleichem Spannungsabfall freierwerdende Netzübertragungsfähigkeit<sup>3)</sup>, freierwerdende Umspannerleistung; Ersparnis an Stromwärmeverlusten) die Jahreskosten ihres Mehrpreises überwiegen. Der Verfasser untersucht den Kondensatoreinsatz in 33 Hochspannungs-Strahlen- und 24 Niederspannungsmaschen-Freileitungsnetzen verschiedener Abmessungen und bei verschiedenen Lastverhältnissen mit folgendem Ergebnis:

1. Allgemein bieten Niederspannungskondensatoren Vorteile nur in Niederspannungs-Maschennetzen wegen des dort schon möglichen Lastausgleiches.
2. Im Anschluß an Hochspannungs-Strahlennetze sind Niederspannungskondensatoren wirtschaftlich nur bei geringem Streckenbelag (kVA/km) und niedrigen Leistungsfaktoren. Die Leistung der Kondensatoren, die den einzelnen Netzumspannern zugeordnet werden, ist sorgfältig auf deren Belastung abzustimmen. Zwecks Verringerung des Spannungsabfalles zwischen dem ersten und letzten Abnehmer ohne Spannungserhöhung beim ersten Abnehmer sind Kondensatoren, gerechnet in Speiserichtung, erst von dem

**Handelsregistereintragungen.**—Elektromechanik G. m. b. H., Reichenberg-Althabendorf Sudetenland, Althabendorf (50000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer Geräte und Zubehörteile auf dem Gebiet der drahtlichen Telephonie und Telegraphie, ferner Herstellung und Vertrieb von elektrischem Autozubehör und elektrofeinmechanischen Geräten. — Stromversorgung Töging G. m. b. H. (20000 RM): Versorgung der Einwohner des Töginger Gemeindegebietes mit elektrischer Energie. — Roriphon Elektroakustische Apparatebau — G. m. b. H., München, Kurfürstenplatz 2 (20000 RM): Verwertung des von H. Rohling entwickelten Stahltonverfahrens nach dem darauf erteilten deutschen Reichspatent sowie Herstellung der nach dem patentierten Verfahren zu bauenden Stahlton-Apparate im eigenen Betriebe oder im Wege der Vergebung. — Wasser- und Energieversorgungsgesellschaft m. b. H., Göringwerke, Watenstedt, Kreis Wolfenbüttel (100000 RM): Versorgung der Verbraucher im Gebiete der Betriebe und Siedlungen der Reichswerke AG. für Erzbergbau und Eisenhütten „Hermann Göring“ mit Wasser und Energie.

<sup>1)</sup> Fr. Bauer, Der Kondensator in der Starkstromtechnik, Verlag J. Springer, Berlin 1934, ETZ 56 (1935) S. 501, 57 (1936) S. 207, 58 (1937) S. 709 u. 1121, 59 (1938) S. 457 u. 599; VDE-Fachber. 7 (1935) S. 21 u. 25, 9 (1937) S. 14; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 54 (1936) S. 419, 57 (1939) Hefte 31, 32; Siemens-Z. (1937) S. 461; AEG-Mitt. (1936) S. 146; Bull. schweiz. elektr. Ver. 20 (1929) Nr. 19, 22 (1931) S. 509, 25 (1934) S. 10, 27 (1936) S. 633; Gen. Electr. Rev. 39 (1936) S. 466; Electr. Wld., N. Y. 107 (1934) S. 375, 108 (1936) S. 3899, 107 (1937) S. 682 u. 875; Electr. J. 34 (1937) S. 103 u. 195, 35 (1938) S. 691; Cigre-Berichte Nr. 123 u. 308, Paris 1939.

<sup>2)</sup> ETZ 58 (1938) S. 711; Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 139.  
<sup>3)</sup> Bull. schweiz. elektr. Ver. 27 (1936) S. 657; ETZ 58 (1937) S. 709.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker

(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
 Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
 Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
 Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 723 84

## Schwachstrombeeinflussung

Der Ausschuß hat

VDE 0226 „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmeldeanlagen und an Bahnanlagen mit Gleichrichterspeisung im Hinblick auf gegenseitige Näherungen“

zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Der Entwurf ist in ETZ 61 (1940) H. 19, S. 422 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 1. Juli 1940 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
 Die Geschäftsführung  
 Viehhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein E. V.  
 (Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
 Fernsprecher: 34 88 86

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektromaschinenbau.** Leiter: Ing. K. Bätz VDE.  
 16. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Die Bauarten der Laufer langsam laufender Stromerzeuger“. Vortragender: Ing. Jos. Dohmen.

VDE Bezirk Berlin  
 vormals Elektrotechnischer Verein  
 Der Geschäftsführer  
 Burghoff

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Südsachsen, Chemnitz.** 16. 5. (Do), 20<sup>00</sup>, Staatl. Akademie für Technik: „Film und Stroboskop in Physik und Technik“. Obering. Dr. Th. Meyer VDE.

## PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**Hermann Passavant †.** — Ein Menschenalter hindurch hat der in Berlin im Ruhestand lebende ehemalige Verwaltungsdirektor der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Hermann Passavant, der deutschen Elektrizitätswirtschaft in treuester Pflichterfüllung gedient, bis ihn am 21. April 1940 ein sanfter Tod im 76. Lebensjahr hinwegnahm. Passavant, ein gebürtiger Darmstädter und während des Studiums an der Technischen Hochschule seiner Vaterstadt Schüler von Geheimrat Erasmus Kittler, begann sein Lebenswerk im Jahre 1891 bei den Berliner Elektrizitäts-Werken (BEW). 30 Jahre lang hat er, von den ersten Anfängen der Kraftwerkstechnik an, die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Berlins maßgebend beeinflusst, als er sich im Jahre

1921 als aufrechter deutscher Mann veranlaßt sah, den widrigen politischen Verhältnissen der damaligen Zeit Rechnung zu tragen und — zusammen mit den beiden anderen Vorstandsmitgliedern — sein Amt als Direktor der Städtischen Elektrizitätswerke Berlin (StEW) niederzulegen.

Nach kurzer leitender Tätigkeit bei dem damaligen Zentralverband der Deutschen Elektrotechnischen Industrie setzte 1922 mit der Übernahme der Geschäftsleitung der Vereinigung der Elektrizitätswerke (VDEW) der zweite Teil des Lebenswerkes von Dr. Passavant ein. Über ein Jahrzehnt arbeitete er in nie versagender Schaffenskraft trotz teilweise schwieriger Zeiten am Ausbau der VDEW, deren Hauptversammlung ihn schon 1921 in Kolberg in dankbarer Anerkennung seiner großen Verdienste um die deutsche Elektrizitätsversorgung einstimmig zum Ehrenmitglied ernannt

hatte. Unterstützt durch sein umfassendes Wissen und einen klaren Blick für die Entwicklungsmöglichkeiten der Elektrizitätsanwendung auf allen Gebieten der Technik sowie des täglichen Lebens schuf Dr. Passavant durch die immer stärker in Erscheinung tretende VDEW auch die Grundlagen für die heutige leistungsfähige und gut durchgebildete Organisation der deutschen Elektrizitätsversorgung, deren Ruf weit über Deutschlands Grenzen hinausgeht.

Mit der Vollendung des 70. Lebensjahres trat Dr. Passavant am 30. Juni 1934 in den wohlverdienten Ruhestand, nachdem durch die Bildung der Organisationen der gewerblichen Wirtschaft auch die Neuordnung der deutschen Elektrizitätswirtschaft beendet war. Mit dem Reichsverband der Elektrizitäts-Versorgung (R. E. V.) und der Wirtschaftsgruppe Elektrizitätsversorgung (W. E. V.) als Rechtsnachfolgerin der VDEW trauert auch der Verband Deutscher Elektrotechniker, in dem er Ausschußmitglied und eifriger Mitarbeiter fast aller Kommissionen war, um einen Mann, dessen Andenken bei seinen Freunden, Fachgenossen und früheren Mitarbeitern nicht erlöschen wird.

**Hochschulschriften.** — Der Dozent Dr. phil. habil. Rudolf Sewig in Dresden ist zum außerplanmäßigen Professor ernannt worden.



H. Passavant †

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.316.7

**Die selbsttätige Regelung in der Elektrotechnik.** Von Prof. Dr.-Ing. A. Leonhard. Mit 186 B., VIII u. 192 S. im Format 160 × 240 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geh. 16,50 RM, geb. 18 RM.

In den ersten Abschnitten des übersichtlich gegliederten Buches werden allgemeine Begriffsbestimmungen für die Regelmittel gegeben. Dabei scheint das Nebeneinander der synonymen Wortpaare „direkt : indirekt“ für Regler und „unmittelbar : mittelbar“ für die Regelung weder glücklich gewählt noch auch unbedingt notwendig zu sein; es handelt sich doch nur um die Kennzeichnung des Wirkzusammenhanges zwischen dem „Eingang“ und dem „Ausgang“ einer Regelanlage, d. h. zwischen dem die zu regelnde Größe messenden und dem sie beeinflussenden Glied; es ist also unwesentlich, ob ein Verstärker „zum Meßwerk gehörig“ ist oder nicht. Die Klarheit der Systematik brauchte also durch das Wortpaar „direkt : indirekt“ nicht gestört zu werden. Zu begrüßen ist dagegen eine Läuterung des Begriffs „elastische Rückführung“.

Nach einer Darlegung des Verhaltens von Drehstromgeneratoren bei Spannungsregelung werden die Eigenschaften verschiedener Spannungsregelungen, ausgehend vom einfachsten Reglersystem, behandelt, bis eine mittelbare Regelung 1. Ordnung (d. h. mit einem Verstellwerk) mit vorübergehender Statik unter Berücksichtigung des Masseneinflusses theoretisch so klargelegt ist, daß die Stabilität der Regelung untersucht werden kann. Hierfür wird neben der „klassischen“ Methode der kleinen Schwingungen eine neue Methode „der selbst-erregten Schwingungen“ besprochen und ihre Anwendung auf verschiedene Regelungen gezeigt. In ähnlichem Aufbau wird alsdann die Drehzahlregelung von Motoren und von Kraftmaschinen verschiedener Generatoren sowie Gleichlaufschaltungen behandelt. Der theoretische Teil schließt mit der Behandlung von Einzelfragen, insbesondere die Temperaturregelung als Beispiel für Verstellwerke mit sehr großen Zeitkonstanten und die zusätzliche Beeinflussung des Meßwerkes betreffend. Es folgt eine Zusammenstellung von ausgeführten und bewährten Reglern, teilweise mit den Ergebnissen ihrer experimentellen Untersuchung, bildlichen Darstellungen, grundsätzlichen Aufbau- und Schaltungsskizzen sowie Arbeitskennlinien. Den Abschluß des Buches bildet ein Schrifttumsnachweis, der sich, dem Titel des Buches entsprechend, auf das Schrifttum über elektrische Regelung beschränkt.

Das Buch enthält für die allgemeine Regeltechnik wertvolle Darlegungen und stellt damit für das Schrifttum der Regeltechnik schlechthin eine begrüßenswerte Erscheinung dar. Die Begrenzung auf die Elektrotechnik wird durch den Buchtitel aber vollauf zu Recht ausgedrückt, da nicht nur die behandelten Beispiele aus der Elektrotechnik stammen, sondern auch die gesamte Betrachtungs- und Behandlungsweise in der theoretischen Elektrotechnik wurzelt.

H. Petersen

DK 621.396.62

**Moderne Kurzwellen - Empfangstechnik.** Von Dr. M. J. O. Strutt. Mit 176 Bildern, VI u. 245 S. im Format 160 x 240 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 18,60 RM, geb. 19,80 RM.

Trotz des umfangreichen Schrifttums über das Gebiet der Kurzwellen-Empfangstechnik vermag der Verfasser fast in jedem Abschnitt seines Buches über neue Tatsachen oder wenigstens neue Gesichtspunkte zu berichten, so daß auch jeder Fachmann durch das Studium des Buches um vieles reicher werden wird. Eine große Anzahl von eigenen Untersuchungen des Verfassers sind in das Buch hineingearbeitet worden, so besonders die Messungen an Röhren im Kurzwellengebiet und die praktische Ausnutzung der Untersuchungsergebnisse für den Kurzwellen-Empfängerbau. Die Darstellung ist klar und übersichtlich, wenn auch an das mathematische Verständnis des Lesers immerhin nicht unerhebliche Anforderungen gestellt werden.

Das Buch gliedert sich in sechs Kapitel, die folgende Gebiete behandeln: Empfangsantennen, Übertragungsleitungen, Meßeinrichtungen zur Bestimmung von Strömen, Spannungen und Impedanzen bis 20 m Wellenlänge herab, Verstärkung von Spannungen und Strömen im Kurzwellengebiet, Überlagerungsverstärkung und Gleichrichtung, Gesamtaufbau von Empfangsanlagen. Anschließend werden in einem Anhang von 28 Seiten theoretische Erläuterungen zu den einzelnen Kapiteln gegeben. Eine Übersicht über das Schrifttum und ein Sachverzeichnis schließen das Buch ab.

Mit diesem Buch gewinnt das Schrifttum der Hochfrequenztechnik eine originelle und wesentliche Bereicherung.

Heinrich Wigge

DK 539.181.2

**Erzeugung von Atom- und Ionenstrahlen.** Von Dr. H. Bomke. Mit 37 Abb., VI u. 147 S. im Format 140 x 215 mm. Verlag F. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939. Preis geh. 9,40 RM.

Atom- und Ionenstrahlen spielen eine grundlegende Rolle bei der Erforschung des Baus der Atome und vor allem ihrer Kerne. Die heutigen Höchstspannungsanlagen in Verbindung mit ergiebigen Ionenquellen können, um ein Beispiel zu nennen, in ihrer Wirkung mehreren hundert Kilogrammen Radium gleichkommen. Die großen Erfolge der modernen Kernphysik sind zum großen Teil solchen Anordnungen zu verdanken. Wer sich daher von den Untersuchungsmethoden der Kernphysik ein Bild machen will, muß auch die Erzeugung von Atom- und Ionenstrahlen studieren.

Es ist sehr verdienstvoll vom Verfasser dieses Büchleins, einmal recht vollständig diese Erzeugungsarten und ihre tech-

nischen Einzelheiten beschrieben und dabei den Rahmen so weit gefaßt zu haben, daß auch die Verwendungen der Ionen- und Atomstrahlquellen weitgehend erläutert werden. Im einzelnen werden besprochen: Die Ionenerzeugung im modernen Kanalstrahlrohr, durch Elektronenstoß, mittels Funkenentladung, die Gewinnung von Ionen aus festen Oberflächen und mit Hilfe des Langmuireffektes. Ein zweites Kapitel behandelt die Beschleunigungsarten von Ionen auf Höchstgeschwindigkeiten, als da sind, Nachbeschleunigung, Kaskadenanordnung, Cyklotron. Auch die Massenspektrographen werden kurz beschrieben. Bei der Erzeugung von Atomstrahlen werden behandelt: die thermische Erzeugung, die Erzeugung mittels Gasentladungen und durch Neutralisation von Ionenstrahlen. Ein weiteres Kapitel bespricht die Geschwindigkeitshomogenisierung und ein letztes die Nachweismethoden von Atomstrahlen. Eine große Zahl von Bildern belebt den Text.

Es besteht kein Zweifel, daß das vorliegende Büchlein nicht nur den Physiker, sondern auch — und nicht zuletzt — den Techniker interessieren wird, der über die verwendeten Verfahren einen Überblick haben oder spezielle Anordnungen und ihre Erfolge kennenlernen möchte.

Wenn man einen Vorschlag zur Verbesserung geben darf, so ist es dieser: Der Wert des Ganzen würde durch ein Schrifttum sehr erhöht. Ich habe an mehreren Stellen sehr bedauert, daß ich Einzelheiten, die mich an einem Versuch interessieren und die selbstverständlicherweise im Rahmen dieses Büchleins keinen Platz haben, nicht in der Originalarbeit nachlesen kann, da kein Hinweis besteht, wo diese zu finden ist.

Hans Kopfermann

DK 621.94—585

**Die Drehzahl-Normung und ihre wirtschaftliche Auswirkung im Drehbankbau.** Von Dipl.-Ing. R. Boehringer. Mit 40 B., 8 Tab. IV u. 29 S. im Format 220 x 310 mm. Verlag Julius Springer, Berlin 1939. Preis geh. 3 RM.

Die Gründe zur Einführung der Drehzahl-Normung und ihre Auswirkung auf die Drehbankgestaltung und -fertigung zum Vorteil von Hersteller und Verbraucher werden erörtert. Den Elektrotechniker interessiert hierbei die Verwendung von polumschaltbaren Motoren und die Untersuchung der Frage, wann und bei welchen Getriebeplänen bzw. Drehzahlreihen polumschaltbare Motoren überhaupt verwendet werden können. Der Universalgetriebeplan mit polumschaltbarem Motor paßt sich den verschiedenen Anforderungen in der Praxis gut an. Alle Möglichkeiten können bei Benutzung von nur einem Spindelkasten und bei immer sich wiederholender Verwendung der einzelnen Räder und Wellen nach dem Baukastensystem geschaffen werden. Durch die Drehzahlnormung und deren Auswirkung läßt sich die Getriebegestaltung auf ein einziges Grundgetriebe zurückführen.

A. Przygode VDE

## EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten]

### Bücher

Das Rechnen der Elektriker. Aufgabensammlung zur Gleich- und Wechselstromtechnik. Von C. Hölcke, E. Helmke u. J. Blichenberg. 2. Aufl. Mit zahlr. Bildern u. 120 S. im Format A 5. Verlag Julius Klinkhardt, Leipzig 1939. Preis kart. 1,80 RM.

[Die Verfasser haben mit diesem Buch eine Aufgabensammlung geschaffen, die in erster Linie für den Berufs- und Fachschüler gedacht ist und auf 90 Seiten aus den hauptsächlichsten Gebieten der Gleich- und Wechselstromtechnik Aufgaben entnimmt. Das Buch wird durch eine Formelzusammenstellung eingeleitet und durch einen Tafelanhang beschlossen.]

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Dr.-Ing. M. Skaliczky, Berlin-Charlottenburg 9, Neu-Westend, Steubenplatz 5  
Ing. H. Vitis, Berlin O 112, Sonntagstr. 21

Abschluß des Heftes: 3. Mai 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 16. Mai 1940

Heft 20

## Der Eigenbedarf beim Dampfkraftwerk im Rahmen des gesamten Entwurfes

Von F. Kaißling und A. Roggendorf VDE, Bitterfeld

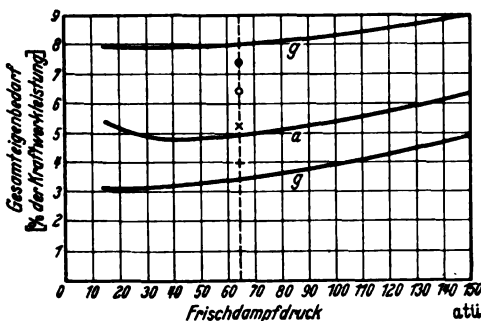
DK 621.311.18/.22.001.13

**Übersicht.** Zur Zeit werden viele Kraftwerke gebaut, deren Abnehmer große Industrierwerke sind, die im Gegensatz zu dem durchschnittlichen Verhalten der öffentlichen Netze und gewöhnlicher Industrien die Leistung fast ununterbrochen in voller Höhe verwenden. Durch das Fehlen der bei öffentlichen Werken sonst vorhandenen regelmäßigen Entlastungen durch Tages- und Jahreszeit sowie Sonn- und Feiertage wird von diesen ausgesprochenen Grundlastwerken eine Betriebssicherheit verlangt wie bisher in dieser Schärfe nur für Kraftwerke der chemischen Großindustrie. Dadurch gewinnt die Sicherung des Eigenbedarfs, die an sich schon mit der Entwicklung der neuzeitlichen Hochleistungskessel und -feuerungen immer wichtiger geworden ist, noch erhöhte Bedeutung. Die folgenden Betrachtungen zeigen, daß es sich hier nicht nur um eine Aufgabe für den mit der Planung des Hausnetzes beauftragten Ingenieur handelt, sondern daß die richtige Lösung im engsten Zusammenspiel mit dem gesamten Kraftwerksentwurf gesucht werden muß.

### 1. Größe des Eigenbedarfs

#### a. Abhängigkeit vom Dampfdruck

Ellrich [1]<sup>1)</sup> hat die von Quack [2] bereits angeführte Tatsache bestätigt, daß die Abhängigkeit des Eigenbedarfs vom Dampfdruck nicht so groß ist, wie zu-



Linie a Werte für mittlere Verhältnisse (Tafel 1)  
 o nach Andritzky (5) zum Vergleich,  
 x desgleichen ohne Feuerungsmühlen  
 Einfluß anderer Kesselhausgestaltung:  
 + z. B. kein Unterwind,  
 • z. B. mit Mühlenfeuerung und ohne hohen Schornstein

Bild 1. Abhängigkeit des Eigenbedarfs vom Dampfdruck. Die Grenzlinien g nach Queißer [6] von Ellrich [1] bestätigt.

nächst vermutet wird. Dem steigenden Kraftbedarf der Speisepumpen steht, auf gleiche Kraftwerksnutzleistung bezogen, bei höherem Druck ein geringerer Bedarf der Kessel- und der Kondensationsanlage gegenüber, und zwar entsprechend der Kohlenersparnis [3, 4]. Erst bei einem

<sup>1)</sup> Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

Druck oberhalb von etwa 100 at beginnt der Zuwachs der Speiseleistung die Kraftersparnis bei Kessel- und Kondensationsanlage in stärkerem Maße zu übersteigen.

Der Eigenbedarf in Abhängigkeit vom Dampfdruck ist für mittlere Verhältnisse durch die Linie a in Bild 1 dargestellt und in Tafel 1 nach den Verbrauchern aufgeteilt. Bei 20 und bei 100 at stimmen die Werte der Tafel 1 mit den von Quack angegebenen überein.

Tafel 1. Einfluß des Dampfdrucks auf den Eigenbedarf eines Kondensations-Kraftwerks (Bild 1).

Vorausgesetzt sind mittlere Verhältnisse, also Naturumlaufkessel, Zweizugkessel, Schornstein 150 m, Rohbraunkohle-Rostfeuerung, Unterwind und Saugzug, Elektrofilter, Rückkühlung.

Kesseldruck . . . ata	20	40	60	64 <sup>1)</sup>	80	100	120	150
Anteil an der gesamten Nutzleistung. . . %	5,25	4,78	5,00	5,30 <sup>2)</sup> 6,43 <sup>3)</sup>	5,27	5,53	5,85	6,36

Auftellung in	20	40	60	64 <sup>1)</sup>	80	100	120	150
1. Feuerungsmühlen . . .	—	—	—	1,13	—	—	—	—
2. Kesselhaus, vorwiegend Saugzug und Unterwind, daneben Bekohlung und Entaschung, Rostantrieb . . .	2,92	2,49	2,40	2,80 <sup>4)</sup>	2,35	2,31	2,28	2,27
3. Speisepumpen . . .	0,48	0,80	1,15	1,25 <sup>5)</sup>	1,51	1,84	2,20	2,73
4. Maschinenhaus, vorwiegend Kühlwasserpumpen . . .	1,85	1,49	1,45	1,25 <sup>6)</sup>	1,41	1,38	1,37	1,36

- 1) Nach Andritzky (5) zum Vergleich
- 2) Ohne Feuerungsmühlen
- 3) Mit Feuerungsmühlen
- 4) Schornstein etwa 30 m niedriger und Mühlenfeuerung
- 5) Gute Übereinstimmung mit den Nachbarwerten
- 6) Flußwasserkühlung.

#### b. Die übrigen Einflußgrößen

Der von Ellrich bei den untersuchten Kraftwerken gefundene Streubereich ist sehr groß und übersteigt bei weitem den Einfluß des Druckes. Für 64 at sind daher in Bild 1 besondere Punkte eingetragen, die den Einfluß der Feuerungsart und der Zugerzeugung zeigen. Der zunächst unverstänlich groß scheinende Streubereich erklärt sich dadurch zwanglos. In Tafel 2 sind, abgesehen vom Dampfdruck, alle übrigen Einflußgrößen auf den Eigenbedarf dargestellt.

Nach Tafel 1 braucht das Kesselhaus im Durchschnitt etwa 1,6- bis 2,1mal mehr Kraft als das Maschinenhaus. Die Leistung der Speisepumpen erreicht, dem Drucke entsprechend zunehmend, oberhalb 100 at den Kesselhausbedarf. Aus dieser Verteilung der Kraftverbraucher folgt, daß Unterschiede in der Gestaltung des Kesselhauses, besonders der Zuführung, Zugerzeugung, Feuerungsart und Rauchgasentstaubung den Bedarf des gesamten Kraftwerks sehr stark verändern können. Auch die Sonderkessel üben einen merkbaren Einfluß aus. Der Unter-

Tafel 2. Einflußgrößen auf den Eigenbedarf eines Dampfkraftwerks.

	%	
1. Kesselart (Mehr gegen Naturumlaufofenkessel*)		
Zwangdurchlauf-(Benson- oder Sulzer-)kessel	3 ... 4 <sup>3)</sup>	der Einfluß ist angegeben in % des mittleren Eigenbedarfs; dieser beträgt seinerseits 5 bis 6% der gefahrenen Nutzleistung (Taf. 1).
Zwangumlaufofen-(La Mont-)kessel	6 ... 7 <sup>1)</sup>	
Löfflerkessel	50 ... 60 <sup>1)</sup>	
2. Zuführung (Zweizugkessel braucht mehr als Einzugskessel)	etwa 10	
3. Zugerzeugung (Mehr gegen natürlichen Zug eines Schornsteins von 150 m Höhe)		
Saugzug	10 ... 20	
Unterwind	10 ... 20	
4. Feuerungsart (Mühle braucht mehr als Kof)	20	
5. Entstaubung (Zyklon braucht mehr als Elektrofilter)	10 ... 20 <sup>2)</sup>	
6. Speisewassertemperatur 200°C braucht mehr als 100°C am Saugstutzen der Speisepumpe bei rd. 100 at Kessel-druck.	1,6 <sup>1)</sup>	
7. Kondensation (Rückkühlung braucht meist mehr als Flußwasserkühlung)	etwa 3	
8. Zusätzlicher Bedarf für Versorgung eines Braunkohlentagebaues einschließlich Kohlenbahn	20 ... 60	

1) Nach Ellrich (1) 2) Nach Ellrich 3,6% 3) Nach Ellrich 15% 4) Schmidt-kessel sind in diesem Zusammenhang wie Naturumlaufofenkessel zu bewerten.

schied zwischen Flußwasser- und Rückkühlung tritt zurück. Der Einfluß der Speisewassertemperatur ist erst oberhalb von etwa 100 at nennenswert. Die Versorgung eines benachbarten Braunkohlentagebaues ist bezüglich der Spannungshöhe mit dem übrigen Eigenbedarf zu betrachten, bezüglich des Anspruchs auf Betriebssicherheit dagegen nicht.

Der Eigenbedarf ist als tatsächlich gefahrene Leistung in Anteilen der Dauernutzleistung des Kraftwerks angegeben. Sein Anschlußwert muß nach Ellrich [1] etwa 1,5 bis 2 und nach Andritzky [5] 1,5- bis 1,6mal so hoch angenommen werden. Es gibt Anlagen, die mit weniger, etwa dem 1,25fachen, ausgekommen sind.

2. Dampf oder Strom für die Hilfsantriebe

Neben die großen Unterschiede infolge verschiedener Gestaltung des Kesselhauses tritt der Umstand, daß mehr oder weniger Hilfsmaschinen mit Dampf getrieben werden können. Nach Andritzky [5] spricht, besonders bei Grundlastwerken, weder für den strom- noch für den dampfversorgten Antrieb ein überwiegender wirtschaftlicher Anreiz (Bild 2). Die Entscheidung wird also nach betrieblichen

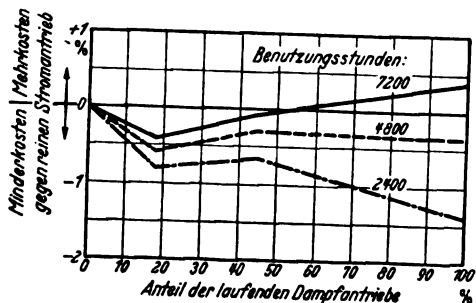


Bild 2. Kostenvergleich zwischen Dampf- und Stromantrieb der Hilfsmaschinen (nach Andritzky [5]). Der Unterschied ist unwesentlich, besonders bei hohen Benutzungsstunden (Grundlast).

Tafel 3. Grenzwerte des Eigenbedarfs<sup>1)</sup> bei 100 at Kesselldruck in % der gefahrenen Nutzleistung. D durch Dampf und S durch Strom zu deckende Leistung, wenn Kesselspeisung und Kondensation durch Dampf, alles andere durch Strom angetrieben wird. G gesamte Eigenbedarfsleistung.

Größe des Eigenbedarfs	Mindestwerte			Mittelwerte			Höchstwerte		
	G	D	S	G	D	S	G	D	S
1. Mühlenfeuerung	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Kesselhaus, vorwiegend Zugerzeugung	1,20	—	1,20	2,31	—	—	1,10	—	1,10
3. Speisepumpen	1,80	1,80	—	1,84	1,40	2,31	4,50	—	4,50
4. Maschinenhaus, vorwiegend Kühlwasserpumpen	1,15	1,10	0,05	1,38	1,30	0,44	1,90	1,45	0,45
Summe in % der Kraftwerksnutzleistung	4,15	2,90	1,25	5,53	2,70	2,83	1,40	1,32	0,08
bei 100 000 kW Kraftwerkaleistung									
Wirkleistung kW	4 150	—	1250	5 530	—	2830	8 900	—	6 130
Scheinleistung kVA	6 000	—	1800	8 000	—	4000	13 000	—	9 000
Anschlußwert etwa kVA	10 000	—	3200	13 000	—	7000	20 000	—	14 000

1) Ohne Einschluß des Bedarfs einer Kohlenbahn und eines Tagebaubetriebs (Tafel 2).

Gesichtspunkten fallen, wobei wegen des Wirkungsgrades große Leistungen für die Turbine bevorzugt in Betracht kommen.

a. Bevorzugte Turbinenantriebe

Für die Kondensationsanlage ist der Dampftrieb zu empfehlen, und zwar vorwiegend bei Rückkühlung, da bei Flußwasserkühlung die Kühlwasserpumpen weiter vom Kraftwerk entfernt sind. Am wirtschaftlichsten ist eine Turbine mit bestem thermischen Wirkungsgrad, die meist über ein Getriebe auf die Pumpenwelle arbeitet. Diese Anordnung ist erfahrungsgemäß so betriebssicher, daß eine zweite Kraftquelle entbehrlich ist. Die bewährte Einschaltung in den Wärmekreislauf<sup>2)</sup> ist einfach.

Auch bei den Speisepumpen wird sehr häufig der Dampftrieb gewählt. Je höher der Kesselldruck, um so größer die Pumpenleistung und damit auch der wirtschaftliche Anreiz. Der Umstand, daß Pumpen, die nach langer Betriebszeit im Druck nachzulassen beginnen, durch Drehzahlerhöhung noch benutzbar gehalten werden können, und die gute Regelbarkeit sprechen für die Turbine. Die schnelle Anfahrbereitschaft von Motoren ist nur bei niederem Dampfdruck ein Vorteil, da bei höherem Druck die vielstufigen Pumpen mit heißem Wasser nicht schneller angefahren werden können, als es eine Turbine ebenfalls vermag. Die Einfügung in den Wärmekreislauf des Kraftwerks ist heute auch für hohen Dampfdruck gelöst. Schwierigkeiten, die bei Teillastbetrieb auftreten können [11], sind bis herauf zu einem Druck von 100 at einfach und betriebssicher durch geeignete Schaltung der Vorwärmer und durch selbsttätiges Abschalten der untersten Stufe der Anzapfvorwärmer überwinden.

b. Bevorzugte Motorantriebe

Wollte man auch noch die großen Leistungen der Feuerungsmühlen und der Saugzuggebläse mit Turbinen treiben, so könnte man den Abdampf meist nicht mehr wärmewirtschaftlich im Wärmekreislauf unterbringen. Man müßte also dann die Kondensation und die Speisung mit Strom versorgen. In fast allen ausgeführten Anlagen ist bei der räumlichen Lage jener Antriebe die Entscheidung gegenteilig gefallen, weil die Einschaltung in den Wärmekreislauf schwieriger ist und der Motor an die Sauberkeit und Staubfreiheit der Umgebung und an die Zugänglichkeit für Wartung und Überholung geringere Ansprüche stellt als eine hochwertige Turbine, denn nur eine solche kann mit dem Motor in wirtschaftlichen Wettbewerb treten. Trotzdem werden auch in Deutschland, besonders in Industriekraftwerken, die Saugzuggebläse manchmal durch Turbinen angetrieben, wenn der Ausfall an Kesselleistung infolge eines Versagens der Zugerzeugung nicht tragbar ist. Der Turbinenantrieb ist bei gemeinsamen Saugzuganlagen für mehrere Kessel wirtschaftlicher als bei Einzelsaugzug für jeden Kessel. Die Feuerungsmühlen könnten nur zum Teil mit Dampf getrieben werden, da zum Anfahren Fremdkraft zugeführt werden muß. Wegen aller oben angeführten Umstände kann für dieselbe Kraftwerksleistung die Größe des stromversorgten Eigenbedarfs sehr verschieden sein (Tafel 3).

2) Die Wechselwirkung zwischen Dampftrieb des Eigenbedarfs und Wärmekreislauf des Kraftwerks wird an anderer Stelle behandelt.

### 3. Sicherung der Kraftversorgung für den Eigenbedarf

#### a. Empfindlichkeit des Verbrauchers je nach Eigenart und Entwurf

Eine Trennung in der Weise, daß man den wichtigen Eigenbedarf durch Dampf treibt und nur solche Anlagen, die eine Unterbrechung gestatten, dem Strom überläßt, ist schon mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit des Wärmekreislaufs nicht restlos durchzuführen. Die Stromzufuhr darf daher möglichst überhaupt nicht oder nur kurze Zeit unterbrochen werden. Die Schärfe dieser Forderung ist abhängig von Eigenart und Entwurf der zu versorgenden Anlagenteile.

#### Kondensation und Speisung

Wenn das Kühlwasser ausbleibt, während die Turbine noch Dampf in den Kondensator bläst, gefährdet der Temperatursprung augenblicklich die Dichtheit des Kondensators und bei großen Maschinen auch das Abdampfgewölbe und den Niederdruckläufer.

Neuzeitliche gewöhnliche Hochleistungskessel, Schmidkessel, Zwangumlaufkessel und Löfflerkessel haben einen Wasservorrat für 1,5 bis 3 min. Mit Ausnahme der Schmid- und der Löfflerbauart gefährdet eine längere Unterbrechung der Speisung den Kessel durch Ausglühen und Reißen der Siederöhre. Bei Zwangdurchlaufkesseln ist die Betriebsfähigkeit sofort mit der Speisung unterbrochen, bei Zwangumlaufkesseln und Löfflerkesseln mit dem Stillstand der Umwälzpumpen.

Da das Versagen der Hilfskraft in den genannten Fällen nicht nur den Betrieb unterbricht, sondern auch Schäden an der Anlage verursachen kann, wählt man zumindest Notdampftrieb.

#### Kesselhaus

Dem Stromantrieb vorbehalten bleiben hierbei vorwiegend die Zugerzeugung und die Feuerungen, weil hier eine Unterbrechung keine Gefahr hervorrufen kann.

Wenn man 50 % des für Vollast nötigen Zuges durch einen Schornstein erzeugt, so können bei Ausfall des künstlichen Zuges noch 70 %<sup>3)</sup> der Kesselleistung weiter gefahren werden. Bei neuzeitlichen Kesseln ist das bei einer Schornsteinhöhe von rd. 150 m der Fall, wie sie bei neuen Braunkohlenkraftwerken vielfach mit bestem Erfolg ausgeführt worden ist. Erhält ein Kessel zwei Gebläse mit verschiedenen Stromgruppen, so werden ohne Schornstein bei Störung einer Gruppe ebenfalls noch 70 % der Leistung gehalten, mit Schornstein entsprechend mehr. Die Einzugsesselbauart verstärkt den günstigen Einfluß des Schornsteins, aber auch bei Zweizugsesseln kann durch reichliche Bemessung des zweiten Zuges der Anteil des künstlichen Zuges eingeschränkt werden [1].

Rostfeuerungen gestatten bei einem Mindestmaß an natürlichem Zug das Anfahren des Kraftwerkes aus eigener Kraft. Nach Unterbrechung ihres Antriebs geht bei ihnen die Leistung mehrere Minuten lang noch nicht und dann allmählich zurück. Bei Steinkohle zwingt die Wahl einer Rostfeuerung zu einer schlechteren Bemessung des Wärmekreislaufes, bei Rohbraunkohle dagegen nicht<sup>4)</sup>.

Eine Gesamtmahlanlage verträgt wegen der Bunkerung des Staubes eine Betriebsunterbrechung, allerdings muß der Antrieb für Staubzuteiler und Brennerluft gesichert werden. Eine Stromunterbrechung bei Kohlenstaub- und Mühlenfeuerung kann weitgehende Folgen haben, da die Hauptmaschine und etwa sonst vorhandene Dampftriebe nach dem Ausfall der Kesselleistung schnell zum Erliegen kommen und ein Anfahren aus eigener Kraft nicht möglich ist. Um den in den Kesseln zunächst noch vorhandenen Dampf den Hilfsmaschinen vorzubehalten, können die Hauptmaschinen Regler erhalten, die unterhalb eines Mindestdruckes den Dampf-

einlaß sperren. Ferner ist zu beachten, daß je nach Brennstoff und Bauart die Feuerungen nach einem Stillstand von 10 bis 30 min nicht mehr von selbst zünden. Eine Gaszusatzfeuerung, die bei Industriekraftwerken vielfach vorhanden ist, erleichtert das Wiederanfahren.

Die Anordnung von Notturbinen, wie bei Kondensations- und Speisepumpen, verbietet sich meist bei der großen Anzahl der Maschinen wegen der Verwicklung und der Kosten der Anlage. Man kann aber zwei bis vier Mühlen auf 2 Kessel verteilt mit selbsttätig anspringendem Notdampftrieb ausrüsten, um mit Unterstützung des erwähnten Kesseldruckreglers an den Hauptmaschinen aus eigener Kraft wieder anfahren zu können.

#### Selbsttätige Steuerungen

Selbsttätige Steuerwerke und Regler bedürfen sehr oft einer unbedingten Sicherung ihrer Druckölversorgung. Hier hat sich am besten bewährt, zwei Ölpumpen anzuordnen, von denen jede für die volle Leistung ausreicht und über Rückschlagventile in die gemeinsame Leitung drückt. Die Motoren der Pumpen speist man je von einem der beiden Drehstrom-Hausnetze, deren Spannung, wie später gezeigt, durch selbsttätige Umschaltung gesichert werden kann. Man kann auch den einen Motor an das für Betätigungen und viele andere Steuervorrichtungen außerdem stets vorhandene Gleichstromnetz mit Batterie anschließen.

#### Drehzahlsteuerung

In der Drehzahl steuerbare Motoren müssen beim Ausbleiben der Spannung abgeschaltet werden; sie können selbsttätige Wiederanlaßvorrichtungen erhalten. Bei Kurzschlußläufermotoren müssen Drehzahländerungen mittels mechanischer Getriebe oder Leonardgetriebe oder auch durch Frequenzänderung des ganzen Hausnetzes vorgenommen werden. Beim Wiederkehren der Spannung läuft dabei der Betrieb bei richtiger Absicherung des Netzes ohne besondere Vorrichtungen weiter.

#### b. Sicherung gegen eine Störung innerhalb des Hausnetzes

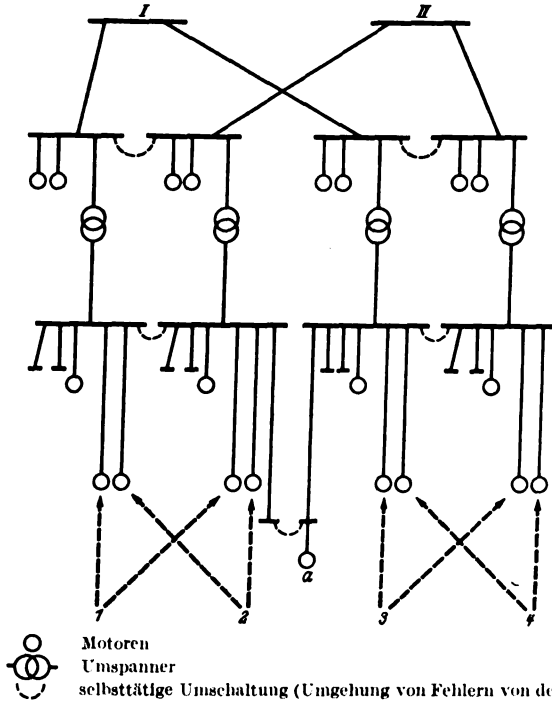
Es besteht die Aufgabe, betriebsfähige Motoren wieder mit Spannung zu versorgen, wenn ein Fehler den Weg von der Stromquelle zum Motor unterbrochen hat. Eine Lösung zeigt Bild 3 im Wesen und Bild 4 in den Einzelheiten. Den zwei Hausnetzschiene entsprechen zwei Strahlennetze. Die Hauptverteilungen je eines Strahles von beiden Gruppen haben eine für gewöhnlich offene Querverbindung, die erst bei Nullspannung eines Strahles selbsttätig einschaltet, allerdings nur dann, wenn die Zuleitung zur spannungslosen Hauptverteilung nicht durch Überstrom abgeschaltet wurde (kein Fehler in der Hauptverteilung). Bei einem Fehler hinter der Hauptverteilung wird die Umschaltung nicht herausgefordert, weil er spätestens durch die Sicherung am Abzweig von der Hauptverteilung abgeschaltet wird. Es ist der allgemeine Fall angenommen, daß auch 10 kV-Motoren vorhanden sind. Alle Fehler zwischen der Stromquelle, diese einschließlich, und den 10 bzw. 0,5 kV-Hauptverteilungen, diese ausschließlich, können auf diese Weise selbsttätig umgangen werden.

Die Kosten der selbsttätigen Querverbindung sind unbedeutend, besonders da meist die Hauptverteilungen räumlich benachbart angeordnet werden, z. B. vor der Kesselfront. Der Aufwand liegt in der Bemessung jedes Strahls für die doppelte Leistung, wodurch aber auch die größte Sicherung des Hausnetzes erreicht ist. Gibt man unwichtigen Motoren Nullspannungsauslösung, so ist die durch Einfallen der Querverbindung hinzukommende Leistung geringer, und jeder Strahl braucht z. B. nur für die 1½fache Leistung bemessen zu werden. Bei Umschaltung wegen beabsichtigter Überholung eines Stromweges kann dann aber auch nur die halbe Leistung ersetzt werden. Alle für die Steuerung des selbsttätigen Umschaltens erforderlichen Geräte sind üblich und betriebssicher.

<sup>3)</sup> Weil der Zugbedarf mehr als geradlinig mit der Leistung ansteigt.

<sup>4)</sup> Bei wirtschaftlichster Anzapfvorwärmung und gutem Kesselwirkungsgrad wird eine Lufterhitzung von 200 bis 250° C notwendig, die der neuzeitliche Rohbraunkohlenrost entsprechend den neuesten Erfahrungen ohne Schwierigkeiten verträgt [2, 9].

Nullspannungsauslösung an den unwichtigen Motoren erleichtert die Staffelung der Sicherungen und Überstrom-



Motoren  
Umspanner  
selbsttätige Umschaltung (Umgehung von Fehlern von der Stromquelle einschl. bis zur Hauptverteilung ausschli.)  
a Motor ist gegen Fehler in der Hauptverteilung und im Zuleitungskabel geschützt.

Bild 3. Doppelstrahlennetz zur Sicherung gegen Fehler innerhalb des Hausnetzes. Die beispielsweise angedeutete Möglichkeit, jedem Kessel zwei Gebläse auf je eine Gruppe zu geben, setzt Einheitsleistungen von mindestens 80 t/h voraus. Bezüglich Feuerungsmühlen ist die Aufteilung schon bei Einheiten von mindestens 40 t/h wirtschaftlich.

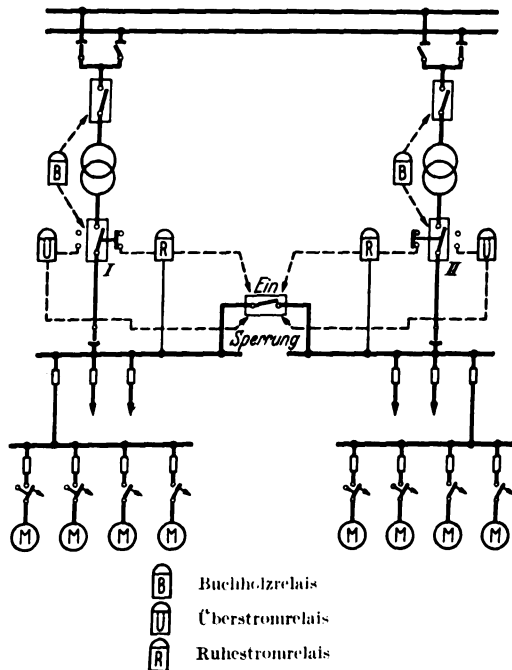


Bild 4. Doppelstrahlennetz zur Sicherung gegen Fehler innerhalb des Hausnetzes.

Erklärung zu Bild 4. Umschalt- und Verriegelungsbedingungen.

- Spannungsrückgang an Gruppe 1 hat zur Folge:  
Abschalten des Umspannerschalters, davon abhängig Einschalten des Kuppelschalters für Querverbindung. Dieser Vorgang ist nur möglich, falls Gruppe 2 Spannung hat, da Spannung für „Aus“-Kommando des Umspannerschalters 1 und „Ein“-Kommando des Kuppelschalters von Gruppe 2 abgenommen wird. Bei Rückgang der Spannung beider Gruppen bleibt der Schaltzustand unverändert.

- Spannungsrückgang an Gruppe 1, verbunden mit Überstromauslösung am Umspannerschalter 1:  
Infolge Ansprechens des Überstromrelais des Umspannerschalters 1 löst Umspannerschalter 1 aus. Dies hat zur Folge, daß das „Ein“-Kommando des Kuppelschalters verhindert wird. Wiedereinschalten des Umspannerschalters nach Beseitigung der Überstromursache nur durch Aufheben der Verblockung am Überstromrelais bzw. einem damit zusammenhängenden Zwischenrelais.
- Einschalten des Kuppelschalters von Hand ist verhindert durch Verriegelung.
- Verriegelungsbedingungen, falls Spannungsrückgang bzw. Überstrom bei Gruppe 2 auftreten, sinngemäß wie unter 1 und 2.
- Die Staffelung von Relais- und Sicherungsauslösezeiten muß so gewählt werden, daß Wiederanlauf der nicht durch Rückgangsauslöser abgeworfenen Motoren möglich ist, daß ferner die Abschaltzeiten in Richtung auf die Spannungsquelle in genügend großen Sprüngen ansteigen.  
Der Schaltvorgang unter 2 wird also nur möglich sein, wenn ein Kurzschluß in der Hauptverteilung auftritt.

schalter für den Fall des Hochfahrens bei Wiederkehr der Spannung.

Sind nur wenige wichtige Motoren vorhanden, so ist es einfacher, beide Spannungen bis an den Motor heranzuführen und ihn selbsttätig von der gestörten Spannung ab- und auf die ungestörte zuzuschalten. Bei ganz lebenswichtigen Antrieben, z. B. auch Steuerwerken, empfiehlt sich ebenfalls diese Lösung.

c. Stromquellen für den Eigenbedarf

Die sichere Versorgung des Eigenbedarfs hängt auch ab von der Eigenart der eingesetzten Stromquellen (Tafel 4).

Tafel 4. Vor- und Nachteile der verschiedenen Stromquellen für den Eigenbedarf.

	unabhängig von Haupt-sammelschiene		Hauptmaschine		Fremd-bezug möglich	
	nein	ja	nein	ja	nein	ja
1. Hauptsammelschiene . . . . .	—	—	—	—	—	+
2. Hausturbine . . . . .	—	+	—	+	—	—
3. Hauptwellen-Hausgenerator . . . . .	—	+	—	—	—	—
4. Klemmen der Hauptmaschine . . . . .	—	+	—	—	—	+

+: zutreffender Vorteil    -: zutreffender Nachteil

1. Hauptsammelschiene. Man speist die Haussammelschiene von der Hauptsammelschiene, gegebenenfalls über einen Umspanner. Bei veränderlicher Hauptspannung muß dieser eine Spannungsregelung erhalten. Wenn wegen einer Störung im Netz die Schalter der Hauptmaschine fallen, wird die Hausversorgung unterbrochen.

2. Hausturbine. Man treibt einen Hausstromerzeuger durch eine Hausturbine. Um wirtschaftlich ausgenutzt zu sein, muß sie die ganze Hauslast fahren. Eine Aufteilung der Abnehmer im Dauerzustand auf zwei Stromquellen ist also unerwünscht. Als einfache Kondensationsmaschine ist die Hausturbine nicht wärmewirtschaftlich. Deshalb schaltet man sie als Anzapf- oder Gegendruckturbine in den Wärmekreislauf ein. Hierdurch wird dieser Teil der Anlage verwickelter [6].

Bei Spannungsrückkehr ist die Leistung großer 10- bzw. 6 kV-Antriebe im Verhältnis zu der des Hausstromerzeugers ungünstig. Man bemißt ihn daher größer und gibt die Überschubleistung ins Hauptnetz. Um zu große Stromstöße beim Zuschalten zu vermeiden, kann auch eine Anordnung nach Bild 5 b gewählt werden. Die Hausturbine gestattet, die Drehzahl der Hilfsmaschinen durch die Frequenz des Hausnetzes in gewissen Grenzen zu steuern [6].

3. Hauptwellen-Hausgenerator. Man läßt den Hausgenerator auf der Welle der Hauptmaschine mitlaufen und vermeidet so die Verquickung der Hausversorgung mit dem Wärmekreislauf. Aber ein ruhiger

Lauf, besonders bei großen Einheiten, wird durch Verlängern des Maschinensatzes und Vermehren der Lager nicht gerade erleichtert.

4. Klemmen der Hauptmaschine. Das Hausnetz wird an die Klemmen eines Hauptstromerzeugers gelegt. Fremdbezug ist ohne einen besonderen Umspanner möglich, da hierfür die Hauptspanner gebraucht werden können.

Wenn die Hauptmaschine ausfällt und auch dampfseitig abgestellt ist (Schnellschluß), werden Kühlwasser und Dampf nicht mehr gebraucht, und im Kesselhaus muß der Zug sofort abgestellt werden<sup>5)</sup>. Soweit besteht gegen eine Abhängigkeit der Hausstromquellen von Hauptstromerzeugern, wie sie vorliegt bei Hauptsammelschiene, Hauptwellen-Hausgenerator und Klemmen der Hauptmaschine, kein Bedenken. Aber ein Wiederanfahren ist nur möglich, wenn die dazu nötige Dampfleistung keinen Strom braucht (Rostfeuerung, Notturbine an der Mühle; Schornstein, Notturbine am Saugzug) oder man ihn fremd beziehen kann (Hauptsammelschiene, Klemmen der Hauptmaschine) oder ein Notdieselsatz vorhanden ist.

Die Hausturbine benötigt zum Wiederanfahren des Hausbetriebes weniger Dampf als die drei anderen Lösungen. Bei ihr und beim Hauptwellen-Hausgenerator muß für Kohlenstaub- und Mühlenfeuerungen Fremdbezug oder ein Notdieselsatz für den Fall vorgesehen werden, daß bei einer Störung die Feuerungen erloschen sind.

Zur schnellen Überwindung von Störungen ist von den Kraftwerken immer schon verlangt worden, daß bei plötzlichen Entlastungen, z. B. Fallen des Hauptschalters wegen Überstroms, die Turbinen von ihrer Steuerung vor der Schnellschlußdrehzahl abgefangen werden. Je mehr in den letzten Jahren diese Forderung mit ausreichender Sicherheit erfüllt wird, um so mehr Anreiz gewinnt die Hausversorgung durch die Hauptmaschine. Ferner erschwert die Bremswirkung der Hauslast ein Durchgehen auf Schnellschlußdrehzahl, was ein Vorteil dieser Art der Hausversorgung ist. Die andere Gefahr, daß der Schnellschluß einmal von sich aus voreilig einfallen sollte, ist nicht so schwerwiegend, wenn wenigstens noch eine weitere Hauptmaschine in Betrieb ist, von deren Klemmen oder Hausgenerator ein zweiter Teil des Hausnetzes versorgt wird, selbst wenn sie am gleichen Netz lag und ihr Schalter auch gefallen ist; denn es ist erfahrungsgemäß viel weniger wahrscheinlich, daß an beiden Maschinen der Schnellschluß fehlerhaft ist, als daß die Maschinenregler das Hochschnellen der Drehzahl nicht bändigen.

Es dürfte nicht allzuschwer sein, vom Hauptschalter im Augenblick der Auslösung durch eine besondere Vorrichtung die Vorspannung des Turbinenreglers von Vollast z. B. auf Halblast zurückzunehmen. Dadurch könnte für viele Fälle die Gefahr ausgeschlossen werden, daß die Steuerung einmal zu träge sein sollte. Unseres Wissens ist eine solche Vorrichtung noch nicht ausgeführt und wird erst in jüngster Zeit von Turbinenbestellern verlangt.

<sup>5)</sup> Beim Gegendruckkraftwerk bleibt in solchem Falle die Kesselleistung unberührt, was bei Kohlenstaub- und Mühlenfeuerungen das Wiederanfahren sehr erleichtert, da die Möglichkeit fortfällt, daß die Feuerungen wegen völliger Entlastung erlöschen. Umgekehrt ist es beim Gegendruckwerk sehr unerwünscht, wenn durch eine Störung im Hauptnetz auch die Dampfversorgung des Werkes zum Erliegen kommt, was für die Wahl der Stromquelle für das Hausnetz von Bedeutung ist.

d. Sicherung der Spannung für das Hausnetz

Es müssen mindestens zwei Stromquellen vorhanden sein. Wenn sie zusammen fahren, muß eine gestörte Stromquelle sich selbsttätig abschalten. Bei getrenntem Betrieb muß eine spannungslos gewordene Hausnetzschiene sich selbsttätig auf die ungestörte Stromquelle umschalten.

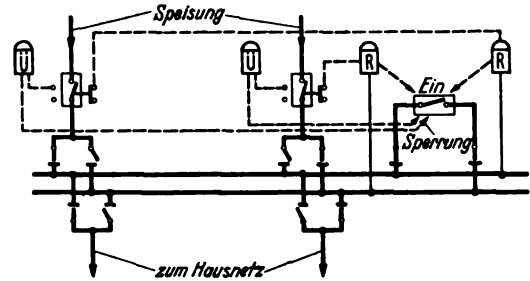


Bild 5a. Selbsttätige Umschaltung des Hausnetzes auf eine andere Stromquelle mit Doppelsammelschiene. Beide Sammelschienen speisen getrennt je eine Gruppe des Eigenbedarfs. Bei Ausfall der Spannung einer Sammelschiene übernimmt die andere durch Ausschalten des Spelschalters und Einschalten des Kuppelschalters die Gesamtlast. Umschalt- und Verriegelungsbedingungen sind die gleichen wie bei Bild 4.

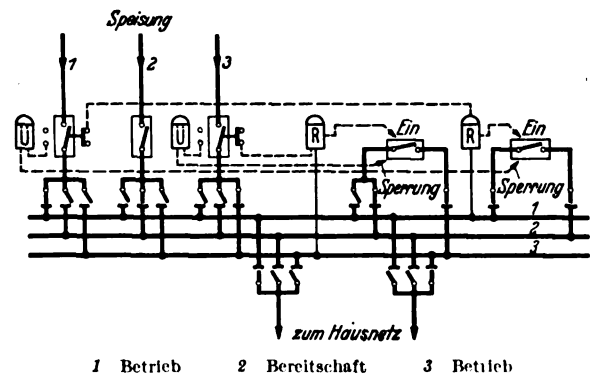


Bild 5b. Selbsttätige Umschaltung des Hausnetzes auf eine andere Stromquelle mit Dreifachsammelschienen. Die Sammelschienen 1 und 3 speisen je eine Gruppe des Eigenbedarfs, während die Sammelschiene 2 unbelastet an eine Spannungsquelle angeschlossen ist. Bei Rückgang einer Betriebschiene (1 oder 3) wird deren Spelung abgeschaltet und der entsprechende Kuppelschalter eingeschaltet, so daß die Reserveschiene (2) die Last übernimmt. Umschalt- und Verriegelungsbedingungen sind die gleichen wie bei Bild 4.

Im allgemeinen ist für die folgende Betriebsspannung als Ersatzspannung vorzusehen: für eine Hauptsammelschiene die zweite Hauptsammelschiene oder die Klemmen einer Hauptmaschine [5], für den Hausstromerzeuger eine Hauptsammelschiene, für die Klemmen einer Hauptmaschine die einer anderen. Bild 5 a und b zeigt eine Anordnung, um die Sammelschiene des Hausnetzes durch selbsttätiges Umschalten wieder mit Spannung zu versehen. (Schluß folgt)

Eine besonders leistungsstarke Röntgen-Therapieanlage für 1,2 MV

Von A. Nitschke, Berlin

DK 621.386.1 : 615.84

**Übersicht.** Ausführung, Leistung und Betriebsweise der Röntgeneinrichtung sowie die Gesamtanlage werden beschrieben. An Hand der Eigenschaften der 1000 kV-Strahlung wird die medizinische Eignung der Anlage erläutert. Ferner werden Vergleiche der Hochvoltstrahlung mit der Radiumstrahlung und zwischen der Dosisleistung der Hochvoltanlage mit der Leistung der meist gebräuchlichen Therapiegeräte für 200 kV gegeben.

Die medizinische Forschung hat in den letzten Jahren in dem Bestreben, die Erfolge der Röntgenbestrahlung bei

den weit verbreiteten Krebskrankheiten zu steigern, die Technik vor mannigfache neue Aufgaben gestellt. So wurde auch der Bau von Einrichtungen angeregt, mit denen Röntgenstrahlen bei sehr hohen Spannungen erzeugt werden. Eine Hochvoltanlage<sup>1)</sup> dieser Art (Bild 1),

<sup>1)</sup> Die Anlage wurde von den Siemens-Reiniger-Werken AG. in Verbindung mit der Siemens & Halske AG. geschaffen und mit einer Röntgenröhre ausgerüstet, die das Röhrenwerk der Osrarn G.m.b.H. im Auftrage der mit den Siemens-Reiniger-Werken im Vertragsverhältnis stehenden AEG herstellte.



geschaffen für den Betrieb mit Spannungen bis 1200 kV, wurde vor kurzem in Berlin fertiggestellt. Sie wird an das Allgemeine Krankenhaus in Hamburg-Barmbeck für das Forschungsinstitut geliefert, das zu der dortigen Röntgenabteilung gehört.

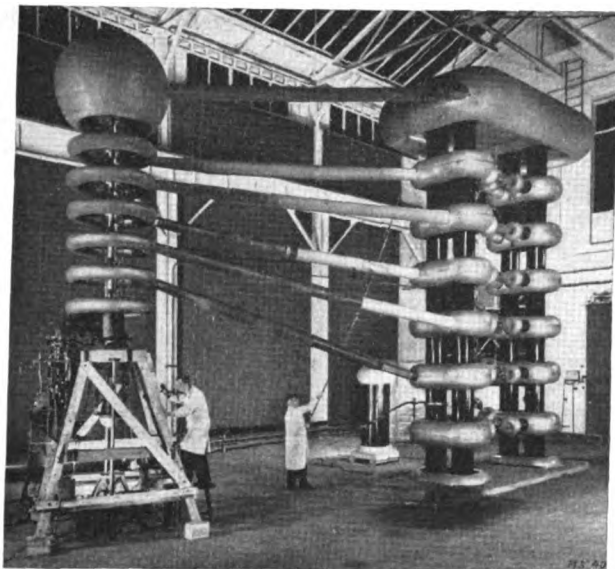


Bild 1. Prüfung der Hochvolt-Therapieanlage. Hinten in der Mitte der Hochspannungstransformator für 100 kV; rechts das in Gestalt von zwei Doppelsäulen aufgebaute System von Kondensatoren und Ventiltröhen zur Spannungsvervielfachung, in Greinacher-Schaltung (Bild 2) an den Transformator angeschlossen; links die Röntgenröhre, durch hochohmige Dämpfungswiderstände stufenweise mit dem Hochspannungserzeuger verbunden.

**Hochspannungsteil, Röntgenröhre und Leistung der Anlage**

Der Hochspannungserzeuger dieser Anlage ist nach der sogenannten Greinacher-Schaltung<sup>2)</sup> (Bild 2) ausgeführt. Ein Transformator von 50 Hz, gebaut für

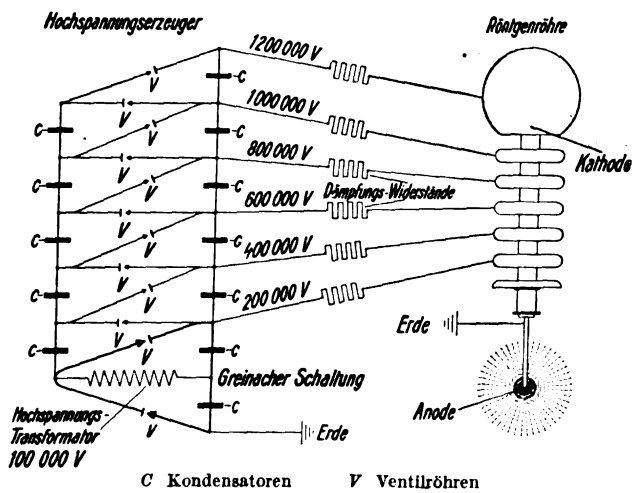


Bild 2. Schaltung der Hochvolt-Röntgenanlage.

den Anschluß an das normale Niederspannungsnetz, liefert eine bis 100 kV Scheitelwert regelbare Spannung, die durch ein System von Ventiltröhen und Kondensatoren gleichgerichtet, geglättet und auf den zwölffachen Betrag der Transformator-Scheitelspannung vervielfacht wird. Es steht daher eine kontinuierlich konstante Gleichspannung von maximal 1200 kV zur Verfügung, und zwar gegen Erde, da der Hochspannungserzeuger entsprechend einseitig geerdet ist. Diese Spannung verteilt sich auf 6 Stufen. Demzufolge ist die Röntgenröhre so durchgebildet, daß ihr die Spannung in 6 Stufen bei geerdeter Anode zugeführt wird (Bild 3).

Die medizinische Bestimmung der Anlage setzt voraus, daß sie nicht für kurzzeitige Stoßbelastungen, sondern für Dauerbetrieb gebaut sein muß. Sie wurde daher so ausgeführt, daß sie die geforderte Höchstleistung, nämlich einen Röhrenstrom von 5 mA bei einer Gleichspannung von 1000 kV im Dauerbetrieb herzugeben vermag. Hierbei läuft sie, wie sich in der über mehrere Wochen durchgeführten Prüfung erwies, vollkommen

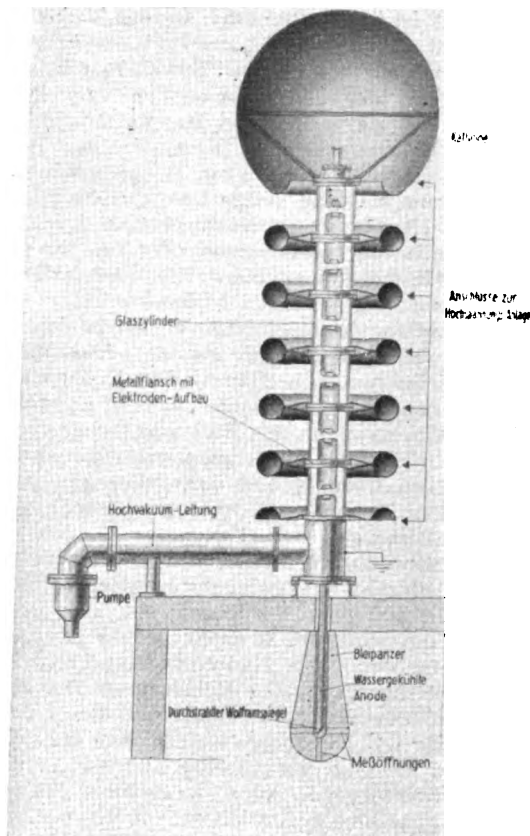


Bild 3. Aufbau der Röntgenröhre für 1200 kV.

ruhig und störungsfrei. Dabei waren die Betriebsbedingungen auf dem Untersuchungsstand offenbar wesentlich ungünstiger, als sie an dem späteren Aufstellungsort infolge der vorgesehenen Klimaanlage sein werden.

**Strahlungsart der Röntgenanlage**

Bedeutsam für die medizinische Anwendung der 1000 kV-Röntgenstrahlung sind in der Hauptsache folgende Erscheinungen: Die Strahlenhärte oder das Durchdringungs-

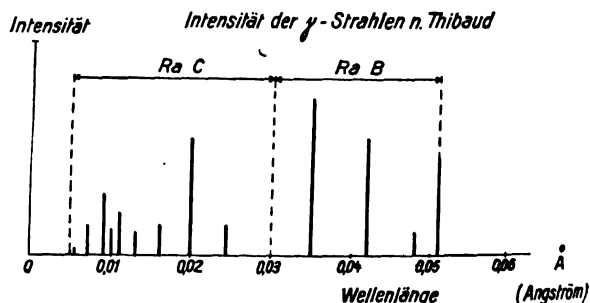


Bild 4. Spektrale Energieverteilung der Gammastrahlung des Radiums.

vermögen der Strahlung nähert sich bei 1000 kV der Härte der in der Krebstherapie als heilkräftig bekannten Gammastrahlen des seltenen und sehr teuren Elementes Radium. Die Gammastrahlung des Radiums (Ra B + Ra C) besteht im wesentlichen aus mehreren Gruppen homogener Strahlungen, die sich auf einen ziemlich großen Wellenlängenbereich verteilen (Bild 4). Die 1000 kV-Strahlung umfaßt diesen ganzen Bereich mit Ausnahme der allerhärtesten Komponenten (Bild 5). Die mittlere

<sup>2)</sup> ETZ 38 (1917) S. 225 u. ETZ 41 (1920) S. 759.

Härte der Gammastrahlung wird jedoch mit großer Annäherung von der mittleren Härte der 1000 kV-Röntgenstrahlung bei Anwendung starker Filterung (Vorsatz von Bleiplatten, die die Strahlung um so stärker absorbieren, je weicher sie ist) erreicht. Wollte man auch die härtesten Anteile der Gammastrahlung als Röntgenstrahlung erzeugen, so müßte die Spannung auf 1500 bis 2000 kV erhöht werden. Das würde jedoch einen gewaltig ver-

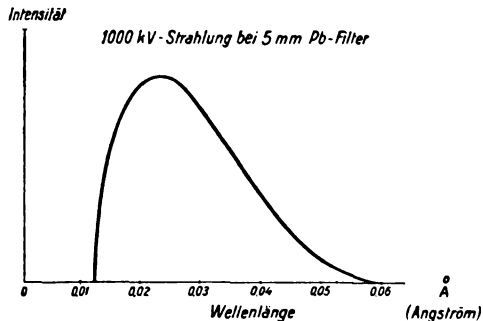


Bild 5. Spektrale Energieverteilung des bei 1000 kV erhaltenen Röntgenstrahlengemisches.

größerten wirtschaftlichen Aufwand bedingen, der nach den heute bestehenden Ansichten der Röntgenologen über die Abhängigkeit der biologischen Wirkungen von der Strahlenhärte nicht gerechtfertigt sein dürfte.

#### Medizinische Wirkung der Hochvolt-Röntgenstrahlen

Der große Wert der Hochvolt-Röntgenstrahlung liegt in der Erzielung einer hohen prozentualen Tiefendosis, unter der man das Verhältnis der Strahlendosis in 10 cm Wassertiefe (praktisch äquivalent der gleichen Tiefe im Körpergewebe) zu der Dosis an der Oberfläche versteht, und in der Steigerung der Dosisleistung überhaupt. In der Therapie wird die Erzielung einer möglichst hohen prozentualen Tiefendosis angestrebt, um einem im Körperinneren liegenden Krankheitsherd bei der Bestrahlung eine große Dosis unter weitgehender Schonung des ihn umgebenden gesunden Gewebes zu verabfolgen. Tritt nun bereits mit zunehmender mittlerer Strahlenhärte eine Verbesserung der Tiefendosis auf, so läßt sich noch eine erheblichere Steigerung durch sogenannte Fernbestrahlungen erzielen, wobei sich der betreffende Körperteil in einem Abstand von 1 m und mehr von der Strahlenquelle befindet. Das setzt aber wegen der Abnahme der Strahlungsintensität nach dem quadratischen Abstandsgesetz eine große Strahlungsleistung der Röntgenröhre voraus, um zu hinreichend kurzen, für den Patienten erträglichen und wirtschaftlich zu rechtfertigenden Bestrahlungszeiten zu gelangen.

#### Vergleich des Hochvolt-Gleichspannungsbetriebes mit anderen Anlagen

Hier zeigt sich nun der besondere Vorteil des Hochvoltbetriebes und der Anwendung kontinuierlich konstanter Gleichspannung, da die Intensität sehr stark — bei ungefilterter Strahlung etwa quadratisch — mit der Spannung wächst und bei Gleichspannung gegenüber jeder anderen Spannungskurvenform die kürzeste mittlere Wellenlänge und damit die größte mittlere Strahlenhärte von vornherein vorhanden ist. Außerdem hat man bei Gleichspannung den besten Wirkungsgrad der Röntgenstrahlenerzeugung, so daß bei der gegebenen elektrischen Belastungsgrenze der Röntgenröhre die größtmögliche Menge an Röntgenstrahlung aus ihr herausgeholt wird. Die große Leistungsfähigkeit der 1000 kV-Anlage geht am deutlichsten aus einer Gegenüberstellung mit den meist gebräuchlichen Therapiegeräten für 200 kV hervor. Die neue Anlage liefert, betrieben mit 1000 kV und 5 mA Röhrenstrom, bei einer Filterung mit 5 mm Blei in 0,5 m Abstand von der Anode 600 Röntgeneinheiten in der Minute (r/min). Das ist ungefähr dreißigmal soviel, wie eine Anlage für 200 kV bei 5 mA Röhrenstrom und einer Filterung mit 0,5 mm Kupfer hergibt. Die neuesten Einrichtungen für 200 kV ermöglichen zwar einen Betrieb mit höchstens 30 mA Röhrenstrom; die

Dosisleistung ist aber auch dann erst ein Fünftel der mit der 1000 kV-Anlage erzielten Dosisleistung. Dazu kommt noch, daß — gemessen in Kupfer-Halbwertschicht — die mittlere Härte der 1000 kV-Strahlung etwa zehnfach die mittlere Härte der 200 kV-Strahlung übertrifft. Auch die mittlere Härte der ungefilterten 1000 kV-Strahlung hat bei dieser Röhre schon einen hohen Wert, da die Eigenfilterung der Röhre 3 mm Blei entspricht, wobei man in 14 cm, dem kleinstmöglichen Abstand von der Strahlenquelle, bei 5 mA und 1000 kV eine Dosisleistung von mehr als 12 000 r/min (entsprechend 940 r/min in 50 cm Abstand) erzielt. Bisher wurde keine Röntgen-Therapieanlage bekannt, die eine gleich große Leistungsfähigkeit aufweist.

In amerikanischen Veröffentlichungen findet man oft, daß die Hochvolt-Röntgenstrahlung mit der Gammastrahlung des Radium mengenmäßig verglichen wird. Das ist allerdings nur ein Zahlenspiel und darf nicht etwa zur Beurteilung der therapeutischen Eignung herangezogen werden. Würde man, dem amerikanischen Beispiel folgend, die Dosisleistungen in Röntgeneinheiten, die einerseits 1 mg Radium in 1 cm Abstand bei 0,5 mm Platinfilterung und andererseits die 1000 kV-Strahlung bei 5 mA und 5 mm Bleifilterung liefert, gegenüberstellen, so wären zur Erzielung der gleichen Strahlungsleistung ungefähr 10 kg Radium im Werte von mehr als 1 Mrd RM erforderlich.

#### Bedienung, Schutzeinrichtungen und Wartung der Anlage

Der Klinikbetrieb verlangt neben der Dauerbelastbarkeit insbesondere auch eine einfache Bedienung der Anlage, damit sich der Arzt voll und ganz seiner medizinischen Aufgabe, namentlich der Festlegung des Bestrahlungsplanes und der richtigen Einstellung des Patienten für die Bestrahlung, widmen kann und angeleitete Hilfskräfte, wie Krankenschwestern, in der Lage sind, die technischen Arbeiten, z. B. alle Schaltungen, das Einregeln von Spannung und Stromstärke, das Überwachen des Patienten während der Bestrahlung und gegebenenfalls auch das Messen der Strahlendosis auszuführen. Bei der neuen Anlage wird das Bedienungspersonal nicht stärker in Anspruch genommen wie bei Therapiegeräten für niedrigere Spannungen. Die Röntgenröhre<sup>3)</sup> liegt an der Hochvakuumpumpe, die ungefähr eine halbe Stunde vor Betriebsbeginn einzuschalten ist. Sobald das Vakuum in der Röhre hinreichend ist, wird selbsttätig die Verriegelung für die Einschaltung des Hochspannungserzeugers freigegeben. Die höchste Betriebsspannung kann dann in etwa einer halben Minute eingeregelt werden. Die Anode wird durch fließendes Wasser gekühlt und ist zu dem Zweck einfach an die Wasserleitung anzuschließen. Beim Patientenwechsel braucht man die Anlage nicht auszuschalten, sondern es genügt, die Glühkathodenheizung der Röntgenröhre, die vom Bedienungszustand aus ferngesteuert wird, abzuschalten, so daß während der Vorbereitung des nächsten Falles keine Röntgenstrahlung auftritt. Sollte einmal irgendwie eine Störung, z. B. ein Überschlag, an der Anlage auftreten, so wird die Hochspannung augenblicklich selbsttätig ausgeschaltet.

Dem natürlichen Verschleiß unterworfen sind eigentlich nur die Ventilröhren des Hochspannungserzeugers und die Glühkathode der Röntgenröhre. Die Ventilröhren, die bei der angewandten Schaltung nur für eine Sperrspannung von 200 kV zusätzlich eines Sicherheitszuschlages zu bauen sind, entstammen der laufenden Fabrikation und sind daher im Preis günstig; erfahrungsgemäß haben sie auch eine lange Lebensdauer. Die Heizung der Ventile geschieht über Transformatoren, die in Kaskadenschaltung angeordnet sind, so daß z. B. die Kathode des obersten Ventils gegen das speisende Netz für 1200 kV isoliert werden muß. Für den Kathodenglühfaden der Röntgenröhre erwartet man bei täglich

<sup>3)</sup> Eine Beschreibung des grundsätzlichen Aufbaues einer sechsstufigen Röntgenröhre für 1000 kV, wie sie bei der Anlage verwendet wird, findet sich in ETZ 60 (1939) S. 690.

siebenstündigem Betrieb eine Lebensdauer von 3 Monaten. In den Kathodenteil der Röhre sind nun 8 Glühfäden eingebaut, die, ohne die Röhre zu öffnen, in einfacher Weise von außen innerhalb weniger Sekunden gegeneinander ausgewechselt und so nacheinander verbraucht werden können. Wird die Röhre einmal geöffnet, z. B. um neue Kathoden oder eine andersartig geformte Anode einzusetzen, so bedarf es darauf nur einer Zeit von ungefähr 4 bis 5 Stunden, um die Anlage wieder zu betreiben. Der Röntgenröhre, die eine Glaswandung von 10 mm Stärke hat und vollkommen durchschlagsicher ist, kann also eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer zugesprochen werden. Von der technischen Seite her ist demnach für die Sicherstellung einer denkbar günstigen Wirtschaftlichkeit der Anlage gesorgt. Hierzu gehört noch, daß man die Möglichkeit hat, beim Vorliegen entsprechend gearterter Krankheitsfälle mehrere Patienten gleichzeitig zu bestrahlen. Die Anode ist nämlich zur Abschirmung der unerwünschten Strahlung mit einem Bleipanzer umgeben, der mehrere einzeln verschließbare Austrittsöffnungen für die Nutzstrahlung hat. Dieser Panzer muß wegen des großen Durchdringungsvermögens der 1000 kV-Strahlung eine hinreichende Wandstärke haben. Eine genügende Schwächung des unerwünschten Strahlungsanteils wird erreicht, wenn die Strahlen im Blei einen Weg von mindestens 11 mm zurücklegen müssen. Das erfordert immerhin einen recht großen Aufwand an Blei; der Bleipanzer an der Anode wiegt 750 kg.

#### Unterbringung der Hochvolt- und der Bestrahlungsanlage

Eine besonders vorteilhafte und ebenso auch einfache Lösung für die Schaffung vollkommenen Schutzes gegen Hochspannung und schädliche Strahlung konnte deshalb gefunden werden, weil es nicht notwendig ist, die Anlage in vorhandenen Räumen unterzubringen, sondern die Möglichkeit zur Errichtung eines neuen Instituts (Bild 6) auf dem Gelände des Krankenhauses besteht. Hochspannungserzeuger und Röntgenröhre werden in einer von den übrigen Räumen abgeschlossenen Halle untergebracht, die während des Betriebs nicht zugänglich ist. Der Hochspannungserzeuger hat eine Höhe von 6,9 m. Da es sich um eine Anordnung mit Luftisolation handelt, wird bei der Bestimmung der Hallenabmessungen ein Mindestabstand von 5 m der Hochspannung gegen Erde zugrunde gelegt. Um die in solchen Hochspannungsräumen stets unerwünschten Staubablagerungen zu vermeiden, werden die Wände ganz glatt gehalten. Zur Sicherstellung eines störungsfreien Betriebes wird eine Klimaanlage eingebaut, die den Geräteraum mit Frischluft versorgt und den Feuchtigkeitsgehalt je nach Wetterlage und Jahreszeit einzuregeln gestattet.

Infolge der senkrechten Aufstellung der Röntgenröhre mit der Anode am unteren Ende wird der Bestrahlungsraum unter der Röhre angeordnet. In diesen ragt von oben her nur das geerdete Anodenrohr mit dem Bleipanzer hinein. Der Patient sieht von der mächtigen Anlage gar nichts und wird daher nicht durch ihren Anblick beunruhigt. Mit Rücksicht auf den erforderlichen Strahlenschutz befindet sich der Behandlungsraum etwa 5 m unter der Erdoberfläche. Die sehr durchdringungsfähige direkte Strahlung, die nur durch die Nutzöffnungen des Bleipanzers austreten kann, ist gegen Erde gerichtet und gefährdet keine Personen in Nebenräumen. Der Bestrahlungsraum ist mit an die Klimaanlage angeschlossen und hat nur elektrische Beleuchtung. Zur groben Einstellung der Entfernung des Patienten von der Strahlenquelle dient eine hydraulische Hebebühne. Die Feineinstellung geschieht mit dem Spindeltrieb des Patiententisches, dessen Lagerungsfläche um 550 mm in der Höhe verändert werden kann. Der kleinstmögliche Abstand von der Strahlenquelle beträgt 14 cm, der größte bei Lagerung des Patienten auf dem Boden der Hebebühne etwa 2 m.

Betonmauern von 50 cm Stärke trennen das Behandlungszimmer von den angrenzenden Räumen, wodurch

vollkommener Schutz gegen die Streustrahlung verbürgt wird. Bedienungs- und Behandlungsraum sind unmittelbar benachbart und befinden sich in gleicher Höhenlage. Arzt und Schwester können durch ein Spiegelsystem den Patienten ständig beobachten, sich ferner mit ihm unterhalten und sind ihm zu seiner Beruhigung stets nahe. Alle zusätzlichen technischen Einrichtungen, wie Klima-

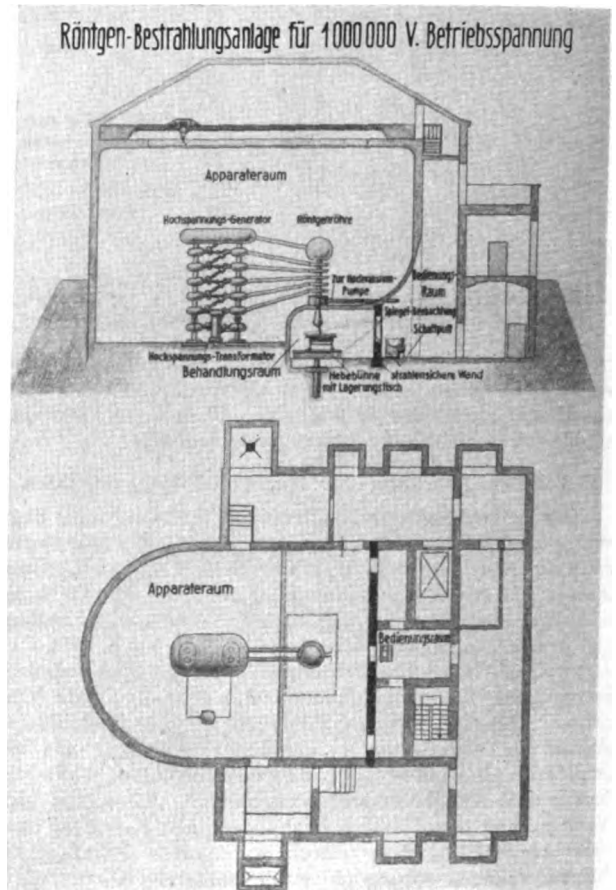


Bild 6. Schnitte durch das Institutsgebäude mit der eingebauten Hochvolt-Therapieanlage.

anlage, Fahrstuhlwinde, Vakuumpumpe u. a. befinden sich im Untergeschoß, wodurch sich die gesamte Überwachung der Anlage vereinfacht.

Die deutsche Röntgenindustrie, die vor dem Kriege einen Großteil ihrer Erzeugung exportierte und deren Ausfuhr auch zur Zeit noch sehr bedeutend ist, hat in der Welt auf ihrem Arbeitsgebiet von jeher die führende Stellung eingenommen. Durch die Schaffung der neuen leistungsstarken Therapieanlage stellte sie das erneut unter Beweis.

#### Zusammenfassung

Bei der neuen Hochvolt-Therapieanlage wird die an der Hochvakuumpumpe liegende Röntgenröhre durch einen Hochspannungserzeuger für konstante Gleichspannung betrieben. Die Anlage vermag dauernd 5 mA Röhrenstrom bei 1000 kV Gleichspannung herzugeben und liefert dabei eine Röntgenstrahlung, die in ihrer Härte der Gammastrahlung von Radium angeglichen ist und eine sehr große Dosisleistung ergibt. Dadurch ist es möglich, der von der Medizin in erster Linie gestellten Forderung nach einer hohen Tiefendosis gerecht zu werden. Trotz der hohen Spannung sind Bedienung und Betriebsweise der Einrichtung sehr einfach. Bei der Aufstellung der Anlage konnte, da für diese eigens ein neues Gebäude geplant wurde, allen praktischen Bedürfnissen, insbesondere auch hinsichtlich der Schaffung vollen Hochspannungs- und Strahlenschutzes, denkbar günstig entsprochen werden.

## Im konstruktiven Bereich der Kleinstmotoren

Von O. Binder, Berlin

DK 621.313.13-181.4

**Übersicht\*).** Nachstehend wird zusammenfassend erörtert, welche konstruktiven Aufgaben im Kleinstmotorenbau auftauchen und wie sie gelöst werden.

### Allgemeine Gesichtspunkte für die Gestaltung von Kleinstmotoren

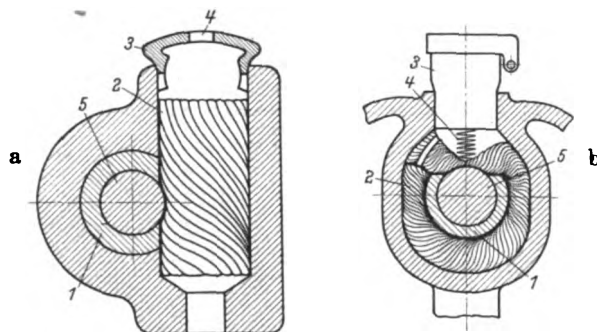
Nach den VDE-Vorschriften werden Motoren mit einer Leistung bis 500 W als Kleinstmotoren bezeichnet. Sie werden für Kleinantriebe in Industrie, Landwirtschaft, Haushalt, Gewerbe, Büro u. a. benötigt und sind meist mit der Gebrauchsmaschine fest vereinigt. Die Verwendungsmöglichkeit des Kleinstmotors in Geräten und Einrichtungen, die in großen Stückzahlen auf dem Markt erscheinen, ist für den Konstrukteur wichtig, denn die Kleinmaschinenfabrikation lohnt nur bei einer Massenanfertigung. Deswegen sollen aber Sonderausführungen möglichst zugunsten einiger weniger Grundbauformen, die sich im Laufe der letzten Zeit im Kleinstmotorenbau ergaben, vermieden werden. Hinsichtlich der Stromart können Motoren für Gleichstrom, Drehstrom, Zwei- und Einphasenstrom und Motoren für Gleich- und Wechselstrom, die sog. Universalmotoren, hergestellt werden.

### Die Hauptteile der Kleinstmotoren

Die Ständergehäuse von Wechselstrommaschinen sind in ihrem Aufbau einfacher als die im Mittel- und Großmaschinenbau. Besondere Preßbolzen

Gehäuse eingeschichtet werden. Vor das in dieser Weise entstandene Paket wird ein Sprengring gesetzt, der ein Auseinanderfallen des Paketes in einzelne Bleche verhindert. Ganz abweichend von den vorgenannten Konstruktionen ist das Einfalzen der Bleche in eine Blechmanschette (Bild 1 c), und das Neueste auf diesem Gebiet des Ständerbaues ist das Umspritzen der Bleche mit einem Leichtmetallmantel (Bild 1 d).

Das Polgehäuse der Gleichstrommaschinen, das gleichzeitig das Poljoch der Maschine bildet, besteht aus gerolltem, starkem Blech oder aus gezogenem Rohr. Der entstehende Spalt von einem gerollten Gehäuse wird verschweißt, wobei zu beachten ist, daß die Schweißnaht beim Zusammenbau auf Polmitte zu liegen kommt. Die erforderlichen Polschenkel, die aus 0,5 mm starken Blechen bestehen und mittels Eisennieten zusammengehalten werden, sind an das Polgehäuse angeschraubt.



- |                       |               |
|-----------------------|---------------|
| 1 Lagerbuchse         | 1 Lagerbuchse |
| 2 Docht               | 2 Docht       |
| 3 Verschlusskapsel    | 3 Helmöler    |
| 4 Öffnung zum Ölzufuß | 4 Feder       |
| 5 Welle               | 5 Welle       |
- a Dochtpolsterschmierung      b Ringdochtschmierung

Bild 2. Wichtigste Schmierungsarten für Gleitlager von Kleinstmotoren.

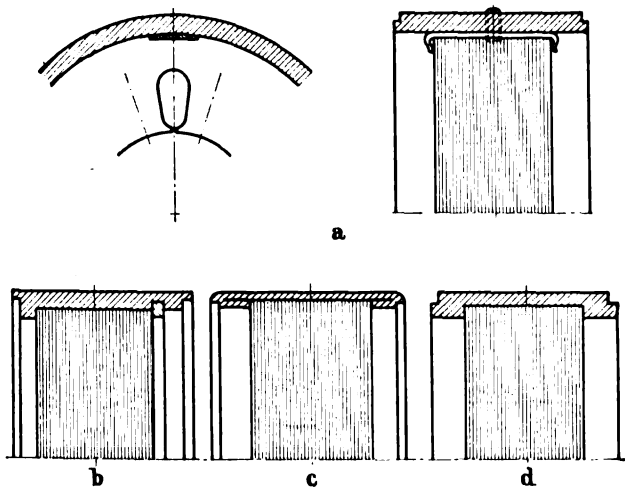


Bild 1. Befestigungsarten des Ständerblechpakets.

oder Preßplatten mit Druckfingern werden nicht verwendet. Ferner wird beim Kleinstmotorenständer eine besondere Unterteilung des aktiven Eisens zum Zwecke größerer Abkühlungsflächen nicht erforderlich. Aus Bild 1 ist ersichtlich, welche Konstruktionen für die Herstellung der Ständer im Kleinstmotorenbau angewandt werden. Bei der Bauart nach Bild 1 a werden die Bleche im Außendurchmesser ausgeklinkt. In die Ausklinkung wird eine Schnalle aus Flacheisen eingebettet, die die Bleche zu einem Paket zusammenhält. Dieses durch die Flacheisenschnalle zusammengehaltene Paket wird in ein Gehäuse eingeschoben und gegen Verdrehen mit ein oder zwei Gewindestiften gesichert. In der Konstruktion nach Bild 1 b können die Bleche auch einzeln gegen einen Ansatz im

Die Läufer und Anker der Kleinstmotoren können je nach Verwendungszweck in Kugel- oder Gleitlagern gelagert sein. Für Motoren mit höheren Drehzahlen, etwa über 6000 U/min, sind jedoch Gleitlager nicht mehr zu empfehlen. Auch in den übrigen Fällen werden Motoren mit Kugellagern verwendet, wenn nur eine geringe Wartung möglich ist. Die Kugellager erhalten beim Zusammenbau eine Fettfüllung, die je nach den Betriebsverhältnissen ein bis zwei Jahre vorhält. Während dieser Zeit ist eine Nachschmierung im allgemeinen nicht notwendig, was dazu führt, daß Kleinstmotoren mit Kugellagern in der Regel ohne Schmiereinrichtungen ausgeführt werden. Anders ist es bei den Gleitlagermaschinen, bei denen stets dafür zu sorgen ist, daß ein genügender Vorrat von Schmiermitteln an den Lagerstellen vorhanden sein muß. Gleitlagermotoren werden entsprechend ihrer Verwendung im Haushalt, Büro u. a. den Kugellagermotoren gegenüber bevorzugt, da sie geräuschloser laufen. Die Konstruktion der Lagerbuchsen dieser Maschinen erfordert viel Erfahrungen. Die als normal anzusehenden Ringschmierlager aus dem Elektromaschinenbau werden für die Kleinstmaschinen nicht mehr verwendet. Dafür hat sich die Dochtpolsterschmierung nach Bild 2 a und die Ringdochtschmierung nach Bild 2 b als brauchbar erwiesen. Die erstgenannte Schmierungsart, bei der ein Dochtpolster seitlich die Welle berührt, wird für Motoren kleinerer Leistung ge-

\* Über die Grenzen im Bau von elektrischen Kleinmaschinen wurde in H. 18, S. 395 berichtet.

nommen. Die zweite Art wird bei den größeren Kleinstmotoren angewandt, und zwar erfolgt die Schmierung durch eine Anzahl ringförmiger Dichte, die durch eine Feder an der Berührungsstelle leicht auf die Welle aufgedrückt sind. Die Länge der Lagerbuchsen wird im allgemeinen 1,6 bis 2mal dem Wellendurchmesser ausge-

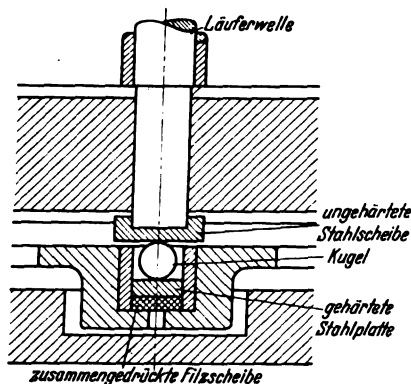
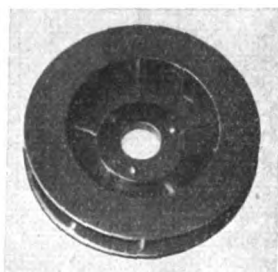


Bild 3. Axiale Lagerung auf einer Kugel.

führt. Werden Gleitlagermotoren in senkrechter Ausführung benötigt, so genügt, wenn keinerlei axiale Drücke auftreten, eine einfache Fiber- oder Stahlscheibe als Tragscheibe für das Eigengewicht des Ankers oder Läufers. Tritt ein geringer gleichmäßiger Axialdruck auf, so hat sich die Lagerung auf einer Kugel bewährt (Bild 3). Bei



Flügel



Kastenlüfter



Windrose

Bild 4. Lüfterarten für Kleinstmotoren.

größeren Drücken muß jedoch ein entsprechendes Druckkugellager zur Aufnahme des Druckes zusätzlich zu dem Gleitlager eingebaut werden.

Ein weiterer, wichtiger Einfluß für die Gestaltung von Kleinstmotoren ist die Belüftung. Durch sie kann man die Abmessungen des Motors wesentlich beeinflussen bzw. von einem vorhandenen Motor eine höhere Leistung erhalten. Die Leistung von einer gekapselten Maschine ist um rd. 30 bis 40 % niedriger als die einer belüfteten. Zur Anwendung kommt vornehmlich Durchzugsbelüftung, weniger Wickelkopfkühlung. Neuerdings wird in verstärktem Maße Oberflächenkühlung verwendet. Der zur Luftbewegung notwendige Lüfter sitzt auf der Welle und ist als sogenannte Windrose, Flügel oder als Kastenlüfter ausgebildet. Einige Ausführungen zeigt Bild 4. Der Lüfter muß besonders sorgfältig konstruiert sein. Eine zu starke Wirkung des Lüfters macht sich

durch Sinken der Leistung bemerkbar, und eine zu schwache Belüftung äußert sich in einer zu starken Erwärmung. Damit die erzeugte Luft bei der Durchzugsbelüftung auch über den Rücken des aktiven Eisens streichen kann, sind im Gehäuse oder auch an den Blechen Aussparungen vorgesehen; Löcher im Läufer für den Durchgang der Luft werden seltener angewendet.

### Der Universalmotor

Zum Schluß sei noch auf die Universalmotoren hingewiesen, eine Motorgattung, die nur dem Kleinstmotorenbau eigentümlich ist. Universalmotoren sind im wesentlichen gebaut wie Gleichstrom-Reihenschlußmotoren und besitzen dementsprechend Hauptstromverhalten<sup>1)</sup>. Für

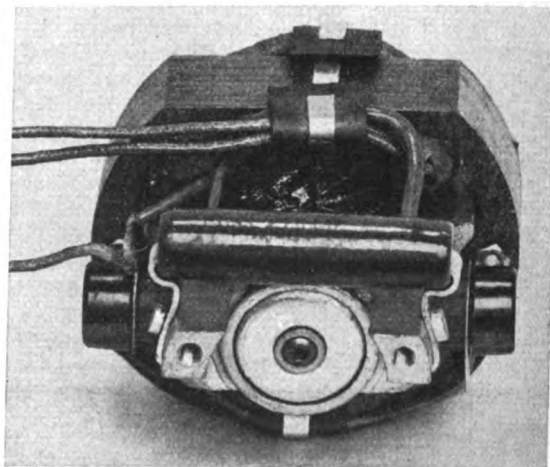


Bild 5. Einbaurahmen-Universalmotor.

Anschluß an Wechselstrom werden meist die Feldspulen der Gleichstromwicklung angezapft. Die Leistung sinkt jedoch bei Anschluß an Wechselstrom infolge der höheren Verluste um rd. 10 bis 30 %. Die Drehzahlen dieser Motoren bewegen sich in den Grenzen von 1500 bis über 10 000 U/min, und bei Elektrowerkzeugen und Staubsaugern werden sogar Motordrehzahlen von 14 000 bis 18 000 U/min verwendet. Eine Drehzahlbegrenzung kann durch den Anbau einer Fliehkraftbremse vorgenommen werden. Durch den Anschluß an Gleich- und Wechselstrom ist der Universalmotor der gegebene Antrieb für Haushaltengeräte, Büromaschinen und vieles andere. Diese Verwendungsmöglichkeit der Kleinstmotoren wird durch den sogenannten Einbaurahmenmotor (Bild 5) als besonders vorteilhafte Bauform noch erhöht. Der konstruktive Aufbau dieses Motors ist sehr einfach; er besteht aus einem Rahmen, in dem die Lagerung mit Kugel- oder Gleitlagern untergebracht ist. Außen auf dem Rahmen selbst besteht aus Spritzguß. Im übrigen bestehen die Polblechpakete der Universalmotoren aus 0,5 mm starken Blechen, die mittels Eisennieten zu einem festen Paket vereinigt sind. Joch und Pole des Polbleches bilden meist eine Einheit. Der gewickelte Anker der Universalmotoren entspricht mit seinem Kommutator den Ankern der Gleichstrommaschinen; lediglich für die zum Motor gehörenden Kohlebürsten verwendet man in der Regel die sogenannten Röhrenbürstenhalter statt der sonst üblichen Flansch- oder Aufsatzbürstenhalter.

### Zusammenfassung

Es wurden die kennzeichnenden Aufbauteile von Kleinstmotoren betrachtet, deren Gestaltung teilweise von den Mittelmaschinenbau üblichen Formen erheblich abweicht, was an Beispielen veranschaulicht wurde.

<sup>1)</sup> G. B o l z, ETZ 61 (1940) H. 6, S. 125.

## Zum Vorschlag einer neuen Stufung der Lichtbogenfestigkeit in VDE 0303

Von W. Krassowsky VDE, Berlin

DK 621.315.611.001.4(083.133.2)

Die bisherigen Angaben über Lichtbogenfestigkeit in VDE 0302/1924 sahen die vier Stufen 0, 1, 2 und 3 für das Verhalten der Stoffe unter der Einwirkung des Lichtbogens vor. Als Merkmale dienten bei festgesetztem Prüfverfahren folgende Beobachtungen:

1. ob sich der Lichtbogen über seine normale Länge von 20 mm ausziehen läßt oder nicht,
2. ob sich unter der Einwirkung des Lichtbogens eine leitende Brücke im Isolierstoff bildet oder nicht,
3. ob die etwa gebildete leitende Brücke auch nach dem Erkalten ihre Leitfähigkeit beibehält oder nicht.

Mit diesen Feststellungen läßt sich jedoch das Verhalten aller Stoffe nicht ausreichend kennzeichnen. Bei Hartgummi und Stoffen vom Typ K ist z. B. ein Schmelzen und Verdampfen von Teilen der Oberfläche zu bemerken, ohne daß ein leitender Rückstand bleibt. Ferner zerspringt eine Reihe keramischer Stoffe unter der Einwirkung des Lichtbogens. Um diese Erscheinungen mit zu erfassen, wurde eine Erweiterung der Stufenreihe für die Lichtbogenfestigkeit im § 27 von VDE 0303 vorgenommen, und zwar sind die beiden Stufen L 2 und L 4 hinzugefügt worden. Die neu vorgeschlagene Stufenfolge kann in Anbetracht des sehr verschiedenartigen Verhaltens der einzelnen Stoffe nicht ohne weiteres als Güteskala betrachtet werden. Die verschiedenen Stufen kennzeichnen lediglich das Verhalten der Stoffe unter der Einwirkung des Lichtbogens. Stoffe, deren Verhalten der

Stufe L 4 entspricht, könnten z. B. auf den ersten Blick verhältnismäßig ungünstig beurteilt werden; ihre Verwendung zur Lichtbogenlöschung beim Bau kompressorloser Druckgasschalter zeigt aber, daß ihre Eigenschaften für manche Zwecke äußerst wertvoll sind<sup>1)</sup>.

Um einen Einblick in das Verhalten verschiedener Stoffe unter dem Lichtbogen zu bekommen, wurden in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt einige Untersuchungen vorgenommen. In der Tafel 1 sind hiernach für die neuen sechs Stufen der Lichtbogenfestigkeit (siehe § 27 des nachstehenden Entwurfes) einige Beispiele von Isolierstoffen zusammengestellt.

Tafel 1. Lichtbogenfestigkeit verschiedener Isolierstoffe

Lichtbogenfestigkeit		Isolierstoff
Neue Stufe	bisherige Stufe	
L 1	0	Phenolharz-Preßstoffe, Naturharz- und Phenolharz-Hartpapier und -Hartgewebe
L 2	—	Keram. Stoffe der Gruppen I, II und III nach DIN VDE 685 (in Vorbereitung)
L 3	1	Asbest (teilweise auch L 5 und L 6)
L 4	—	Harnstoffharz-Preßstoffe (Typ K), Hartgumm
L 5	2	Schleifer, grüner Marmor, Typ Y (Mycalex)
L 6	3	Weißer Marmor, keram. Stoffe der Gruppe IV nach DIN VDE 685 (in Vorbereitung)

<sup>1)</sup> Vgl. O. Mayr, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 142.

## Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen

VDE-Ausschuß für Isolierstoffe

DK 621.315.611.001.4(083.133.1)

### VDE 0303

#### Entwurf 2

Einspruchsfrist: 1. Juni 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr

Änderungen gegenüber dem in ETZ 60 (1939) S. 1155 veröffentlichten Entwurf.

#### § 3

##### Prüfbedingungen

Der erste Absatz und Ziffer 1. erhalten folgende Fassung:  
„Die Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Isolierstoffen ist vorzunehmen:

1. bei Raumtemperatur und der im Prüfraum herrschenden relativen Luftfeuchtigkeit, die beide anzugeben sind, nach bestimmter Vorbehandlung des Prüfkörpers (siehe §§ 5 bis 11); es können auch verschiedene Vorbehandlungen gleichzeitig oder nacheinander vorgenommen werden;“

Unter Ziffer 2. heißt es dann ebenfalls: „... es können auch verschiedene Vorbehandlungen gleichzeitig oder nacheinander vorgenommen werden.“

#### § 5

##### Mechanische Vorbehandlung

Eine mechanische Vorbehandlung kann erfolgen durch Ziehen, Drücken, Biegen, Verdrehen und Falzen, gegebenenfalls jeweils auch stoßweise, ferner durch Abschleifen.

#### § 6

##### Vorbehandlung durch Einwirkung von Wärme

Der 2. Absatz erhält die Fassung:

„Die Vorbehandlung ist in Thermostaten vorzunehmen, die durch selbsttätige Regelung das Einhalten der gewünschten Temperatur mit einer Genauigkeit von mindestens  $\pm 2^\circ$  gewährleisten.“

#### § 7

##### Vorbehandlung durch Einwirkung von Feuchtigkeit

Die Bezeichnungen der Absätze mit a) und b) werden gestrichen.

Die Angabe unter Ziffer 2 „Einwirkung von Feuchtigkeit bei höherer Temperatur“ wird geändert in „Einwirkung von Feuchtigkeit bei Temperaturen über Raumtemperatur“.

Am Schluß wird ein neuer Absatz mit folgendem Wortlaut hinzugefügt:

„Bei Vorbehandlung nach Ziffer 2 „Einwirkung von Feuchtigkeit bei Temperaturen über Raumtemperatur“ ist die Temperatur im Thermostaten mit einer Genauigkeit von mindestens  $\pm 0,5^\circ$  einzuhalten.“

#### § 8

##### Vorbehandlung durch Einwirkung von Chemikalien

Der Säuregehalt für Salzsäure wird von 20,4 in 20 Gewichtsprozent geändert.

#### § 12

##### Aufsetzbare, massive Elektroden

Im letzten Absatz f) „Kegelige Stöpsel“ heißt es statt „Für die Messung des Isolationswiderstandes...“ — „Für die Messung des Widerstandes im Innern...“.

#### § 13

##### Am Prüfkörper haftende Elektroden

Der erste Absatz erhält folgende Fassung:

„Vorwiegend für die Ermittlung des dielektrischen Verlustfaktors und der Dielektrizitätskonstante sind festhaftende, leitende Belegungen zu verwenden; der Isolierstoff darf durch deren Aufbringen nicht in Mitleidenschaft gezogen werden.“

Der Abschnitt a) erhält folgende Fassung:

„a) Elektroden aus Blattmetall (nur für Niederfrequenz). Die Elektroden, im allgemeinen kreisförmige oder rechteckige Belegungen, werden durch Anreiben von Blattmetall auf dem Isolierstoff hergestellt. Um ein besseres Anhaften zu erzielen, wird der Prüfling mit einem Hauch von Paraffinöl oder von einem ähnlichen Haftmittel, dessen dielektrische Eigenschaften denen des Prüflings mindestens gleich sind, benetzt. Luftein-

schlüsse zwischen Belegung und Prüfkörper sind zu vermeiden."

Im Abschnitt b) wird der Klammerausdruck „(nur für Niederfrequenz)“ gestrichen.

Am Schluß wird ein neuer Abschnitt mit folgendem Wortlaut angefügt:

„g) Aufdampfen von Elektroden.“<sup>3)</sup>

§ 15

Schutzring-Elektroden

Im ersten Absatz wird das Wort „Kriechströme“ durch „Ströme“ ersetzt.

Der 2. Absatz erhält vom 3. Satz ab folgende Fassung: „Die geschützte Meßbelegung soll eine Fläche von mindestens 35 cm<sup>2</sup> haben. Die Abmessungen der ungeschützten Meßbelegung sollen mindestens den Außenabmessungen des Schutzringes entsprechen (Abbildung 2).

Abgeschirmte Belegungen bei Rohren sind nach Abbildung 3a oder 3b anzuordnen.“

Die Abbildung 3 des Entwurfs wird Abbildung 3b; als Abbildung 3a wird die gleiche Abbildung nochmals, jedoch mit der geschützten Meßbelegung auf der Außenfläche des Rohres aufgenommen.

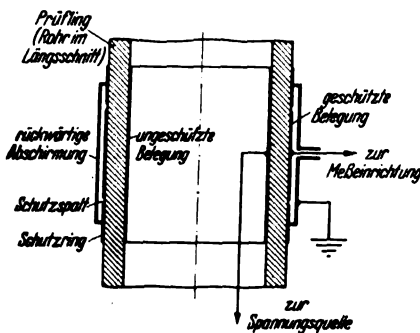


Abb. 3a.

§ 16

Isolationswiderstand

In Abschnitt a) wird der Satz: „Isolationswiderstände über 10<sup>12</sup> Ω sind elektrometrisch durch Vergleich mit Hochohm-Widerständen zu messen“<sup>3)</sup> geändert in: „Isolationswiderstände über 10<sup>12</sup> Ω können elektrometrisch durch Vergleich mit Hochohm-Widerständen gemessen werden“<sup>3)</sup>“.

§ 17

Durchgangswiderstand

Der erste Absatz erhält folgende Fassung:

„Der Durchgangswiderstand ist der Isolationswiderstand des Isolierstoff-Inneren unter Ausschluß des Anteiles der Oberfläche an der Stromleitung.“

Das Wort „Kriechströme“ im 2. Absatz wird durch „Ströme“ ersetzt.

Der 3. Absatz erhält die Fassung:

„Durchgangswiderstände über 10<sup>12</sup> Ω können elektrometrisch durch Vergleich mit Hochohm-Widerständen gemessen werden“<sup>4)</sup>“.

§ 19

Durchschlagsspannung

Der 4. Satz erhält die folgende Fassung:

„Die Steigerung der Spannung soll so durchgeführt werden, daß von der Spannung Null beginnend in etwa 20 s der Endwert erreicht ist.“

§ 20

Durchschlagsfestigkeit

Im 2. Absatz muß es statt „Ungleiche Feldverteilung“ „Ungleichmäßige Feldverteilung“ heißen.

§ 21

Spannungsprüfungen

Dieser Paragraph erhält die Überschrift:

„Beanspruchung durch Spannungen“.

Der erste Satz erhält folgende Fassung:

„Man unterscheidet Beanspruchungen durch folgende Spannungen: . . .“.

§ 26

Dielektrische Messungen in Abhängigkeit von der Temperatur

Der 2. Satz des ersten Absatzes erhält die Fassung:

„Zeigen Isolierstoffe bei höheren Temperaturen auch eine zeitliche Änderung der elektrischen Eigenschaften, so sind die Untersuchungen zur Gewinnung untereinander vergleichbarer Werte an den Proben wie folgt vorzunehmen.“<sup>5)</sup> . . .“

Der 3. Absatz wird gestrichen.

<sup>3)</sup> Vgl. H. C. Bürger und P. H. van Cittert, Z. Phys. 66 (1930) S. 210.

<sup>4)</sup> Vgl. H. Klingelhöffer und N. Jasper, Kunststoffe 29 (1939) S. 223.

<sup>5)</sup> wie Fußnote 3.

<sup>6)</sup> Vgl. G. Pfestorf und W. Hetzel, ETZ 59 (1938) S. 875.

In den beiden letzten Absätzen wird die Heiz- bzw. Abkühlzeit von 10 auf 15 min erhöht.

§ 27

Lichtbogenfestigkeit

Der Prüfling, eine Platte, ist waagrecht zu legen. Zwei Reinkohlen von 8 mm Durchmesser sind in einem Winkel von etwas mehr als 90° gegeneinander in einer etwa um 60° gegen die Waagerechte geneigten Ebene auf die Platte aufzusetzen. Die Anordnung der Kohlen ist so gewählt, daß die vom Lichtbogen aufsteigenden Gase frei nach oben entweichen können. An die Kohlen wird eine Gleichspannung von 220 V unter Vorschalten eines Widerstandes von 20 Ω gelegt. Nach Bildung des Lichtbogens zwischen den Kohlen werden diese mit einer Geschwindigkeit von höchstens 1 mm/s auseinandergezogen.

Die Lichtbogenfestigkeit wird danach beurteilt, in welchem Maße der Isolierstoff durch die Einwirkung des Lichtbogens dauernd oder vorübergehend an der Stromleitung teilnimmt oder wesentlich verändert wird. Während der Lichtbogenwirkung wird die Stromleitung durch Augenschein festgestellt. Bei Stromleitung im Isolierstoff verschwindet der im allgemeinen nach oben brennende Lichtbogen in der ganz oder teilweise leitend gewordenen glühenden Isolierstoffoberfläche. Nach dem Erkalten wird durch nochmaliges Aufsetzen der Kohlen auf den Strompfad festgestellt, ob im Isolierstoff eine leitende Brücke zurückgeblieben ist.

Folgende 6 Stufen der Festigkeit gegenüber dem Lichtbogen werden unterschieden:

- Stufe L 1. Unter dem über 20 mm lang ausziehbaren Lichtbogen bildet sich eine leitende Brücke im Isolierstoff, die auch nach dem Erkalten leitend bleibt.
- Stufe L 2. Unter dem zum Teil nicht über 20 mm lang ausziehbaren Lichtbogen bildet sich eine teilweise leitende Brücke im Isolierstoff, die nach dem Erkalten ihre Leitfähigkeit verliert; infolge der thermischen Beanspruchung zerspringt der Stoff.
- Stufe L 3. Unter dem über 20 mm lang ausziehbaren Lichtbogen bildet sich eine teilweise leitende Brücke im Isolierstoff, die nach dem Erkalten ihre Leitfähigkeit verliert.
- Stufe L 4. Der Lichtbogen läßt sich nicht über seine normale Länge von 20 mm ausziehen, unter dem Lichtbogen bildet sich keine leitende Brücke. Durch die thermische Beanspruchung tritt eine Zersetzung des Stoffes auf.
- Stufe L 5. Der Lichtbogen läßt sich weiter als 20 mm ausziehen, es bildet sich aber keine zusammenhängende Brücke im Isolierstoff. Es treten auch keine der unter L 2 und L 4 genannten Erscheinungen (Zerspringen oder Zersetzung des Stoffes) auf.
- Stufe L 6. Der Lichtbogen läßt sich nicht über seine normale Länge von etwa 20 mm ausziehen, und es bildet sich keine zusammenhängende leitende Brücke im Isolierstoff. Es treten auch keine der unter L 2 und L 4 genannten Erscheinungen (Zerspringen oder Zersetzung des Stoffes) auf.

In der Tafel II sind die 6 Stufen der Lichtbogenfestigkeit nochmals übersichtlich zusammengestellt.

Tafel II. Stufen der Lichtbogenfestigkeit.

Stufe	B e f u n d			
	Lichtbogen läßt sich ausziehen bis mm	leitende Brücke im Isolierstoff		Verhalten des Isolierstoffes
		unter dem Lichtbogen	nach dem Erkalten	
L 1	> 20	ja	ja	verkohlt oder verbrennt
L 2	teilweise < 20	teilweise ja	nein	zerspringt
L 3	> 20	teilweise ja	nein	—
L 4	< 20	nein	nein	schmilzt und verdampft
L 5	> 20	nein	nein	—
L 6	< 20	nein	nein	—

§ 28

Verhalten gegen Kriechstrom

Als Kriechstrom wird ein Strom angesehen, der sich an der Oberfläche oder an den oberen Schichten eines in trockenem, sauberen Zustand gut isolierenden Stoffes zwischen Teilen verschiedenen Potentials ausbildet, wenn auf die Oberfläche des Isolierstoffes äußere Einflüsse, wie die Anlagerung von Fremdkörpern, Feuchtigkeit u. dergl. einwirken.

Ein Prüfverfahren ist in Vorbereitung.

RUNDSCHAU

Geräte und Stromrichter

DK 621.385.36.004.1

**Wirkungsweise und praktischer Wert des Permatrons<sup>1)</sup>.** [Nach W. P. Overbeck, Electronics 12 (1939) S. 25; 4 S., 6 B. und Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 224; 4 S., 12 B.]

Bei der vom Verfasser beschriebenen Röhre handelt es sich um ein Stromtor mit magnetischer Außensteuerung. Statt des bei gewöhnlichen Stromtoren üblichen Steuergitters erscheint hier ein zylindrischer Kollektor, der den Anoden-Kathodenraum umschließt; bringt man die Röhre in ein transversales Magnetfeld, so werden die Elektronen, die von der Kathode zur positiven Anode fliegen, abgelenkt; sie verlieren an Geschwindigkeit und können keine Ionisation hervorrufen. Dabei entspricht jedem Anodenspannungswert eine kritische Feldstärke, bei der die Zündung gerade aussetzt; für diese gilt die Gleichung  $\Phi_K = c \sqrt{U} p$ , wenn  $U$  die Anodenspannung,  $p$  der Gasdruck und  $c$  eine Konstante ist, die sich experimentell aus dem meßbaren Verhältnis  $\Phi_K/U p$  bestimmen läßt. Der Kollektor kann mit der Kathode oder über einen hohen Widerstand mit der Anode verbunden werden; im letzteren Fall läßt sich durch Änderung des Widerstandes die Empfindlichkeit gegen Magnetfeldschwankungen regeln; allgemein wächst die Empfindlichkeit der ganzen Anordnung mit der dritten Potenz

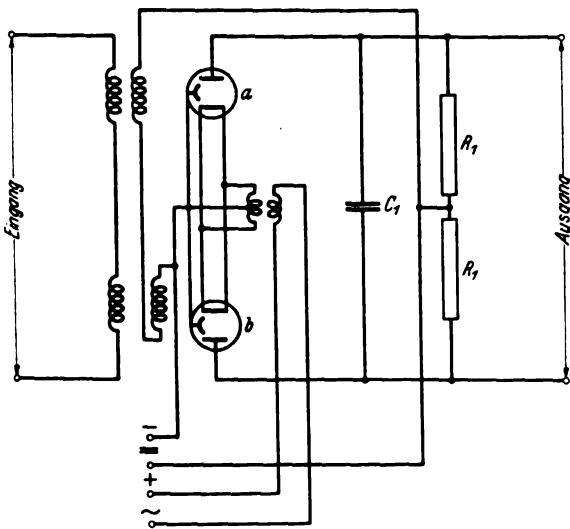


Bild 1. Gegentakt-Permatronschaltung zur Rückbildung verzerrter Telegraphiezeichen.

des Verhältnisses des Anoden-Kathodenabstandes zum Kollektordurchmesser. Verhältnismäßig klein ist der Aufwand an Leistung zur Durchsteuerung von Röhren der beschriebenen Art; es konnten z. B. 200 kW mit weniger als 1 W Steuerleistung angesteuert werden. Mit kleineren Röhren konnten bei einem Leistungsaufwand von 75 mW etwa 10 W gesteuert werden. Anwenden läßt sich das Permatron in der Leitungstelegraphie zur Rückbildung der über lange Leitungswege verzerrten Zeichenform in die ursprüngliche rechteckige Form. Den Vorgang erläutert Bild 1. Die Anordnung besteht aus zwei Röhren, die bei Steuerung wechselseitig geöffnet und geschlossen sind. Die Steuermagneten bestehen aus zwei Spulenpaaren; die Sekundärwicklungen sind in Reihe geschaltet und werden von einem Gleichstrom in entgegengesetzten Richtungen durchflossen. Das so entstehende Magnetfeld ist so groß, daß keine Röhre zünden kann. Legt man nun an die Primärwicklungen eine Wechselspannung, so überlagert sich dem magnetischen Gleichfeld ein Wechselfeld; im Verlauf einer Periode der Steuerungspannung wird bei richtiger Wahl des magnetischen Gleich-

<sup>1)</sup> Vgl. ETZ 61 (1940) S. 203.

feldes an beiden Röhren nacheinander das kritische Feld unterschritten werden; die Röhren werden nacheinander zünden. Zündet z. B. die Röhre  $a$ , so wird sich der Kondensator  $C$  annähernd zur vollen Spannung der Ortsbatterie aufladen, und zwar negativ bezüglich der Anode der Röhre  $a$ . In der nächsten Halbperiode der Steuerungspannung zündet die Röhre  $b$ ; der Kondensator wirkt im ersten Augenblick als Spannungsquelle. Die negative Spannung an der Anode der Röhre  $a$  ist so groß, daß diese erlischt. In der Folge lädt sich nun der Kondensator in der anderen Richtung wieder auf. Die an den Ausgangsklemmen nachweisbare Spannung hat annähernd rechteckige Kurvenform. Wichtig ist bei dieser Anordnung, daß die Zeitkonstante der von den Widerständen  $R_1$  mit  $C_1$  gebildeten Zeit-

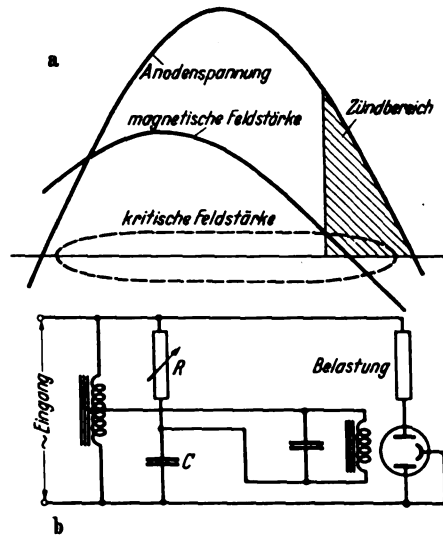


Bild 2a. Zündbereich in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung zwischen Anodenspannung und Feldstärke.

Bild 2b. Durch Widerstand  $R$  regelbare Schaltung des Permatrons.

kreise größer ist, als die Zeit, die der Entionisierungsvorgang beansprucht; diese läßt sich zu etwa  $500 \cdot 10^{-6}$  s angeben. Benutzt man die Steuerungspannung zur Erzeugung des Magnetfeldes und als Anodenspannung, so gibt es im Verlauf der positiven Halbperiode bei richtiger Phasenlage beider Spannungen zu einander immer eine Stelle, wo das Magnetfeld den kritischen Wert unterschreitet und die Röhre zündet; die Röhre erlischt, wenn die Anodenspannung negativ wird. Wie man Bild 2a entnehmen kann, hängt die Zeitdauer, während der die Röhre im gezündeten Zustand arbeitet, vor allem vom Betrag der Phasenverschiebung zwischen beiden Spannungen ab. Eine Schaltung, bei der die Dauer des periodisch einsetzenden Zündzustandes geregelt werden kann, zeigt Bild 2b; die Regelung geschieht durch Verschiebung der Phase zwischen beiden Spannungen von 0 bis  $180^\circ$  mittels des veränderlichen Widerstandes des  $RC$ -Gliedes. E. C. M.

DK 621.386.1 : 615.84

**Eine Röntgenröhre für 1 Mill V.** [Nach J. H. van der Tuuk, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 161; 9 1/2 S., 12 B.]

Im Zuge der Entwicklung von Therapie-Röntgenröhren für Höchstspannungen wurde in Holland für die Krebsbekämpfung eine Röntgenröhre für 1 MV Spannung herausgebracht<sup>1)</sup>. Maßgebend dafür war einmal rein medizinisch die Erwartung besonderer Wirkungen dieser in das Gebiet der Gammastrahlung des Radiums hineinreichenden sehr harten Röntgenstrahlung in biologischer Richtung, sodann aber wirtschaftlich der gute Wirkungsgrad bei der Erzeugung, die hohe prozentuelle Tiefendosis und die geringe Streustrahlung und Oberflächenwirkung. Die bisherige Gestaltung der Therapieröhren bis zu etwa 400 kV ging so vor sich, daß man das Volumen der Röhre und damit die Kriechwege für die höhere Spannung entsprechend vergrößerte. Das Auftreten statischer Ladungen im Innern des gläsernen Röhrenmantels durch eingeschlossene Gasreste, das leicht zu

<sup>1)</sup> Siehe Aufsatz Nitschke S. 441 dieses Heftes.



Gleitfunken und Durchschlägen führt, wurde durch Einfügen eines metallenen Mittelteiles aus Chromeisen in den Glaszylinder vermieden. Die Bildung von vagabundierenden Elektronen durch Elektronenbombardement auf die Anode oder durch kalte Emission wurde durch geeignete Formgebung des Anodenspiegels unterdrückt, wobei die Anoden- und Kathodenfläche auf eine größere Länge bei rd. 1 cm Abstand zueinander parallel geführt wurden. Ferner wurde der Brennfleck in das Innere des Anodenkolbens verlegt und der Strahlens Austritt durch eine Öffnung in diesem ermöglicht. Um beiden Elektroden ein festes Potential zu geben, trennte man sie durch ein metallenes Mittelschott, welches bei entsprechender Schaltung auch geerdet werden konnte.

Die Gestaltung der Therapieröhre für 1 MV war nun allein durch eine Volumenvergrößerung nicht mehr zu erreichen. Man hat deswegen diese Röhre aus drei einzelnen, hintereinander geschalteten Röhren aufgebaut, von denen jede die ihr zukommende Teilspannung entweder von einem parallel gelegten Potentiometerwiderstand oder unmittelbar von dem entsprechend unterteilten Kaskadengenerator erhält. Die drei Röhrenteile werden einzeln für sich hergestellt, evakuiert und an den Anschlußenden behelfsmäßig durch Metallfolien verschlossen. Die linke Außenröhre enthält die Glühkathode, die rechte die Anode. Zusammengesteckt und verlötet ergibt sich ein 2,40 m langes zylindrisches Rohr, welches die Elektronen durchfliegen müssen. Die trennenden Metallfolien werden hierbei durch Elektronenbombardement zerschmolzen. Die geringen noch in der Röhre verbleibenden Gasreste werden durch einen beigegebenen Fangstoff festgehalten. Die von der Kathode ausgehenden Elektronen werden durch einen Ringmagneten gebündelt, durchlaufen in jeder Teilröhre das Zwischenschott und werden dabei durch die angelegte Spannung beschleunigt, bis sie auf die Anode am Ende des dritten Röhrenteils auftreffen, wo sie die Röntgenstrahlung erzeugen. Zum Schutz der Röhrenoberfläche gegen Kriechfunken sind auf jeden Teil besonders gestaltete Isolierkörper von tief eingezogener Form aufgesetzt. Um eine solche Röhre auch transportabel zu machen, wurden die Verbindungsstellen biegsam ausgebildet, wobei das Vakuum während des Betriebes sogar ohne Pumpanlage aufrechterhalten werden konnte.

Da bei der auftretenden sehr kurzwelligen Röntgenstrahlung von 0,018 Å für den unmittelbaren Strahlenschutz Bleidicken von 8 bis 10 cm erforderlich werden, wurde dieser Einfachheit halber direkt in Form einer Kugel um den Anodestiel herum angeordnet; durch herausnehmbare Fenster wird der Strahlenkegel freigegeben. Infolge des erforderlichen starren Einbaues der Röntgenröhre muß der Patient im Gegensatz zu früher entsprechend der Röhrenanordnung gelagert werden. Man ist in der Lage, bis zu drei Personen gleichzeitig zu bestrahlen. Es müssen ferner dann besonders große Abstände zwischen Röhre und Patient (rd. 1 m) eingehalten werden, wenn die Röhre an einem zweiseitigen Kaskadengenerator mit Mittel-erdung betrieben wird, weil dann die Anode eine Spannung von 500 kV gegen den Patienten hat. Bei anodenseitiger Erdung des Generators kann dagegen die Bestrahlung in üblicher Weise mit unmittelbar aufsitzendem Tubus erfolgen. C. Ra.

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.17

**Verlegung von schwingungsdämpfenden Stahl-Aluminiumseilen.** [Nach H. Glaßer, Aluminium 21 (1939) S. 376; 5 S., 9 B.]

Um bei den verschiedenen Belastungs- und Klimaverhältnissen eine einwandfreie Schwingungsdämpfung der Stahlaluminiumseile zu erhalten, muß bei der Verlegung eine bestimmte Vorspannung im Stahlseil gegenüber dem Aluminiumseil eingestellt werden. Um an heißen Sommertagen und bei hohen Strombelastungen ein wellenartiges Aufliegen des Aluminiumseiles mit seinem höheren Temperaturbeiwert zu vermeiden, darf die Vorspannung nicht zu groß ausgeführt werden; sie wird daher so gewählt, daß das Aluminiumseil bei + 55° C spannungslos ist und der ganze Seilzug vom Stahlseil übernommen wird. Bei weiterer Abkühlung bzw. niedrigerer Temperatur übernimmt dann auch das Aluminiumseil einen entsprechenden Teil der Zugkraft. Das Verlegen des schwingungsdämpfenden Stahlaluminiumseiles erfolgt meist bodenfrei mit Vorseil über Abbremsmast und Rollen am Mast, wobei die letzte Rolle am Abspannmast vor dem sogenannten Windenplatz nur etwa 5 bis 10 m über dem Erdboden befestigt ist. Mit Hilfe des durch Rechnung bestimmten Verlegungsdurchhanges zwischen den beiden auf die letzte Rolle folgenden hohen Rollen

können am einfachsten gewöhnliche Abspannklemmen eingehängt und Klemmen eingesetzt werden; dabei wird der festgelegte Verlegungsdurchhang bei spannungslosem Aluminiumseil eingestellt. Außer eingehenden Montageanweisungen werden Hinweise für die Durchführung des Seilzuges mit Verbindern, das Setzen von Doppelrohr- oder Kerbverbindern angegeben. Ausgehend von der Durchhangtabelle sind für die Verlegung die beiden Zahlentafeln für den Verlegungsdurchhang und für die Zugspannung im Aluminium beim endgültigen Durchhang aufzustellen, wofür die grundsätzlichen Berechnungsgleichungen betrachtet und an einem Zahlenbeispiel für ein schwingungsdämpfendes Stahlaluminiumseil von 150 mm<sup>2</sup> bei Spannweiten von 150, 200, 250 und 300 m für verschiedene Verlegungsdurchhänge und Zugkräfte im Aluminium bei 11 kg/mm<sup>2</sup> Höchstzugspannung erläutert werden. Tsch.

DK 621.315.62

**Alte und neue Isolatorbauarten in Schweden.** [Nach C. Granborg, Tekn. T., 69 (1939) Elektrotekn. S. 92; 9 S., 39 B.]

Unter dieser Überschrift bringt C. Granborg nach einem im Herbst 1938 in Schweden gehaltenen Vortrag eine übersichtliche Zusammenstellung aller bei der Königl. Wasserfallbehörde, Stockholm, eingebauten Isolatoren. Einleitend werden die wichtigsten Gesichtspunkte für die Herstellung (Anforderungen an die Dichte der Porzellanmasse, richtige Glasierung, Brennen im Tunnelofen, Berücksichtigung der hohen Druck-, aber geringen Zugfestigkeit von Porzellan usw.) behandelt. Unter den Kappen-Hänge-Isolatoren der Wasserfallbehörde finden sich seit den ersten, schon 1909 und 1910 eingebauten, teilweise noch jetzt in Betrieb befindlichen Isolatoren fast alle Bauarten vertreten, deren Vor- und Nachteile (z. B. Ribbildung durch verschiedene Wärmedehnung der einzelnen Bestandteile, Aufsitzen der Kappen auf dem Porzellanschirm, Bleiverguß zum Befestigen des Klöppels, nachgiebige Überzüge, Übertragung der Zugbelastung als Druck auf den Porzellanteil, zulässige mechanische Belastung usw.) erörtert werden. Hewlett-Isolatoren sind nur in geringer Zahl eingebaut, da sie eine zu große Kettenlänge ergeben und unbedingt Lichtbogenschutz wegen der geringen Wärmekapazität der Seilschlingen erfordern. Unter den Stützen-Isolatoren sind besonders die mehrteiligen mit gleichem Durchmesser aller Schirme und Salzrippen auf der Unterseite bemerkenswert. Die Befestigung des Leitungsdrahtes mittels besonderer Leitungsklemme oder die besondere Ausbildung der Halsrille mit eingelegtem Metallband bietet in mehrfacher Hinsicht (z. B. auch in bezug auf Rundfunkstörungen) Vorteile. Auch von Stützen-Isolatoren werden die verschiedenen Bauarten beschrieben und dabei u. a. auch die für möglichst hohe Stoßüberschlagspannung maßgebenden Gesichtspunkte erörtert. W. W.

DK 621.316.54

**Einfluß des Kurzschlußleistungsfaktors auf die Schaltleistung von Niederspannungs-Leistungsschaltern.** [Nach C. J. O. Garrard, Electr. Rev., Lond. 124 (1939) S. 745; 1½ S., 1 B.]

Die zunehmende Vermaschung in Niederspannungsverteilungsnetzen macht eine erhöhte Betriebssicherheit der Niederspannungs-Leistungsschalter notwendig. C. J. O. Garrard gibt die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen der Schaltspannung und -leistung sowie die Abhängigkeit des Lichtbogens zwischen den Schaltstücken von Spannungs-, Stromwerten und Leistungsfaktor des Kurzschlußkreises an. In den Niederspannungsschaltgeräten sind die Vorgänge von den bei Mittel- und Hochspannungsschaltern sich vollziehenden Erscheinungen teilweise beträchtlich verschieden; beispielsweise nimmt die Lichtbogenlänge nicht mit der Spannung zusammen ab, was durch die Dynamik der Ölströmung erklärt wird. Bei sehr großen Stromstärken ist die Bogenlänge fast vom Strom unabhängig. Die freiwerdende Energie ist bei einem Niederspannungsschalter verhältnismäßig größer als bei einem Hochspannungsschalter; ferner ergeben kleinere Schaltstückeinflüsse, wie Verunreinigungen u. a., größere Störungsmöglichkeiten. Auch sind die Unterbrechungszeiten im allgemeinen größer. Die auf den Schalter ausgeübten Kraftwirkungen hängen sehr stark von der Unsymmetrie des Fehlerstromes und deren Zeitdauer ab. Diese beiden Größen werden wiederum von dem Leistungsfaktor bzw. dem Verhältnis von ohmschem Widerstand  $R$  zum induktiven  $X$  des Kurzschlußkreises wesentlich beeinflußt. Der „Asymmetriewert“ ist die Größe, mit dem der symmetrische Fehlerstrom multipliziert werden muß, um die anfängliche Stromspitze zu erhalten; er verläuft vom Werte 2,55 nach der

englischen Norm (B. S. S. 116/1937) beim Leistungsfaktor Null mit dessen Zunahme abfallend. Die Kraftwirkungen fallen mit sinkendem „Asymmetriewert“ in gleichem Sinne ab. Bei Prüfversuchen ergab sich, daß bei den Niederspannungsunterbrechungen für die Schaltleistung des Gerätes vor allem der anfängliche Spitzenwert des Stromes maßgebend ist. Je mehr das Verhältnis von  $R$  zu  $X$  im Schaltkreis anwächst und sich dem Werte 1 nähert, um so kleiner wird der Asymmetriewert; er erreicht schließlich bei  $R/X = 1$  den Wert 1,06. Dies ist für eine wirtschaftliche Schalterauswahl zu beachten. Ferner erhöht der Eigenwiderstand des Schalters den Widerstand des Kurzschlußweges, was ebenfalls bei der Bemessung der Schalter zu berücksichtigen ist. Allgemein müssen Niederspannungsleistungsschalter vorsichtig und etwa wie Sicherungen unter Berücksichtigung der zu erwartenden Stromscheitelwerte bemessen werden. *an*

Elektrische Maschinen

DK 621.313-333

**Messung der Zusatzverluste von Asynchronmaschinen.** [Nach Th. H. Morgan, W. E. Brown u. A. J. Schumer, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 319; 6 S., 4 B.]

Es wird vorgeschlagen, zur Bestimmung der Zusatzverluste einer Asynchronmaschine den Läufer durch eine Maschine mit bekannten Verlusten synchron entgegen dem Umlaufsinne des Ständerdrehfeldes anzutreiben, während der Ständerwicklung eine Spannung von solcher Größe aufgedrückt wird, daß der etwa ein- bis zweifache Nennstrom fließt. Die Zusatzverluste bei dem sich einstellenden Ständerstrom werden errechnet als Differenz aus der dem Ständer zugeführten Leistung abzüglich der ohmschen Verluste der Ständerwicklung und der dem Läufer zugeführten Leistung, abzüglich der Verluste durch Reibung und Lüftung. Vernachlässigt werden hierbei die Verluste infolge der Streuflüsse des Ständers; es wird jedoch angenommen, daß diese Vernachlässigung ausgeglichen wird durch andere Ungenauigkeiten des Verfahrens, wie z. B. den Antrieb des Läufers mit synchroner Drehzahl an Stelle mit der dem natürlichen Schlupf entsprechenden Drehzahl. Die Ergebnisse der an zwei Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufern für 7,5 kW, 550 V, 60 Hz, 1750 U/min bzw. für 7,5 kW, 220/440 V, 60 Hz, 1710 U/min durchgeführten Messungen sind in Abhängigkeit vom Ständerstrom aufgetragen und zeigen gute Übereinstimmung mit den gleichfalls aufgetragenen Ergebnissen aus früher an dieser Stelle angegebenen Meßverfahren zur Bestimmung der Zusatzverluste<sup>1)</sup>. Wie auch die dem Aufsatz beigefügte Aussprache zeigt, bedarf es noch einer größeren Anzahl von Versuchsergebnissen, um über die praktische Brauchbarkeit des Meßverfahrens, insbesondere auch für größere Motoren, zu entscheiden. *Kll.*

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317-785

**Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter.** — Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt erläßt folgende

Bekanntmachung Nr. 530.

(Amtsbl. der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 15. Reihe Nr. 7)

Auf Grund des § 10 des Gesetzes, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) werden dem System 172 folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereicht:

Zusatz zu System 172, die Formen EFk2f, EFk2tf, EFk2S, EFk2tS, EFk2SP, EFk2tSP, EFk2SPv, EFk2tSPv, EFk2SPz und EFk2tSPz, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Heliowatt Werke Elektrizitäts-Aktiengesellschaft in Berlin-Charlottenburg.

Berlin-Charlottenburg, den 19. 4. 1940.

Der Präsident  
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt  
i. V. Möller

<sup>1)</sup> Vgl. ETZ 55 (1934) S. 748.

DK 621.317-336.029.63

**Ein Verfahren zur absoluten Messung von Scheinwiderständen bei Frequenzen in der Größenordnung von  $3 \times 10^8$  Hz.** [Nach R. A. Chipman, J. Appl. Phys. 10 (1939) S. 27; 12 S., 7 B.]

In der Arbeit wird ein Verfahren zur Messung von Scheinwiderständen nach Betrag und Phase in Einheiten des Wellenwiderstandes einer Paralleldrahtleitung, die am einen Ende mit dem zu messenden Widerstand abgeschlossen ist, beschrieben. In der von J. R. Carson<sup>1)</sup> gegebenen Darstellungsform hat der Strom in irgendeinem Punkt einer solchen Leitung den Wert

$$I_l = E \frac{(1 + X)(1 + Y)}{2Z_0} \left\{ \frac{e^{-\gamma l}}{1 - XY e^{-2\gamma l}} \right\} = I_0 f(l), \quad (1)$$

wenn  $X = \frac{Z_0 - \Re_x}{Z_0 + \Re_x}$  und  $Y = \frac{Z_0 - \Re_e}{Z_0 + \Re_e}$  die Reflexionsziffern am Anfang und am Ende der Leitung sind,  $\Re_x$  den Eingangs- und  $\Re_e$  den Endwiderstand der Leitung,  $Z_0$  ihren Wellenwiderstand,  $\gamma = \alpha + j\beta$  die Ausbreitungsziffer und  $E$  die eingekoppelte Generatorursprungsspannung bedeutet.

Gl. (1) stellt die Gleichung der Stromresonanzkurve im Punkt  $x = l$  dar; experimentell erfaßbar sind die Resonanzleitungslängen  $l_0$  und die Resonanzschärfe. Die Gleichung

$$f(l) = \frac{e^{-(\alpha + j\beta)l}}{1 - XY e^{-2(\alpha + j\beta)l}}$$

erlaubt zunächst die Bestimmung

des Produktes  $|XY|$ . Macht man nämlich den Ansatz

$$XY = e^{-2(p + jq)}, \quad (2)$$

so erhält man zunächst für den Absolutwert des Stromes, der ausschließlich interessiert, nachdem mit Thermoelementen gemessen werden soll:

$$|f(l)| = \frac{1}{2 \left\{ |XY| \sin^2(\alpha l + p) + |XY| \sin^2(\beta l + q) \right\}^{1/2}} \quad (3)$$

Der Höchstwert wird erreicht, wenn  $\beta l_0 + q = n\pi$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) ist. Zunächst darf nun die Phasenkonstante  $\beta$  bei hohen Frequenzen  $\beta = \frac{2\pi}{\lambda}$  gesetzt werden; also gilt

$$q = 2 \frac{\pi}{\lambda} \left( n \frac{\lambda}{2} - l_0 \right), \quad (3')$$

wenn  $l_0$  die Resonanzlänge des Systems ist. Nach Gl. (2) ist aber  $-2q$  der Phasenwinkel  $\Phi_{xy}$  des Produktes  $|XY|$ , der sich somit experimentell nach der Gleichung

$$\Phi_{xy} = 4 \frac{\pi}{\lambda} \left( l_0 - n \frac{\lambda}{2} \right) \quad (4a)$$

aus der Resonanzleitungslänge bestimmen läßt. Bei einer Verlängerung oder Verkürzung des Systems um  $\delta l_1$  bzw.  $\delta l_2$  gegenüber  $l_0$  sinkt der Strom auf den Betrag  $g I_{\max}$ . Wegen Gl. (3) und (3') gilt dann

$$\sin^2 \left[ \alpha (l_0 + \delta l_1) + p \right] + \sin^2 \frac{2\pi \delta l_1}{\lambda} = \frac{\sin^2(\alpha l_0 + p)}{g^2} \quad (5a)$$

und

$$\sin^2 \left[ \alpha (l_0 - \delta l_2) + p \right] + \sin^2 \frac{2\pi \delta l_2}{\lambda} = \frac{\sin^2(\alpha l_0 + p)}{g^2} \quad (5b)$$

Diese Gleichungen erlauben für jeden  $\sigma$ - und  $l_0$ -Wert die Bestimmung des Produktes  $|XY|$  aus der Resonanzkurvenbreite in einer Höhe  $I = g I_{\max}$  ( $0 < g < 1$ ), da nach Gl. (2)

$p = \ln \frac{1}{|XY|^{1/2}}$  ist. Kann die Dämpfung vernachlässigt werden, was meist der Fall ist ( $\alpha \sim 0$ ), so erhält man für  $g = 1/\sqrt{2}$  (Halbwertshöhe) die einfache Gleichung

$$|XY| = \left( e^{\Re} \sin \sqrt{\frac{1 - \cos 2\pi \frac{(\delta l_1 + \delta l_2)}{\lambda}}{2}} \right)^{-1/2} \quad (4b)$$

Da  $|X| = \frac{|XY|}{|Y|}$  und  $\Phi_x = \Phi_{xy} - \Phi_y = 4 \frac{\pi}{\lambda} (l_{0,xy} - l_{0,y})$  ist, muß nun  $|Y|$  und  $\Phi_y$  bestimmt werden. Da bei Kurzschluß ( $\Re_x = 0$ )  $X = +1$  ist, genügt zur Bestimmung von  $|Y|$  und  $\Phi_y$  eine Resonanzkurvenaufnahme bei eingangs kurzgeschlossenem System und deren Auswertung nach dem beschriebenen Verfahren. Nach der Definitionsgleichung für  $X$  ist  $\Re_x = Z_0 \frac{(1 - X)}{(1 + X)}$ . Betrachtet man die Leitung als verlust-

<sup>1)</sup> J. R. Carson, Electric Circuit Theorie and Operational Calculus, New York 1926, S. 133.

frei,  $Z_0$  also als reell, und macht man für die komplexen Größen  $R_x$  und  $X$  die Ansätze  $R_x = R_r + j R_j$  und  $X = |X| e^{j \phi_x}$ , so erhält man zur Bestimmung von Wirk- und Blindanteil des zu messenden Widerstandes die Gleichungen

$$R_r = \frac{Z_0 \left\{ 1 - |X|^2 \cos^2 \phi_x - |X|^2 \sin^2 \phi_x \right\}}{1 + |X|^2 \cos^2 \phi_x + |X|^2 \sin^2 \phi_x + 2|X| \cos \phi_x} \quad (A)$$

und

$$R_j = \pm \frac{2|X| \sin \phi_x}{1 + |X|^2 \cos^2 \phi_x + |X|^2 \sin^2 \phi_x + 2|X| \cos \phi_x} \quad (B)$$

Damit ist die Widerstandsmessung auf eine einfache Stromresonanzkurvenaufnahme zurückgeführt. Zur Aufnahme der Resonanzkurve dient die im Bild 3a gezeigte Meßanordnung; Bild 3b zeigt die Enden der Meßleitung, in die der zu messende

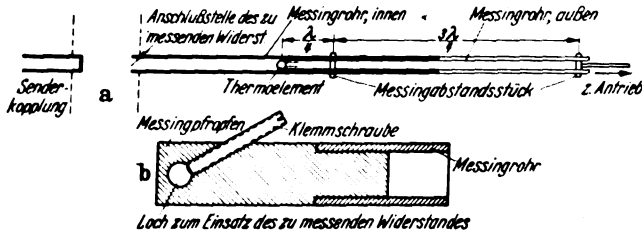


Bild 3a u. b. Anordnung zur Scheinwiderstandsmessung (a) und Anschlußstücke für den zu messenden Widerstand (b).

Widerstand eingesetzt wurde. Die Messungen wurden mit einer Frequenz von  $377 \cdot 10^6$  Hz durchgeführt. Die Leiter bestanden aus Messingrohr von etwa 5 mm Dmr. Als Ergebnis einer Reihe von Versuchen konnte festgestellt werden, daß durch Abstrahlung vor allem an den Leitungsenden mit einer Widerstandserhöhung an den Enden gerechnet werden muß, der man bei beliebigen Abschlüssen durch die Annahme eines Widerstandes  $R_x = 80 \pi^2 \frac{d^2}{\lambda^2}$ , der dem zu messenden Widerstand  $R_x$

in Reihe zugeschaltet ist, Rechnung zu tragen hat. Um kleine Widerstände noch genau messen zu können, muß also der Abstand  $d$  der Meßleitung, genommen von Mitte zu Mitte, möglichst klein gemacht werden. Ausgemessen wurden Drähte und Massewiderstände. Die für die Drähte erhaltenen Werte des Wirk- und Blindwiderstandes werden mit den nach den Rayleighschen Formeln<sup>1)</sup> berechneten Werten verglichen. In Tafel 1 sind einige Ergebnisse zusammengestellt. Die bei den

Tafel 1. Werkstoff: 1 Manganin; 2 Chromnickel; 3 Ohmax 44; 4, 5, 6, 7 Massewiderstände.

Untersuchter Werkstoff	1	2	3	4	5	6	7
Durchmesser ( $\mu$ ) . . . .	45,6	47,2	44,2	—	—	—	—
Länge (cm) . . . . .	1,58	1,54	1,135	—	—	—	—
Gleichstromwiderst. ( $\Omega$ )	4,73	9,69	12,28	95,6	156	195	277
Resonanzkurvenbreite (mm) . . . . .	9,60	14,85	48,63	—	—	—	—
Resonanzlänge (cm) . . . .	33,52	33,58	33	—	—	—	—
Gemessener Wirkwiderstand ( $\Omega$ ) . . . . .	5,98	11,29	42,8	—	—	—	—
Gemessener Blindwiderstand ( $\Omega$ ) . . . . .	47,2	45,9	55,8	—	—	—	—
Strahlungswiderstand $R_x$ ( $\Omega$ ) . . . . .	0,5	0,5	0,3	—	—	—	—
Um $R_x$ korrigierter Wirkwiderstand ( $\Omega$ ) . . . . .	5,48	10,79	42,5	104,6	175	208	309
Berechneter Wirkwiderstand ( $\Omega$ ) ( $\mu = 1$ ) . . . . .	4,98	9,81	12,33	—	—	—	—
Tatsächlicher $\mu$ -Wert . . . . .	1,7	3,5	92	—	—	—	—
Berechneter Blindwiderstand ( $\Omega$ ) ( $\mu = 1$ ) . . . . .	47,7	46,1	32,3	—	—	—	—
Blindwiderstand bei Berücksichtigung des tatsächlichen $\mu$ -Wertes ( $\Omega$ ) . . . . .	49,2	49,8	71,7	—	—	—	—
Nickelgehalt (%) . . . . .	2...10	16	Spuren	—	—	—	—
Eisengehalt (%) . . . . .	Spuren	28	70	—	—	—	—

Drähten beobachtbaren Abweichungen der gemessenen Wirkwiderstandswerte von den berechneten Werten erklären sich bei den Blindwiderständen aus der Tatsache, daß in der Rechnung  $\mu = 1$  gesetzt wurde, da der Eisengehalt der Legierungen nicht bekannt war. Wegen des Nickel-Eisengehaltes der Legierungen muß aber  $\mu$  größer sein. Damit die Meßwerte theoretisch ver-

1) Phil. Mag. 21 (1886) S. 381.

treubar sind, muß mit den in Tafel 1 angegebenen  $\mu$ -Werten gerechnet werden. Daß bei Einsatz dieser Werte in die Rayleighsche Blindwiderstandsformel immer noch Abweichungen von den gemessenen Werten vorhanden sind, wird mit der Ungenauigkeit der Rechnung begründet, die um so größer ist, je höher  $\mu$  ausfällt. E. C. M.

DK 621.317-733

**Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücken mit Schleifdraht-Abgleichung.** [Nach W. Geyger, Arch. techn. Messen, Blatt J 921—14. Lfg. 97. Juli 1939, 4 S., 8 B.]

Bei den Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücken nach H. Schering wird die Kapazitäts-(Amplituden-)Abgleichung mit veränderbaren kapazitäts- und induktionsfreien Widerständen (Vierdekaden-Kurbelwiderstand nebst Schleifdraht zur Feineinstellung) und die Verlustfaktor-(Phasen-)Abgleichung mit einer veränderbaren Kapazität (Präzisions-Glimmer-Kondensator, der als Dreidekaden-Kurbelkondensator ausgebildet ist) vorgenommen. Ein solcher Kondensator stellt ein kostspieliges Hilfsmittel dar und vergrößert außerdem den von einer derartigen Meßeinrichtung beanspruchten Raum, was sich z. B. beim Aufbau von sogenannten Meßtischen bemerkbar macht, bei denen man mit möglichst geringen äußeren Abmessungen auszukommen sucht. Weiterhin ist es bedeutungsvoll, daß zwar die Abgleichung von Hand mit einem Kurbelkondensator bequem durchführbar ist, daß jedoch eine selbsttätige Abgleichung, wie sie in der Praxis oft erwünscht oder sogar erforderlich ist, bei Verwendung eines Kurbelkondensators als Abgleichmittel für die Verlustfaktor-Einstellung grundsätzlich nicht möglich ist, weil die zur selbsttätigen Herbeiführung der Nullabgleichung dienenden phasenabhängigen Nullmotoren (Induktionszähler-Meßwerke oder Elektrodynamometer), welche die beiden der reellen und imaginären Komponente entsprechenden Abgleichmittel steuern sollen, einen Kurbelkondensator selbstverständlich nicht betätigen können. Die naheliegende Maßnahme, den Kurbelkondensator durch eine stetig veränderbare Kapazität nach Art des Drehplatten-Kondensators zu ersetzen, kann wegen der für den vorliegenden Zweck bei weitem nicht ausreichenden Kapazität von Drehplatten-Kondensatoren praktisch nicht in Betracht kommen.

Um die oben gekennzeichneten Schwierigkeiten grundsätzlich zu beseitigen, hat W. Geyger verschiedenartige Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücken eingeführt, bei denen die Nullabgleichung mit Hilfe von zwei der reellen und imaginären Komponente zugeordneten Schleifdrähten vorgenommen wird. Diese Meßbrücken mit „Schleifdraht-Abgleichung“, die in neuerer Zeit, insbesondere für registrierende Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßeinrichtungen („C-trgd-Schreiber“), große Bedeutung erlangt haben, weisen entweder einen linearen oder quadratischen Verlauf der zur Ablesung des Verlustfaktors dienenden Skala auf. In einer zusammenfassenden Darstellung über die verschiedenartigen, mit Schleifdraht-Abgleichung arbeitenden Kapazitäts- und Verlustfaktor-Meßbrücken werden zunächst Schaltungen mit linearem Skalenverlauf beschrieben, die Abwandlungen der (mit regelbaren Ohm-Widerständen abzugleichenden) Meßbrücken nach M. Wien, R. W. Atkinson und der (mit regelbaren Gegeninduktivitäten abzugleichenden) Meßbrücke nach C. L. Dawes und P. L. Hoover darstellen. Anschließend wird eine Schaltung behandelt, die aus der Kombination der Schering-Brücke mit einem komplexen Kompensator besteht. Weiterhin wird eine von W. Geyger eingeführte, eine quadratische Verlustfaktorskala besitzende Anordnung beschrieben, bei der die Kapazitätsabgleichung mit einem Dekadenwiderstand (Grob-einstellung) und einem Schleifdraht (Feineinstellung) ausgeführt wird. Ferner wird eine ähnliche, ebenfalls einen quadratischen Verlauf der Verlustfaktorskala besitzende Einrichtung nach H. Schering behandelt, bei der die Kapazitätsabgleichung mit einem zusätzlichen Schleifdraht vorgenommen wird, der dem zur Verlustfaktorabgleichung dienenden Schleifdraht parallelgeschaltet ist. Am Schluß der Arbeit ist ein ausführliches Schrifttumverzeichnis beigelegt, aus dem die geschichtliche Entwicklung dieser Meßbrücken zu ersehen ist. Ggr.

**Elektrowärme**

DK 621.791-753-4

**Ein neues selbsttätiges Lichtbogenschweißverfahren von besonderer Einfachheit.** [Nach G. Hafergut, Elektroschweißg. 10 (1939) S. 126; 2 1/2 S., 4 B.]

Nachdem die selbsttätige Schweißung mit dem Kohle- und Metallbogen schon auf verschiedene Weise gelöst wurde und auch in den Betrieben zufriedenstellend angewandt wird, ist man in

jüngster Zeit bestrebt, die Schweißleistung und die Güte der Schweißnähte zu steigern. Als man erkannt hatte, daß die besten Güteziffern nur mit starker Einhüllung des Bogens und des Schweißgutes zu erzielen sind, suchte man entweder die im Automaten abzuschmelzende Elektrode vorher stark zu ummanteln oder handelsübliche ummantelte Stäbe zu verwenden, oder man zieht den Bogen und schmilzt den Stab unter einer Mantelschicht, die über die Schweißfuge gelegt wird, ab. Der Verfasser hat auf das bisher als Spielerei bekannte Verfahren des „Umlegens“ einer Elektrode zurückgegriffen und dieses so verbessert, daß es für die Praxis erfolgversprechend zu werden scheint. Das Umlegen geschieht so, daß man einen Preßmantelstab in die Elektrozange einspannt, zwischen dem anderen Ende des Stabes und dem Werkstück den Bogen zündet und dann den Stab über oder in die Schweißfuge legt. Dann schmilzt dieser selbsttätig ab, indem der Bogen immer näher an die Zange heranrückt. Leider konnte man hiermit aber keine brauchbaren Schweißungen erzielen, da erstens der nötige Einbrand fehlte, zweitens der Stab sich infolge der Wärmewirkung verzog und nicht mehr geradlinig in der Schweißfuge abschmolz, also keine gute Schweißbraue ergab.

Hafergut läßt nun einen angeleiteten Arbeiter 4 Stück etwa 1,5 m lange stark ummantelte Elektroden mit 4 gerillten Kupferschienen unter Zwischenlage von Pappe auf oder in die Schweißfuge einpressen, an 4 Schweißstellen anschließen und die Bogen zünden. Diese schmelzen fortschreitend die Stäbe ab. Der Schweißer kann während des Abschmelzens eine zweite Serie von 4 Stäben auflegen, die dann nach Abschmelzen der ersten wieder angeschlossen und gezündet werden, und so fort. Es sind bis jetzt Stäbe von 2 bis 12 mm Dmr. verwandt worden. Da das Abschmelzen einer Serie nur etwa 5 Minuten dauert, so ist das Verfahren außerordentlich wirtschaftlich. Es eignet sich allerdings nur für die Herstellung langer geradliniger Stumpf- und Kehlnähte, z. B. bei Rohren, Kesselschüssen, Trägern u. dgl., und scheint hier berufen, die bisherigen selbsttätigen Verfahren aus dem Felde zu schlagen. J. C. F.

### Verkehrstechnik

DK 621.398 : 625.171

**Die Fahrtsignallöschung bei den selbsttätigen Signalen der Berliner S-Bahn.** [Nach G. Chausette, Z. ges. Eisenb.-Sich. 34 (1939) S. 85; 6 S., 2 B.]

Die selbsttätigen Signale wechseln im allgemeinen bekanntlich ihr Signalbild unter Wirkung der die Gleise befahrenden Züge und übernehmen so in einfacher, schneller und vor allem unbedingt zuverlässiger und sicherer Weise die Deckung der einzelnen Züge in den Blockabschnitten. Diese Arbeitsweise ist eine vollselbsttätige im Gegensatz zu den wärterbedienten Signalstellwerken, die heute noch bei den Fernbahnen durchweg üblich sind. Während bei den älteren Bauarten aber die Haltstellung des Signals erst erfolgt, wenn die Zugspitze die dem Signal zugeordnete, um die sogenannte Schutzstrecke vorgeschobene Blockstrecke erreicht hat, erschien es zweckmäßig, bei neueren Anlagen mit ihnen zum Teil sehr erheblichen Zugdichten die Herstellung des Haltbegriffs, also die Löschung des Fahrtsignals, schon erheblich früher herbeizuführen, nämlich bei Vorbeifahren der Zugspitze am Signal. Hierdurch wird eine Erhöhung der Sicherheit erreicht. Während sonst infolge der Einführung der Permissiv-Signale mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, daß ein Zug ein Haltsignal nach der üblichen Wartezeit überfährt, in Sichtentfernung des fahrtsanzeigenden Folgesignals seine Geschwindigkeit jedoch wieder steigert, da ihm dieses Signal ein sinnwidriges Signalbild vermittelt, wird dieser Nachteil durch Einführen der Fahrtsignallöschung vollkommen vermieden. Die vorliegende Veröffentlichung behandelt eine Schaltung der Fahrt-Signallöschung, bei der die Teilung der Signal-Blockstrecke in zwei voneinander getrennte, in üblicher Weise aber durch Drosselstöße miteinander verbundene Blockabschnitte vorgenommen ist. Dabei liegen die der Fahrtsignallöschung dienenden Drosselstöße in möglichst kurzem Abstand hinter dem zugeordneten Signal und unterscheiden sich in ihrer Schaltung und Wirkung nicht nennenswert von den Abschnitts-Drosselstößen.

Nachstehend wird eine Schaltung beschrieben, bei der ebenfalls eine sichere, im Aufwand der Schaltungsmittel aber einfachere und daher billigere Lösung gefunden wurde. Diese Schaltung wurde erstmalig auf der Vorortstrecke Westkreuz-Wannsee der Berliner S-Bahn in Betrieb genommen und ist in Bild 4 dargestellt. Die Abschnitts-Drosselstöße *A* und *B* befinden sich in üblicher Schutzstreckenlänge *s* vom Signal. Ihre Schaltung entspricht im wesentlichen der Grundschialtung<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Z. ges. Eisenb.-Sich. 30 (1935) S. 176, Bild 3.

Es sei deshalb auf eine weitere Beschreibung dieser Abschnitts- stöße verzichtet. Der Löschstoß *LD* besteht aber aus einem einzigen Transformator, dessen beide Gleiswicklungshälften in Reihe mit dem rückliegenden Relais-Drosselstoß *A* liegen und an dessen Oberspannungswicklung das Löschrrelais *LR* angeschlossen ist. Der im Löschstoß auftretende Spannungsabfall des niedergespannten Blockstroms ist dabei unerheblich und liegt etwa zwischen 0,5 bis 1,5 V (rd. 10 bis 15 % der Gleispeisespannung). Der der Oberspannungswicklung parallelgeschaltete Kondensator dient dabei in bekannter Weise zur Kompensation des nicht unerheblichen Blindleistungsverbrauchs. Bei Befahren des Löschstoßes wird *LR* zum Abfallen

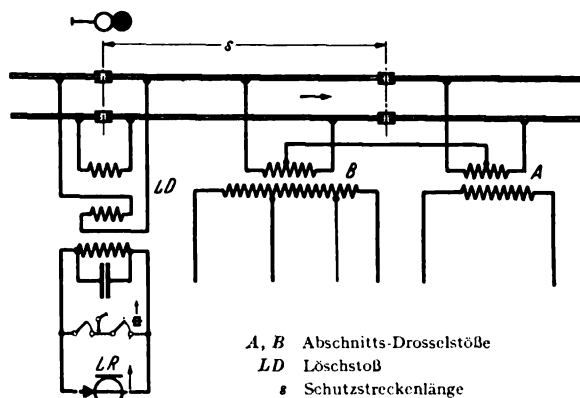


Bild 4. Schaltbild der Fahrtsignallöschung der Berliner S-Bahn.

gebracht. Hierdurch wird der Fahrtsignal-Stromkreis durch Öffnen eines Kontaktes unterbrochen, so daß das Fahrtsignal verschwindet und das Haltsignal erscheint. Um zu verhindern, daß das Löschrrelais schon wieder anzieht, wenn die Schutzstrecke *s* von Zugachsen geräumt ist, der Zug sich also in dem Blockabschnitt befindet, wird das Löschrrelais durch einen eigenen und einen Fahrsperrkontakt kurzgeschlossen. Es vermag wieder anzuziehen, sobald der Zug den Blockabschnitt wieder geräumt und die Fahrsperr ihre Freilage wieder eingenommen hat. Diese Anordnung hat außer dem Vorteil der geringeren Kosten den weiteren Vorzug, daß sie in elektrischer Hinsicht günstiger zu beurteilen ist. Einmal sind die Eisenverluste geringer, außerdem aber steigt die Spannung am Löschrrelais bei Zugannäherung an, während sie bei der oben beschriebenen Schaltung fast auf Null absinken würde, wenn nicht durch besondere Mittel (z. B. Kondensatoren) ein Absinken verhindert wird. K. Mr.

DK 621.331 (492)

**Die Elektrisierung des niederländischen Eisenbahnnetzes.** [Nach H. J. van Lessen, Org. Fortschr. Eisenbahnw. 94 (1939) S. 299, 4 S., 9 B.]

Im Jahre 1935 wurde in Holland die Frage der weiteren Umstellung auf rein elektrischen oder dieselelektrischen Betrieb auf Grund wirtschaftlicher Untersuchungen zugunsten des rein elektrischen Betriebes entschieden. Neben der bereits elektrisierten Hauptstrecke Amsterdam—Rotterdam mit 227 km Hauptstrecke wurde daraufhin das sogenannte Mittelnetz mit insgesamt 265 km Strecke bis zum Jahre 1938 auf elektrischen Betrieb umgestellt. Von den 3387 km Streckenlänge der Niederländischen Eisenbahnen sind bis heute etwa 15 % für elektrischen Betrieb eingerichtet. Weitere Strecken sollen im Laufe des Jahres 1939 umgestellt sein. Für das Mittelnetz wird Drehstromenergie von drei Überlandkraftwerken über 10 kV-Kabel den 14 bahneigenen Unterwerken zugeleitet und durch Gleichrichter in Gleichstrom von 1500 V umgeformt. Alle Unterwerke arbeiten vollständig selbsttätig, die Überwachung mittels Kontrollampen erfolgt durch das Personal des nächsten Bahnhofes. Für die Oberleitung wurde wegen der Fahrgeschwindigkeit bis zu 150 km/h eine Vielfachaufhängung mit Hilfstragseil unter den Stützpunkten des Haupttragseiles angewendet. Einschließlich des kupfernen Trageiles und einer Verstärkungsleitung stehen je Gleis 500 mm<sup>2</sup> Kupferquerschnitt zur Verfügung. Für das Mittelnetz sind 37 Drehwagenzüge mit 6 Drehgestellen, 292 Plätzen und 144 t Leergewicht vorhanden, bei denen die beiden Endwagen je 4 Motoren von je 165 kW haben. Ferner wurden 53 Zweiwagenzüge mit 3 Drehgestellen, 79 t Leergewicht, 200 Plätzen und je 4 Motoren beschafft. Die Triebwagen haben Vielfachsteuerung und können zu längeren

Zügen zusammengestellt werden, sie sind mit vollselbsttätiger Scharfenbergkupplung ausgerüstet. Die Heizung erfolgt durch erwärmte Luft bei 15-fachem Luftwechsel je Stunde. Im Sommer dient die Anlage zur Belüftung bei 25-fachem stündlichen Luftwechsel. Im Endwagen der Dreiwagenzüge befindet sich eine kleine elektrische Küche. *Du.*

### Fernmeldetechnik

DK 538.563 : 621.396.8.029.65 : 621.396.619.2

**Empfangsversuche mit amplituden- und frequenzgemodelten Ultrakurzwellensendern.** [Nach I. R. Weir, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 188 u. 270;  $7\frac{1}{2}$ S., 16 B.]

Im ersten Teil des Aufsatzes wird über umfangreiche Empfangsversuche im Ultrakurzwellengebiet (41 MHz) berichtet, die man in Amerika durchführte, um die wesentlichen Vorteile der Frequenzmodellung gegenüber der Amplitudenmodellung quantitativ zu erfassen. Für diese Vergleichsversuche setzte man in Schenectady je einen 50 W amplituden- bzw. frequenzgemodelten Sender ein und stellte in Albany, das etwa 25 km von Schenectady entfernt ist, einen 150 W-Sender mit wahlweiser Umschaltung von Amplitudenmodellung auf Frequenzmodellung auf. Als Sendeantennen verwendete man Vertikalantennen vom „J“-Typ. Die Schenectady-Antenne befand sich etwa 142 m über Seehöhe und 73 m über dem Erdboden, die Albany-Antenne dagegen etwa 186 m über Seehöhe und 119 m über dem Erdboden. Blockschaltungen geben Aufschluß über die Bauweise der Versuchssender und des Meßempfängers. Zur Erzeugung von 50 W Trägerwellenleistung benötigt der amplitudengemodelte Sender eine Netzleistung von 625 W, der frequenzgemodelte Sender dagegen nur 325 W. Mit einem Meßwagen wurden im Gebiet zwischen den beiden Sendestationen Empfangsmessungen durchgeführt. Als Empfangsantenne diente eine kleine Wagenstabantenne ohne Erdung. Für diese Vergleichsmessungen wurde ein besonderer Meßempfänger entwickelt. Dieser 15-Röhren-Superhet besitzt zwei Zwischenfrequenzstufen, einen Diodengleichrichter zur Demodulation der amplitudengemodelten Schwingungen und einen Spezialgleichrichter nach Armstrong zur Demodulation der frequenzgemodelten Schwingungen. Der Empfänger hat eine Durchlaßbreite von  $\pm 80$  kHz für die frequenzgemodelten Schwingungen.

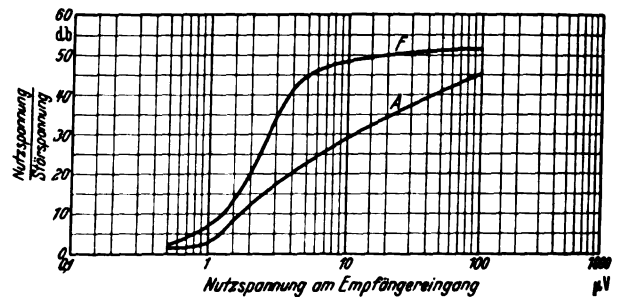
Zuerst wurde nur der Albany-Sender in Betrieb genommen und Empfangsversuche in störungsarmen Gebieten und an Orten mit großem Störpegel durchgeführt. In Bild 5 und 6 sind die Meßergebnisse zusammengestellt. Es zeigte sich, daß an Orten mit hohem Störpegel bei Empfängereingangsspannungen zwischen 3 und 150  $\mu$ V der Empfang frequenzgemodelter Schwingungen durchschnittlich um 25 db besser war als der Empfang amplitudengemodelter Schwingungen. Ferner wurde der Störeinfluß der Zündfunken von Automobilen genauer untersucht mit dem Ergebnis, daß der Empfang amplitudengemodelter Schwingungen dadurch erheblich mehr gestört wird als der Empfang frequenzgemodelter Schwingungen.

Sodann wurden beide Sender mit Frequenzmodellung gleichzeitig betrieben, strahlten jedoch auf gleicher Welle (41 MHz) verschiedene Programme aus. Das Programm des Albany-Senders konnte man wegen der größeren Sendeleistung und der höher gelegenen Sendeantenne bis auf etwa 17 km Entfernung von Albany störungsfrei empfangen, das Programm des Schenectady-Senders dagegen nur bis auf etwa 4,3 km Entfernung von Schenectady. Dazwischen lag eine etwa 3,2 km breite Zone, in der beide Sender empfangen werden konnten. Trotzdem gab es nur wenige Stellen innerhalb dieser Zone, an denen man beide Programme gleichzeitig hörte. Meistens genügte es, den Aufstellungsort des Meßwagens um ein paar Meter zu ändern, um vom störungsfreien Empfang des einen Programmes auf den störungsfreien Empfang des anderen Programmes zu wechseln. Denn man erhält stets störungsfreien Empfang frequenzgemodelter Schwingungen an den Orten, wo die Nutzfeldstärke mindestens doppelt so groß ist wie die Störfeldstärke. Wurden beide Sender amplitudengemodelt, dann war das Verwirrungsgebiet, in dem beide Programme gleichzeitig gehört wurden, ganz erheblich größer. Die Breite der Störzone betrug hierbei etwa 16 km.

Strahlten beide Sender mit Frequenzmodellung auf frequenzbenachbarten Kanälen verschiedene Programme aus (Albany-Sender auf 41,0 MHz, Schenectady-Sender auf 41,5 MHz) und war der Empfänger auf 41,0 MHz eingestellt, dann schlug auf keiner Stelle zwischen den beiden Sendestationen der 41,5 MHz-Sender durch, nicht einmal dann, wenn

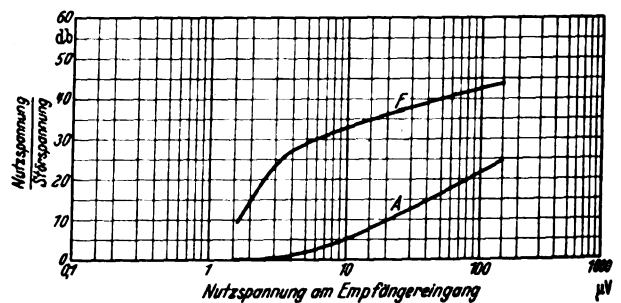
der Meßwagen direkt unterhalb der Antenne des 41,5 MHz-Senders stand. Damit der Albany-Sender am Fuße der Schenectady-Antenne noch ungestört empfangen werden konnte, war ein Mindestfrequenzabstand der beiden Träger von 360 kHz erforderlich. Aus diesen Empfangsversuchen lassen sich folgende Vorteile der Frequenzmodellung gegenüber der Amplitudenmodellung ableiten:

1. Das Verhältnis Nutzspannung zu Störspannung am Empfängerausgang ist bei Frequenzmodellung um 20 bis 25 db besser als bei Amplitudenmodellung.
2. Bei frequenzgemodelten Gemeinschaftswellensendern sind die Verwirrungsgebiete wesentlich kleiner als bei amplitudengemodelten.
3. Ein frequenzgemodelter Sender arbeitet wegen der C-Verstärkung mit erheblich höherem Wirkungsgrad als ein amplitudengemodelter, so daß zur Erzeugung einer bestimmten Trägerwellenleistung bei Frequenzmodellung kleinere Leistungsröhren erforderlich sind.
4. Die Rundfunkversorgung eines bestimmten Gebietes läßt sich bei Frequenzmodellung mit wesentlich kleineren Senderleistungen durchführen als bei Amplitudenmodellung. In beiden Fällen ist der Empfängeraufwand gleich groß.



A amplitudengemodelter Empfänger F frequenzgemodelter Empfänger

Bild 5. Verhältnis Nutzspannung zu Störspannung am Empfängerausgang als Funktion der Eingangsnutzspannung bei geringem Störpegel.



A amplitudengemodelter Empfänger F frequenzgemodelter Empfänger

Bild 6. Verhältnis Nutzspannung zu Störspannung am Empfängerausgang als Funktion der Eingangsnutzspannung bei großem Störpegel.

Im zweiten Teil dieser Arbeit werden auf Grund der im ersten Teil mitgeteilten Meßergebnisse Vorschläge über ein hochwertiges Rundfunksendernetz mit frequenzgemodelten Ultrakurzwellensendern gemacht und Vergleiche angestellt mit einem entsprechenden amplitudengemodelten Sendernetz. Zur Rundfunkversorgung der V. S. Amerika, deren Gesamtfläche etwa 7,8 Mill km<sup>2</sup> beträgt, würde ein Sendernetz mit 25 verschiedenen Kanälen ausreichen. Bei einer Kanalbreite von 200 kHz für frequenzgemodelte Sender würde man ein Frequenzband von 5 MHz benötigen. Zur Vermeidung gegenseitiger Störungen sollen die Gemeinschaftswellensender, die auf gleicher Welle verschiedene Programme ausstrahlen, etwa 500 km voneinander entfernt sein. Damit im Lautsprecher ein Störsignal um 30 db schwächer ist als das Nutzsignal, muß die Mindestnutzfeldstärke für frequenzgemodelte Schwingungen 20  $\mu$ V/m betragen, für amplitudengemodelte Schwingungen jedoch 300  $\mu$ V/m. Aus diesen Bedingungen ergeben sich die erforderlichen Sendeleistungen. Mehrere Diagramme geben Aufschluß über die Abhängigkeit der zur Versorgung von V. S. Amerika benötigten Senderzahl vom Abstand der Gemeinschaftswellensender und von der gesamten Frequenzbandbreite, ferner über die Gesamtkosten der Sender usw. Die

große Wirtschaftlichkeit eines Sendernetzes mit Frequenzmodellung gegenüber einem Sendernetz mit Amplitudenmodellung geht daraus hervor, daß die Gesamtkosten bei Amplitudenmodellung etwa 16mal so groß sein sollen wie bei Frequenzmodellung. Die Gesamtkosten sind in beiden Fällen praktisch unabhängig von der benötigten Gesamtbandbreite.

[Anmerkung des Berichters: Das Verfahren der Breitband-Frequenzmodellung kommt wegen der großen Kanalbreite von 200 kHz nur für das Ultrakurzwellengebiet in Frage. Ferner sind hierfür Spezialempfänger erforderlich.] *Mnl.*

DK 621.395.623.73.002.72

**Über den Einbau von Lautsprechern.** [Nach W. Furrer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 369; 3 S., 7 B.]

Es ist allgemein bekannt, daß die Wiedergabe eines Lautsprechers besser wird, je größer die Abmessungen der verwendeten Schallwand sind. Dies ändert sich jedoch sofort, wenn der Lautsprecher nach rückwärts nicht mehr frei abstrahlen kann. Dieser Zustand ist bei Lautsprechern vorhanden, die in einer Zimmerecke oder nahe der Zimmerwand angebracht sind. Die Wiedergabe der tiefen Frequenzen leidet dadurch. Außerdem treten starke Unregelmäßigkeiten im Frequenzgebiet zwischen 400 und 2000 Hz auf. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die rückwärtige Abstrahlung durch Einbau des Lautsprechers in einen Kasten vollständig zu unterdrücken. Dabei entsteht jedoch ein Luftpolster, das zusammen mit der Masse der Lautsprechermembrane ein schwingungsfähiges System bildet.

Die Resonanzfrequenz des Systems muß einen bestimmten Wert einhalten, wenn die Wiedergabe nicht darunter leiden soll. Von der Resonanzfrequenz hängen wiederum die Abmessungen des Kastens ab. Diese hat der Verfasser rechnerisch ermittelt, wobei er verschiedene elektrische Größen durch Messungen bestimmte. Ein Vergleich der Frequenzkurve des in den Kasten eingebauten Lautsprechers mit einem, der eine Schallwand mit den Abmessungen des Kastens hat, zeigt, daß die Wiedergabe bei 80 Hz gegenüber dem Lautsprecher mit der Schallwand um 8 db verbessert worden ist. Dagegen treten aber zwischen 500 und 2000 Hz starke Unregelmäßigkeiten auf, die von Reflexionen an der Rückwand des Kastens herrühren. Der störende Einfluß dieser Frequenzen mußte durch schallschluckende Stoffe, mit denen der Kasten ausgekleidet wurde, beseitigt werden. Hierdurch wurde mit Hilfe mathematischer Ableitungen in Verbindung mit experimentell gefundenen Werten eine physikalische Tatsache bewiesen, die bereits vor vielen Jahren entdeckt worden ist. *Mka.*

**Theoretische Elektrotechnik**

DK 621.392.4

**Beitrag zur Verwirklichung von Wechselstromwiderständen vorgeschriebener Frequenzabhängigkeit.** [Nach W. Bader, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 5, S. 293; 7 1/2 S., 0 B.]

Die Arbeit befaßt sich mit Zweipolen, die von den drei Widerstandsarten: Kapazität, ohmscher Widerstand sowie Selbst- und Wechselinduktion nur je zwei enthalten. Man kennt Schaltungen, welche jede überhaupt zulässig vorgeschriebene Frequenzabhängigkeit des Zweipolwiderstandes mit der geringstmöglichen Anzahl von Schaltelementen und ohne Wechselinduktionen verwirklichen. Unter diesen „kanonischen“ Schaltungen läßt sich die Kettenschaltung stets ohne grundsätzliche Schwierigkeit, d. h. ohne Gleichungsauflösung aus dem Koeffizienten der gegebenen Widerstandsfunktion gewinnen; sie muß übrigens gewählt werden, wenn der — dann aus Reaktanzen aufgebaute — Zweipol durch ein weiteres Klemmenpaar zu einem sogenannten Polynom-Vierpol erweitert wird, der zur Verwirklichung von Betriebsdämpfungsfunktionen bestimmter Klasse geeignet ist. Man gewinnt nun die Kettenschaltung durch Kettenbruchentwicklung der Widerstandsfunktion, d. i. einer ungeraden gebrochenen rationalen Funktion:

$$\frac{p_0 x^n + p_2 x^{n-2} + \dots}{p_1 x^{n-1} + p_3 x^{n-3} + \dots} = a_1 x + \frac{1}{a_2 x} + \frac{1}{a_3 x} + \dots + \frac{1}{a_n x}$$

wobei  $x$  ein Maß für die Frequenz,  $p$  die gegebenen Koeffizienten und  $a$  die gesuchten Werte der Schaltungsteile bedeuten. Die übliche rekursive Ermittlung der Werte  $a$  ist aber mühsam und wenig geeignet, ein für allemal feste Formeln für die Schaltungsteile abzuleiten, wenn gewisse Normalwiderstandsfunktionen zu verwirklichen sind, die einige Bemessungsparameter enthalten. Daher werden die folgenden Formeln abgeleitet, welche die Kettenbruch-Koeffizienten  $a$  unabhängig voneinander aus den  $p$  zu berechnen gestatten:

$$a_1 = \frac{p_0}{p_1}; \quad a_{\nu+1} = \frac{D_{\nu}^2}{D_{\nu-1} D_{\nu+1}};$$

$$\nu = 1 \dots n-2; \quad a_n = \frac{D_{n-1}}{p_n D_{n-2}}$$

wenn  $D_0 = 1$  und  $D_{\nu} = \begin{vmatrix} p_1 p_0 & 0 & \dots \\ p_3 p_2 p_1 & \dots \\ p_5 p_4 p_3 & \dots \\ \dots \\ \dots & p_{\nu} \end{vmatrix}; \quad \nu = 1 \dots n-1.$

Um eine unmittelbare elektrotechnische Anwendung dieser Beziehungen zu ermöglichen, werden am Schluß der Arbeit die an sich bekannten Sätze zusammengestellt, die uns erkennen lassen, unter welchen Voraussetzungen und auf welche Weise wir zu den Schaltungen selbst gelangen.

DK 537.311.5

**Die Berechnung der Stromverteilung in zylindrischen Leitern mit rechteckig und elliptischem Querschnitt.** [Nach H. G. Groß, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 5, S. 241; 28 S., 7 B.]

Bei der Berechnung der Stromverteilung in zylindrischen Leitern beliebigen Querschnitts entstehen Schwierigkeiten dadurch, daß zur Lösung der vorliegenden partiellen Differentialgleichung eine Randbedingung nicht gegeben ist und die bekannten Bedingungen die Behandlung praktisch nicht zulassen. Bei der Formulierung des Problems durch eine Integralgleichung ist die Lösung im Prinzip möglich, unmittelbar aber kaum durchzuführen. Daher wird auf ein Rechenverfahren zurückgegriffen, das auf physikalischen Vorstellungen beruht und den Wirkungen des Stromes, der ursprünglich gleichförmig verteilt angenommen ist, beim periodischen Wechsel der Richtung Schritt für Schritt nachgeht. Für dieses Verfahren, das in den bekannten einfachen Fällen völlig mühelos die Lösung der Aufgabe ergibt und das von Dwight auch in schwierigeren Fällen angewandt wurde, wird eine zweckmäßige Schreibweise eingeführt und ein praktisch brauchbares Rechenschema angegeben. Die Rechenweise bei zwei unabhängigen Veränderlichen wird festgestellt und gezeigt, daß die bei dem Verfahren sich ergebende Grenzfunktion Lösung der Integralgleichung ist. Das Rechenverfahren bedeutet im wesentlichen Behandlung der Integralgleichung durch Iteration.

Zur rechnerischen Durchführung sind fortlaufend Integrationen notwendig, die sich nur durch Reihenentwicklung der Integranden ermöglichen lassen. Deshalb wird die Reihenentwicklung der „Grundintegrale“

$$J_{2n, 2m}(x, y) = \iint \frac{\xi^{2n} \eta^{2m} (x - \xi)}{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2} d\xi d\eta,$$

$$K_{2n, 2m}(x, y) = - \iint \frac{\xi^{2n} \eta^{2m} (y - \eta)}{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2} d\xi d\eta$$

untersucht. Der Integrationsbereich ist der Leiterquerschnitt, dessen Randkurve symmetrisch zu den Koordinatenachsen angenommen wird. Es ergeben sich, wenn  $x = r \cos \varphi, y = r \sin \varphi$  ist, die Reihen

$$\sum_{\nu=0}^{\infty} c_{2\nu+1} r^{2\nu+1} \cos(2\nu+1)\varphi$$

bzw.

$$\sum_{\nu=0}^{\infty} c_{2\nu+1} r^{2\nu+1} \sin(2\nu+1)\varphi,$$

wozu noch eine ganze rationale Funktion in  $x, y$  tritt, die homogen vom Grade  $2n + 2m + 1$  ist. Die Koeffizienten sind durch einfache bestimmte Integrale darstellbar und lassen

sich in jedem Falle numerisch auswerten. Für  $n = m = 0$  liefern die Grundintegrale die Komponenten des Magnetfeldes bei Gleichstrom, so daß damit das Magnetfeld im Leiterinnern bestimmt ist.

Die Anwendung dieses Resultats macht schließlich die Lösung des Problems möglich. Nacheinander werden die „Ordnungen“ der Stromdichte berechnet, deren Summe die unendliche Reihe für die Stromdichte ergibt. Allgemein besteht bei den vorausgesetzten Querschnitten und unter Verwendung von Polarkoordinaten  $\varrho$ ,  $\vartheta$  jede Ordnung  $j_v^*$  aus  $\nu$  Reihen der Form

$$\varrho^{2N} \sum_{\lambda=1}^{\infty} a_{2\lambda}^{(N)} \varrho^{2\lambda} \cos 2\lambda \vartheta \quad (N = 0, 1, 2, \dots, \nu - 1)$$

und aus einer Potenz von  $\varrho$ ,  $b_{2\nu} \varrho^{2\nu}$ . Die letzteren Glieder sind die von der Kreislösung her bekannten Glieder der Reihe der Besselschen Funktion nullter Ordnung, Daher können alle anderen auftretenden Glieder als Korrektionsglieder betrachtet werden, die durch die Abweichung des Querschnitts von der Kreisform bedingt sind. Für rechteckigen und elliptischen Querschnitt wird die Berechnung vollständig durchgeführt und in beiden Fällen ein Zahlenbeispiel gegeben. Bei der Ellipse sind die Reihen jeder Ordnung  $j_v^*$  endlich, so daß nächst der Kreislösung die Lösung bei elliptischem Querschnitt die einfachste ist.

DK 621.3.015.33 : 621.317.728.012

**Einfluß der Form der Stoßspannung auf die Stoßkennlinie von Funkenstrecken.** [Nach A. A. Akopjan, Elektritschestwo 59 (1939) S. 55; 4 S., 8 B.]

Der Verfasser leitet eine analytische Beziehung zwischen der Durchbruchzeit  $t$  und dem Augenblickswert der Durchbruchspannung  $u$  für Kugel- und Stabfunkenstrecken (Spitzegeerdete Spitze) bei verschiedenen Formen der Stoßspannung ab. Er geht aus von der Beziehung für die zur Entladung erforderliche Energie:<sup>1)</sup>

$$W = \int_0^t k (u - u_d)^n dt = \text{konst.} \quad (1)$$

wobei  $u_d$  die Dauer-Durchbruchspannung ist und die Konstante  $k$  sowie der Exponent  $n$  aus Überschlagsversuchen zu bestimmen sind. Die Rechnungen werden für folgende Zeitpunkte des Spannungszusammenbruchs durchgeführt:

- a) auf der Stirn einer geradlinig ansteigenden Stoßspannung,
- b) auf dem Rücken einer geradlinig ansteigenden und allmählich geradlinig abfallenden Stoßspannung,
- c) auf dem Rücken einer geradlinig ansteigenden und infolge Energieentzug durch Vorentladungen steiler als unter b) abfallenden Stoßspannung. Hierbei wird der Rücken durch eine vom Scheitelpunkt nach unten geneigte Gerade und eine sich anschließende Parallele zur Zeitachse ersetzt,
- d) wie unter c) nur für den Grenzfall einer im Scheitel sehr schnell abfallenden Stoßspannung, wobei das betreffende Kurvenstück durch eine Senkrechte ersetzt wird.

Bei dem Fall a) ergibt sich für die Stoßkennlinie die Beziehung:

$$t = \frac{W}{k} (n+1) \frac{u}{(u - u_d)^{n+1}} = A \frac{u}{(u - u_d)^{n+1}} \quad (2)$$

Hierbei werden die Konstanten  $A$  und  $n$  aus zwei Punkten der mit Kathodenstrahl-Oszillograph (K.O.) aufgenommenen Stoßkennlinie bestimmt. Bei den Fällen b), c) und d) ergeben sich etwas verwickeltere Beziehungen für die rechnerisch ermittelte Stoßkennlinie als nach Gl. (2).

Für die verschiedenen Formen der Stoßspannung [Fall a) bis d)] erhält man bei bestimmter Elektrodenform, Schlagweite und Polarität dieselben Werte für die Konstanten  $A$  und  $n$ . Der Exponent  $n$  gibt ein Maß für die Gleichmäßigkeit des elektrischen Feldes, bei Kugelelektroden ist er kleiner als bei

<sup>1)</sup> Ähnlich einem von F. W. Peek jr. angegebenen Gesetz. Vgl. J. Instn. electr. Engrs. 49 (1930) S. 808.

Spitzenelektroden, bei gleicher Elektrodenform nimmt er mit kleiner werdender Schlagweite ab.

Die für die Fälle a), b) und d) rechnerisch ermittelten Stoßkennlinien zeigen gute Übereinstimmung mit den durch K.O.-Messung gefundenen; hierbei wurden für Fall a) und b) teilweise die aus dem amerikanischen Schrifttum<sup>2)</sup> bekannt gewordenen für die genormte Stoßspannung 1,5/40  $\mu$ s vorliegenden Stoßkennlinien für Kugel- und Stabfunkenstrecken zum Vergleich mit herangezogen.

Als Beispiel für den Fall d) wurden Überschlagsversuche mit einer durch Vorentladungen auf dem Rücken stark abfallenden Stoßspannung von 1  $\mu$ s Stirnzeit an einer Spitzefunkenstrecke bei 10 cm Schlagweite für beide Polaritäten ausgeführt. Bezeichnet  $u_1$  den Scheitelwert,  $u_2$  die durch Vorentladungen abgesenkte Rückenhöhe der für die Versuche benutzten Stoßspannung, so betragen die niedrigsten Werte von  $u_2$ , bei denen die Stabfunkenstrecke noch anspricht:  $u_2 = (0,7 \dots 0,8) u_1$ . Diese Werte lagen noch über der Dauer-Durchbruchspannung. Hierbei ergaben sich größte Überschlagszeiten von etwa 3 bis 4  $\mu$ s. Die vorausberechnete Stoßkennlinie wurde durch die Messungen hinreichend bestätigt. Die Stoßkennlinien für den Fall d) lagen im unteren Bereich um 6 bis 7% niedriger als dem Verlauf bei Anwendung der genormten Stoßspannung 1,5/40  $\mu$ s mit flach abfallendem Rücken entspricht. Verfasser regt an, weitere Versuche mit auf dem Rücken steil abfallenden Stoßspannungen, wie sie z. B. bei Blitzeinschlägen in Maste vorkommen, an Isolatoren aller Art anzustellen, um über deren Überschlagsverhalten auch bei dieser Art der Stoßbeanspruchung Aufschluß zu gewinnen.

T. S.-Jf.

## Allgemeiner Maschinenbau

DK 621.435.1

### Kohlenstaubmotor.

Das Interesse an der wirtschaftlichen Ausnutzung der Wärmeenergie fester Brennstoffe in der Verbrennungskraftmaschine hat die Bemühungen um die Schaffung einer Kohlenstaub-Betriebsmaschine nicht ruhen lassen. Diese muß, wenn sie einen Platz neben den anderen Kraftmaschinen erringen will, bei technischer Gleichwertigkeit und hoher Betriebssicherheit den Nachweis für die wirtschaftliche Überlegenheit bringen. Dies Ziel setzte sich die Erste Brüner Maschinen-Fabrik-Gesellschaft, als sie aufbauend auf den Patenten von Pawlikowski<sup>2)</sup> vor 10 Jahren einen Kohlenstaubmotor in den eigenen Werkstätten baute und in Betrieb nahm. In Dauerversuchen zeigte sich sehr bald, wo die Quellen der zu erwartenden Betriebsstörungen liegen und welche Maßnahmen zu treffen sind, um die Betriebssicherheit zu steigern. Zu den Problemen wie Zuleitung und Zuteilung der für jeden Verbrennungshub erforderlichen Staubmenge, zur Einleitung der Zündung und zum Ablauf der Verbrennung, zur Wirkung von Verbrennungsrückständen mußten völlig neue Wege beschritten werden. Doch sie wurden gemeistert, und heute hat die Firma einen Kohlenstaubmotor laufen, der schon als Arbeitsmaschine gelten kann. Über diesen berichtete Professor Dr.-Ing. Jehlicka, Brünn, auf einer Arbeitssitzung für die Kohlenstaub-Kraftmaschine bei der Brennkrafttechnischen Gesellschaft am 5. April in Berlin. Die Maschine wurde im Bilde als stehender 3-Zylindermotor gezeigt, der bei 214 U/min 300PS leistet und als Betriebsmaschine in Kupplung mit einem Generator zur Erzeugung elektrischer Energie dient. Im vollbelasteten Dauerbetrieb wurde bereits eine recht beachtenswerte Betriebssicherheit erzielt. Der Motor ist stets betriebsbereit. Ebenso wie die Dieselmotoren wird der Motor mit Preßluft angelassen. Nach wenigen Preßlufthuben wird die Maschine auf Staub umgestellt. Die Zündungen setzen sicher ein und die Maschine kommt schnell auf Touren. Die Zündungen sind über alle Zylinder gleichmäßig, so daß eine Verschiebung der Lastverteilung zu den Seltenheiten gehört. Verschleiß und Ölverbrauch halten sich in annehmbaren Grenzen. Brennstaub in möglichster Feinheit ist zu verwenden, worauf auf der Sitzung auch wiederholt von anderer Seite hingewiesen wurde. Es ist ein Motor entstanden, der nicht allzu hohen Betriebsanforderungen entsprechen dürfte und weiter fortentwickelt wird, um ihn den verschiedenartigen Betriebsanforderungen noch besser anzupassen. Pge.

<sup>1)</sup> Vgl. z. B. P. L. Bellaschi u. W. L. Teague, Sphere-gap characteristics on very short impulses. Electr. J. 32 (1935) S. 120, ferner J. H. Hagen-guth, Short-time spark-over of gaps. Electr. Engng. 56 (1937) S. 67.

<sup>2)</sup> ETZ 59 (1938) S. 1041.

## VERSCHIEDENES

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84.

## Isolierstoffe

Der Ausschuß für Isolierstoffe hatte durch seinen Unterausschuß „Begriffserklärungen und Prüfverfahren“ eine Neubearbeitung von

VDE 0303 „Leitsätze für elektrische Prüfungen von Isolierstoffen“

vornehmen lassen, die in ETZ 60 (1939) S. 1155 im Entwurf veröffentlicht war. Die hierauf eingegangenen Anregungen und Einsprüche haben zu verschiedenen Änderungen und Ergänzungen geführt, die nochmals als Entwurf 2 in ETZ 61 (1940) H. 20, S. 447 veröffentlicht sind. Zur Neufassung des § 27 „Lichtbogenfestigkeit“ wird auf die Ausführungen von W. Krassowsky VDE in ETZ 61 (1940) H. 20, S. 447 hingewiesen.

Begründete Einsprüche zum Entwurf 2 von VDE 0303 können bis zum 1. Juni 1940 bei der Geschäftsstelle eingereicht werden.

## Installationsmaterial

Der Ausschuß für Installationsmaterial hatte einen Entwurf zu

VDE 0605 U „Umstell-Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen“

sowie einen Entwurf zu

DIN VDE 9026 U „Pb-Falzrohr mit Mantel aus verbleitem Stahlblech“

aufgestellt, die in ETZ 61 (1940) H. 11, S. 274 veröffentlicht waren. Die eingegangenen Einsprüche sind ordnungsgemäß behandelt worden, sie haben zu keiner Änderung des veröffentlichten Wortlautes geführt.

Die Umstell-Vorschriften sowie das Normblatt sind vom Vorsitzenden des VDE im April 1940 genehmigt worden und treten mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat eine neue Bestimmung

VDE 0625 K „K-Vorschriften für 2-polige Gerätesteckvorrichtungen und Geräteanschlußschnüre 10 A 250 V für Hand- und Elektrowärme-geräte“

aufgestellt.

Der Wortlaut von VDE 0625 K wurde im April durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt am 1. Juni 1940 in Kraft. Sonderdrucke sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

21. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Berechnungsabend 1: „Elektrische Ausrüstung von Gleichstromtriebfahrzeugen.“ Vortragender: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

**Hochspannungstechnik.** Leiter: Dr.-Ing. G. Hameister VDE.

22. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Über Stabilitätsfragen im Verbundbetrieb.“ Vortragender: Dipl.-Ing. A. von Timaschew.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

23. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe: Fernsehen. „Ablenkergeräte.“ Vortragender: Obering. R. Urtel.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.

24. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Stromrichteranlagen für Elektrolyse.“ Vortragender: Dipl.-Ing. A. Pascher VDE.

**Fernmeldetechnik.** Leiter: Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.

29. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Nachrichtenmittel für den Fernmelde- und Alarmdienst im Werklufschutz.“ (Der Vortrag wird erläutert durch Vorführung von Anlagen und Lichtbildern.) Vortragender: Obering. Fr. W. Gust.

## VDE Bezirk Berlin

## vormals Elektrotechnischer Verein

## Der Geschäftsführer

Burghoff

## Sitzungskalender .

## VDE Bezirk Bergisch Land, Wuppertal-Elberfeld.

21. 5. (Di), 20<sup>15</sup>, Saal der Technik: „Fernsteuerung in Stadt- netzen und Industrieanlagen mittels Transkommando- system.“ Dr. Aigner VDE.

## VDE Bezirk Südbayern, München.

22. 5. (Mi), 20<sup>00</sup>, T.H.: „Die Technischen Kommandos im Polenfeldzug“ (m. Lichtb.). Oberbaurat Dir. P. M ü n c h VDE.

## VDE Bezirk Württemberg, Stuttgart.

23. 5. (Do), 20<sup>00</sup>, Technische Werke: „Hochfrequenzpeilung.“ Prof. Dr.-Ing. Feldtkeller VDE.

## Verein Deutscher Ingenieure, Berlin.

17. u. 18. 5. (Fr u. Sa): Langenbeck-Virchow-Haus, Luisenstr. 58: 10. Betriebswissenschaftliche Tagung. Thema: Leistungssteigerung im Kriege. 8 Vorträge. Näheres durch die Tagungsgeschäftsstelle des VDI. Teilnehmergebühr 8 RM (für NSBDT-Mitglieder 6 RM). Karten zu einzelnen Vorträgen werden nicht ausgegeben.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.3 (08)

**VDE-Fachberichte 1939<sup>1)</sup>.** 11. Band. Herausg.: Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Mit 305 B., VIII u. 232 S. im Format A 4 und Inhaltskarten auf 8 Kartonblättern. ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin 1939. Preis geh. 12,— RM, geb. 15,— RM (für VDE-Mitglieder 8,— RM bzw. 10,— RM).

Es gibt wohl kaum einen Elektrotechniker, der nicht gefesselt wäre, wenn er sich an Hand des Inhaltsverzeichnisses einen Überblick über die auf der VDE-Tagung in Wien gehaltenen Fachvorträge verschafft. Der Wert des Bandes kann daher nicht besser gekennzeichnet werden als durch die Nennung möglichst vieler der behandelten Themen.

1) Besprechung der VDE-Fachber. 10 (1938): ETZ 59 (1938) S. 1395.



Von den 53 Berichten seien angeführt  
aus der Gruppe Fernmeldetechnik,

Vierjahresplan und Fernmeldekabel;  
Entwicklung magnetischer Werkstoffe;  
Kontaktwerkstoffe;  
Leitungsabschluß bei Funkfernprechverbindungen;  
Konstruktive Probleme der Fernmeldetechnik;  
Neuere Senderöhren;  
Einfallswinkel der Kurzwellenstrahlung —

Gruppe Meßtechnik:

Lichtelektrische Meßverfahren;  
Energiebilanz elektrischer Meßgeräte;  
Meß- und Regelverfahren in Dampfkraftwerken —

Gruppe Luftfahrt:

Leitungen, Klemmen und Funkenstörung im Flugzeug;  
Elektrische Probleme beim Höhenflug;  
Elektrische Ausrüstung eines Großflugzeuges —

Gruppe Lichttechnik:

Licht im Dienst des schaffenden Menschen;  
Stand der Technik der Glühlampen;  
Neuzeitliche Leuchtstoffe in der Lichttechnik;  
Erkenntnisse zur Luftschutzfrage;  
Anwendung der Ultraviolettstrahlung —

Gruppe Elektrowärme:

Lebensdauerprüfung metallischer Heizleiter;  
Heizleiter-Legierungen;  
Silitheizstäbe;  
Industrieöfen mit Molybdänbeheizung —

Gruppe Elektromaschinenbau:

Schwingungen bei dieselektrischen Schiffsantrieben;  
Fortschritte im Bau von Turbogeneratoren und Umspannern;  
Anlauf von Wechselstrommaschinen mit Teilspannung —

Gruppe Stromrichter:

Pumpenlose Eisenstromrichter in der Industrie;  
Eigenschwingungen bei Hochspannungs-Gleichrichtern;  
Stromrichter für elektrische Punkt- und Nahtschweißmaschinen —

Gruppe Schaltanlagen und Schaltgeräte:

Hochspannungsanschluß von Großstädten und Großindustrien;  
Mittelspannungsschaltanlagen für großstädtische Netze und Industrie —

Gruppe Installation:

Schmelzsicherungen mit verzögerter und Schnellunterbrechung;  
Schutz durch Leitungsschutzschalter;  
Selektivität zwischen Motorschutzschalter und vorge-schalteter Sicherung;  
Niederspannungs-Hochleistungssicherungen —

Gruppe Kraftwerke:

Betriebsüberwachung von Kraftwerken;  
Neuzeitliche Anordnung von Wasserkraftgeneratoren —

Gruppe Schnellbahnen:

Die Systemfrage vom Standpunkt der Fahrmotoren und ihrer Regelung;  
Lokomotiven für Fernschnellverkehr;  
Fernschnelltriebswagen. —

Nicht weniger als die Berichte selbst dürfte die anschließende, oft recht umfassende Aussprache interessieren, die am besten geeignet ist, ein von Einseitigkeiten freies Gesamtbild zu geben. In diesem Sinne haben sich auch die Einführenden, die diesmal schon bei der Zusammenstellung der Berichtsgruppen mitgewirkt haben, durch die jeweils gegebene Gruppeneinführung verdient gemacht.

L. Binder VDE

DK 621.39

**Lehrbuch der Fernmeldetechnik.** I. Mit Unterstützung der Deutschen Reichspost und unter Mitarbeit von Berufskameraden herausg. von Telegr.-Insp. K. Bergmann. Mit 594 Bildern, vielen Übersichten im Text, 15 Tafeln, XVI u. 530 S. im Format A 5. Verlag C. Brendel, Zeitz 1939. Preis geb. 28,00 RM.

Der Titel des Werkes, von dem jetzt der I. Teil vorliegt, ist insofern etwas zu umfassend gewählt, als der Darstellung nur die bei der Deutschen Reichspost gebräuchliche Technik zugrunde gelegt wird und überdies wesentliche Teilgebiete dieser Technik (wie die Funk- und Fernsehtechnik) weder im vor-

liegenden Bande noch anscheinend in dem in Vorbereitung befindlichen II. Teil behandelt werden. In dem jetzt erschienenen Teil I werden die Verstärkertechnik, die Telegraphentechnik, die Drahtfunktechnik, die Rundfunkstörungstechnik sowie die Technik der Stromversorgung dargestellt. Dabei ist besonderer Wert auf die neuzeitliche Technik gelegt worden, soweit sie bereits Eingang in die Praxis gefunden hat. In den ersten drei Abschnitten, die etwa ein Drittel des Buchumfangs ausmachen, werden dem Leser die theoretischen Grundlagen für die Durcharbeitung der folgenden Abschnitte vermittelt (Mathematik, Schwachstromlehre und Übertragungstheorie). Als besonderer Vorzug des Buches ist es anzusehen, daß die Darstellung selbst, die von verschiedenen Fachleuten der Deutschen Reichspost stammt, in allen Abschnitten gleichmäßig gedrängt und sinnvoll ist; sie wird durch zahlreiche Zeichnungen und Bilder, sowie durch einen Tafelanhang vorteilhaft ergänzt. Druck und Ausstattung des Buches lassen nichts zu wünschen übrig.

Das Buch wird naturgemäß in erster Linie von den Gefolgschaftsmitgliedern der Deutschen Reichspost als Hilfsmittel für den Selbstunterricht und als Nachschlagewerk begrüßt werden. Aber auch außenstehende Fernmeldetechniker werden es wegen seines reichen und übersichtlich angeordneten Inhalts gern zur Hand nehmen.

H. Raettig VDE

DK 538.56 : 534.1

**Schaltchemata und Differentialgleichungen elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde.** Von Dr. H. Hecht. Mit 51 Bildern, VI u. 125 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag Joh. Ambrosius Barth, Leipzig 1939. Preis geh. 9,60 RM, geb. 11,40 RM.

Die Ähnlichkeit der für elektrische und mechanische Schwingungskreise gültigen Differentialgleichungen veranlassen den Verfasser, die bei elektrischen Schwingungen auftretenden Fragen und die daraus folgenden Ergebnisse analog auf mechanische Schwingungskreise zu übertragen. Dabei ergab sich, daß dieselben sich ähnlich wie elektrische Schwingungskreise symbolisch durch Schaltbilder darstellen lassen, wodurch die theoretische Behandlung mechanischer Schwingungsgebilde wesentlich vereinfacht werden kann. In der vorliegenden Arbeit bringt H. Hecht eine systematische Darstellung seiner in der Praxis weitgehend erprobten Ersatzschaltbildmethode und zeigt, daß man sich auf dem Gebiet der mechanischen Schwingungen, selbst bei komplizierten Anordnungen, sog. Schaltchemata mit dem gleichen Erfolg bedienen kann, wie es der Elektrotechniker auf seinem Gebiete tut.

Nach einer kurzen Einleitung wird die Analogie zwischen den Bestimmungsgrößen elektrischer und mechanischer Schwingungskreise besprochen. Danach entsprechen sich folgende Größen: Kraft — elektrischer Strom; Ausschlag, Geschwindigkeit, Beschleunigung — elektrische Spannung; mechanischer Widerstand — elektrischer Widerstand; Masse — Kapazität; Elastizität — Selbstinduktion. Eine zweite Gruppe bilden in der Behandlung die gekoppelten Schwingungssysteme, denen ein breiter Raum eingeräumt wird. Hierbei ist je nach der Kopplungs- und Schaltungsart zwischen elastischer (induktiver) und Massen- (kapazitiver) Kopplung in Reihen- und Parallelschaltung zu unterscheiden. Die Reihenschaltung wird mit Vorliebe bei rein mechanischen Problemen angewendet, während man in der Akustik die Parallelschaltung bevorzugt. Die reine Strahlungskopplung wird von der Betrachtung ausgeschlossen und es werden nur Schwingungssysteme behandelt, die durch Massen oder Elastizitäten miteinander verkoppelt sind. Praktische Beispiele hierfür sind zwei gekoppelte Schallstrahler (Massenkopplung bei Gebildeparallelschaltung) und zwei gekoppelte Tonräume (elastische Kopplung bei Gebildeparallelschaltung). Das dritte Beispiel der gekoppelten Tonpilze führt zur Behandlung der Massen- und elastischen Reihen- bzw. Parallelschaltung bei Parallel- bzw. Reihenschaltung der Schwingkreisgebilde. Das in der Gleichheit der Koppel-frequenzen von Tonräumen und Tonpilzen bei verschiedenartiger Kopplung bestehende Paradoxon findet dadurch seine Aufklärung, daß bei den Tonpilzen eine Massen-Reihenkopplung, bei den Tonräumen dagegen eine elastische Parallelschaltung vorliegt und Art und Schaltung der Koppelträger die Lage der Koppelfrequenzen bestimmen. Nach der Feststellung, daß eine Kopplung zweier elektrischer Kreise in Parallelschaltung nicht möglich ist, wird die induktive und kapazitive Reihenkopplung bei Parallelschaltung der Gebilde betrachtet. Auch die Kopplung von mehr als zwei Schwingungskreisen wird besprochen, was zur elektrischen Drossel- und Kondensatorkette führt. Schließlich wird auch der Fall einer gleichzeitig induktiven und kapazitiven Kopplung zweier Schwingungskreise

behandelt. Aus einer Betrachtung über die Analogie Mechanik-Elektrizität folgt, daß die einzelnen elektromechanischen Prozesse sich nicht in die angegebene Zuordnung zwischen elektrischen und mechanischen Größen einreihen lassen; ein Nachteil, auf welchen besonders hingewiesen wird.

Die außerordentlich übersichtliche Darstellungsweise erleichtert das Verständnis der Arbeit, deren Lektüre jedem Physiker und Ingenieur, der sich mit Schwingungsfragen zu befassen hat, bestens empfohlen werden kann. Erforderlich ist lediglich die Kenntnis der Eigenschaften und Gesetze der Schwingungsgebilde und der verschiedenen Formen der elektromechanischen Wandler.

K. Th. Kühn

DK 621.3.002.1 : 614.83

**Grundlagen der Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betrieben.** Von Dr.-Ing. D. Müller-Hillebrand. Mit 92 B., VIII u. 160 S. im Format B 5. Verlag Julius Springer, Berlin 1940. Preis geh. 15 RM, geb. 16,80 RM.

Das Buch zerfällt in drei Hauptabschnitte. Der erste behandelt die Explosionsgefahr bei den verschiedenen möglicherweise vorkommenden Gasen und Dämpfen, d. h. die Möglichkeiten, unter denen solche Gase und Dämpfe sich bilden und auftreten können und die verschiedenen hohen Gefahregrade, sowie die bei der Anordnung der Räume und dem Arbeiten mit explosionsgefährlichem Staube zu beachtenden Gesichtspunkte.

Der Teil II, der Hauptteil des Buches, befaßt sich eingehend mit den Vorgängen bei einer Explosion der verschiedenen Gas- und Dampf-Gemische und beschreibt die mit diesen angestellten Versuche, wobei die Versuche mit dem elektrischen Funken als Zündquelle am wichtigsten sind. Sie zeigen, daß in erster Linie die in dem Funken ausgelöste Energie maßgebend ist, weshalb Funken in einem Stromkreis ohne Selbstinduktion bei kleiner Stromstärke eine Entzündung noch nicht hervorrufen. Da eine Verbrennung allgemein einem chemischen Umsatz gleichkommt, wird dieser für die verschiedenen Gase und Dämpfe eingehend dargestellt. Daraus ergibt sich eine Behandlung der Explosionsgrenzen und des bei einer Explosion im Innern eines geschlossenen Gehäuses auftretenden Druckes, sowie der Vorgänge bei einer Fortpflanzung der Zündung und endlich des Zünddurchschlages aus dem gekapselten Raum nach der mit Gas angefüllten Umgebung. Diese ganzen Darstellungen sind besonders wertvoll und leiten zu dem dritten Teil des Buches über, der sich mit der Ausführung explosionsgeschützter Betriebsmittel befaßt.

Wie bei den schlagwettergeschützten Betriebsmitteln haben sich für diese mehrere Grundformen ergeben, deren wichtigste die druckfeste Kapselung der Teile, an denen Funken oder gefährliche Erwärmungen auftreten können, und die Bauart höchste Sicherheit sind, welche letztere für Teile, an denen betriebsmäßig Funken oder eine gefährliche Erwärmung nicht auftreten, in Frage kommt. Für die druckfeste Kapselung sind die Flanschbreite und die Spaltbreite der Deckel, sowie die Länge der Durchführungen von Wellen und Achsen und für die Bauart höchste Sicherheit die Länge der Kriechstrecken und der Luftwege an den Spannung führenden Teilen von besonderer Bedeutung, welche Werte daher neben den übrigen gleichfalls wichtigen Einzelheiten explosionsgeschützter Betriebsmittel, hauptsächlich der Motoren einerseits und der Schaltgeräte andererseits, entsprechend eingehend behandelt werden.

Einen wertvollen Anhang bilden zwei sehr ausführliche Zahlentafeln, in denen der Selbstzündpunkt von Dämpfen und Staubgemischen sowie für über 100 brennbare Gase und Dämpfe neben einigen anderen wichtigen Einzelheiten, angegeben sind.

Das Buch kann als eine erschöpfende Darstellung der Explosionsgefährlichkeit der in chemischen Betrieben auftretenden Gase, Dämpfe und Staubgemische sowie der bei der Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel zu beachtenden Gesichtspunkte bezeichnet werden. Die dabei neben den eigenen Versuchen benutzten Schrifttumsquellen werden bei den in Frage kommenden Stellen des Buches in Fußnoten angegeben, was richtiger ist, als ihre Nennung in einer am Schluß des Buches gebrachten Zusammenfassung. Die Vorgänge bei einer Explosion werden an Hand der Formeln für den chemischen Umsatz, ausgehend von den Eigenschaften der verschiedenen Gase und Dämpfe, zur Darstellung gebracht; das gleiche gilt für die Fortpflanzung der Zündung und den Zünddurchschlag. So stellt das Buch, das in pietätvoller Weise dem Andenken von Carl Beyling gewidmet ist und der Wichtigkeit des behandelnden Gegenstandes Rechnung trägt, eine durch die

Fülle des gebrachten Stoffes und durch die Vollständigkeit und Klarheit der Behandlungsweise sowohl für den Wissenschaftler als auch für den Praktiker gleich wertvolle Bereicherung des Schrifttums dar.

W. Philippi VDE

DK 534

**Schall und Klang.** Leitfaden der Elektroakustik für Architekten, Elektrotechniker und Studierende. Von Dr.-Ing. F. Bergtold. Mit 214 Abb., 27 Tafeln, VIII u. 172 S. im Format 170 × 240 mm. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1939. Preis geb. 9,60 RM.

Schall-Übertragungsanlagen werden heute nicht nur für Tonfilmtheater, sondern auch für Versammlungssäle, Fabrikhallen, Büroräume, Hotelhallen usw. vorgesehen. Häufig begehrt der Architekt dabei den Fehler, die Baulichkeit ohne Rücksicht auf die später an den Raum zu stellenden akustischen Anforderungen fertigzustellen. Man geht dabei von der irrigen Annahme aus, daß die elektroakustischen Übertragungsanlagen immer helfen. Die hauptsächlich an den Architekten gerichteten Abschnitte des Buches zeigen, daß der Schall durch den Raum beeinflusst wird, daß sich Echos, Schetterechos und stehende Wellen bekämpfen und richtige Nachhallzeiten gewinnen lassen. Nach diesen kurzgefaßten allgemeinen Regeln folgen in eingehenderen Abschnitten über die Gestaltung und den Ausbau der Wiedergaberräume und in denen über die Anordnung der Lautsprecher und Mikrophone in ihnen die Gesichtspunkte, bei deren Befolgung gute Ergebnisse erhalten werden. Der Elektroakustiker, der eine Übertragungsanlage erstellt, muß einmal über vorstehende raumakustische Vorgänge unterrichtet sein; darüber hinaus muß er aber auch wissen, in welcher Weise er mit seinen Übertragungsgeräten raumakustische Fehler ausgleichen kann, wie z. B. die Frequenzgänge der Verstärker dem Raum und vor allem den Lautsprechern anzupassen sind. Diese für den übertragenen Klang äußerst wichtigen Fragen werden hier in sehr übersichtlicher und sofort verständlicher Weise herausgestellt. Für die häufiger vorkommenden Fälle kann man sich nach den hier aufgestellten praktischen Regeln für die Planung und den Aufbau einer Übertragungsanlage richten. Den schwierigeren Teilen, wie der Anpassung, der Lautstärke-reglung, den Tonblenden, den Entzerrern und der Störungs-bekämpfung sind besondere Abschnitte gewidmet. 30 Photographien zeigen, wie die Lautsprecher in der Praxis bei ihrem Einsatz im Freien, in Sälen, Fabrikhallen, Wohnräumen, Gaststätten und auf Schiffen dem architektonischen Rahmen gut angepaßt werden, ohne ihre akustischen Eigenschaften zu verschlechtern. — Das Buch in seiner kurzen prägnanten Darstellung in Wort und Bild gibt eine vorzügliche Einführung in die Praxis auf diesem schwierigen Gebiet und wird hoffentlich zur Verbesserung von mangelhaften und zur restlosen Ausschöpfung aller Möglichkeiten von guten Übertragungsanlagen beitragen.

E. Lübcke

DK 621.383

**Die Photoelemente und ihre Anwendung.** Von Dr. B. Lange. 2. Teil: Technische Anwendung. 2. verbess. Aufl. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. H. Thirring. Mit 80 B., VIII u. 110 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag Joh. Ambrosius Barth, Leipzig 1940. Preis kart. 6,75 RM.

Die erste Auflage dieses Werkes wurde in der ETZ 1936 S. 1523 besprochen. Daß nach vier Jahren eine zweite Auflage nötig wurde, beweist, daß ein Bedürfnis für die Darstellung der Wirkungsweise der Photoelemente und ihrer Anwendungsgebiete vorliegt; dies um so mehr, als die Zahl der optischen Apparate, in denen man das Auge durch eine Photozelle ersetzt hat oder ersetzen möchte, von Tag zu Tag zunimmt. Neu aufgenommen wurden in der zweiten Auflage: Erythem- und Pigmentmesser, Härte- und Dosismessgerät für Röntgenstrahlen, Reagensglas-Kolorimeter, Fluoreszenz-Kolorimeter, Korngrößenmesser, Feindehnungsmesser und photoelektrische Temperaturregler. Ferner werden der Multiflex-Beleuchtungsmesser, ein Manometer-Steuergerät und ein photoelektrisches Kleinrelais beschrieben. Wie die Beschreibung der Eigenkonstruktionen zeigt, hat der Verfasser auch an der Gestaltung dieser neuen Apparate hervorragenden Anteil genommen. Das klarbeschriebene gut ausgestattete Buch, dem ein wertvolles Literaturverzeichnis angeschlossen ist, kann zur Erlangung einer Übersicht über die vielfache Anwendungsmöglichkeit der Photoelemente sowie zum Nachschlagen über die Wirkungsweise der einzelnen Apparate durchaus empfohlen werden. Die Kenntnis des ersten Teiles des Werkes, das sich mit der Theorie der Photozellen befaßt, ist dabei nicht unbedingt erforderlich.

W. Voegel VDE

DK 621.396.662.3

DK 621.313 : 621.314.2/6

**Physik und Technik der Gegenwart.** Herausg. von Prof. Dr. H. Fassbender. Bd. 7: Einführung in die Theorie der Rundfunk-Siebschaltungen. Von Prof. Dr. R. Feldtkeller. Mit 76 B., IX u. 168 S. im Format 155×235 mm. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1940. Preis geh. 10,80 RM, geb. 12 RM.

Nach der „Einführung in die Siebschaltungstheorie der elektrischen Nachrichtentechnik“ erscheint vom gleichen Verfasser in der Reihe „Physik und Technik der Gegenwart“ die „Einführung in die Theorie der Rundfunksiebschaltungen“.

Rundfunksiebe sind ein Sonderfall der Siebschaltungen, für die sich eine eigene Theorie herausgebildet hat. Während bei den sonstigen Siebschaltungen die Verluste der Schaltelemente nur als Korrektur in die Rechnung eingehen, bilden sie hier einen wesentlichen Bestandteil. Bei der Darstellung wird von der Ortskurve, die das Verhältnis von Eingangsstrom zu Ausgangsspannung in der komplexen Ebene durchläuft (bei zwei Schwingungskreisen eine Parabel), weitgehend Gebrauch gemacht. Zuerst werden die Schaltelemente behandelt: Spule, Kondensator und Schwingkreis. Sodann werden ein- und mehrstufige Verstärker mit einem einfachen Schwingkreis je Stufe untersucht. Erst nachdem dies alles klargestellt ist, werden zwei- und dreikreisige Siebschaltungen (auch mit veränderbarer Bandbreite) behandelt. Die einzelnen Kapitel sind durch Zahlenbeispiele belegt, die den Rechnungsgang nochmals herausstellen. Zum Schluß ist noch ein umfangreicher Abschnitt den sonst in der Rundfunktechnik so stiefmütterlich behandelten Einschwingvorgängen gewidmet.

Alles in allem: Eine Einführung wie man sie sich wünscht! Klar in der Darstellung, logisch aufbauend vom Einfachen zum Komplizierten fortschreitend; und wenn man dem Gedankengang folgt, bleibt auch das Komplizierte einfach.

R. Tamm VDE

DK 51

**Mathematik für Ingenieure und Techniker.** Ein Lehrbuch. Von Ing. R. Doerfling. Mit 290 B. u. 533 S. im Format B 5. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1939. Preis geb. 9,60 RM.

Ein paar wörtliche Auszüge aus dieser „neuen Mathematik für Ingenieure“ mögen das Buch kennzeichnen:

Seite 16, nachdem  $(1 + \frac{1}{n})^n$  nach dem binomischen Satz

entwickelt ist: „Läßt man nun  $n$  außerordentlich groß werden (eine Million, eine Billion, eine Trillion), so wird  $n-1$ ,  $n-2$ ,  $n-3$  usw. praktisch gleich  $n$ ; der Grenzwert für  $n = \infty$  ist die Zahl  $e$ .“ Das Wort Grenzwert ist bis dahin nicht vorgekommen.

Seite 268, zu Beginn der Differentialrechnung: „Nun kann man aber unter dem Unendlichkleinen nicht die Null (das absolute Nichts) verstehen, sondern im äußersten Falle Winzigkeiten, die sich nicht mehr in Zahlen ausdrücken lassen, ....“ Seite 269: „Den wichtigen Satz, daß Unendlichkleines mit Unendlichgroßem multipliziert zu endlichen Größen führt, ....“ Seite 270: „Während nun die Differentiale  $dx$  und  $dy$  unendlich kleine (nicht in Zahlen ausdrückbare) Werte sind, hat der

Differentialquotient  $\frac{dy}{dx}$  für jeden Punkt der Kurve einen ganz

bestimmten Wert, denn er ist ja ein Tangens und kann also jeden Wert eines Tangens annehmen.“ Seite 273: „Streich man endliche, noch in Zahlen ausdrückbare Werte, weil sie die gewünschte Genauigkeit einer Rechnung nicht mehr beeinflussen können, so spricht man ganz richtig vom ‚Vernachlässigen‘ dieser Werte; streicht man aber nur Ausdrücke, welche als Multiplikationen mit der zweiten, dritten und den höheren Potenzen eines Ausdrucks erscheinen, dessen erste Potenz schon nicht mehr in Zahlen ausdrückbar ist, so ist wohl ‚Verschwinden‘ das passende Wort dafür“.

Seite 291: „Die Reihen von Taylor und Maclaurin sind gültig, wenn  $f(x)$  mit sämtlichen Ableitungen in dem Intervall  $x$  bis  $x+h$  bzw. 0 bis  $x$  endlich und stetig bleibt“.

Das Buch soll besonders geeignet sein für alle Leser, die keine besondere Veranlagung für Mathematik haben; nach Meinung des Berichters ist es außer für Mystiker nur für mathematische Genies möglich, die aus jeder Quelle Mathematik schöpfen, auch aus dieser.

G. Hamel VDE

**Elektrische Maschinen, Umspanner und Gleichrichter.** Von O. Leunig. Mit 166 B. u. 68 S. im Format A 4. Verlag von Julius Beltz, Langensalza—Berlin—Leipzig 1940. Preis kart. 2,80 RM.

Die Frage, in welcher sichtbaren Form ein Schüler technischen Wissenstoff zu seinem Besitz machen soll, wird auf verschiedene Arten gelöst, von denen jede mit Mängeln behaftet ist. Das Nachschreiben und Nachzeichnen beansprucht vor allem zu viel Zeit, das in sich geschlossene Lehrbuch ist starr und verleitet manchen, mehr „auswendig“ als durch inwendiges Erarbeiten zu lernen. Das vorliegende, für die Berufsschule bestimmte Lehrheft sucht dadurch zu einem guten Lehrereffekt beizutragen, daß es auf leicht trennbare Blätter gedruckt ist. Der Schüler soll dann die Einzelblätter mit seinen Niederschriften über praktische Arbeiten, weiteren Rechen- und Zeichenbeispielen usw. zusammenheften.

Der Verfasser hat den Stoff gut ausgewählt und im allgemeinen klar und einwandfrei dargestellt. Einige Schnitzer müssen vermerkt werden. Z. B. ist der Wirkungsgrad eines Transformators nicht das Verhältnis der Scheinleistungen; die Schaltung eines Gleichstromankers von mehreren Polpaaren ist nicht als Regel aus der Bürstenzahl zu entnehmen; hier ist der bei der zweipoligen Maschine unwesentliche Unterschied von Schleifen- bzw. Wellenwicklungen von Bedeutung. Die Behandlung der Wechselstromwicklungen trifft nicht das Wesentliche.

K. Hoerner VDE

## EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechung vorbehalten.]

## Bücher

**Elektrotechnische Lehrbücher.** Bd. 3: Gleichstrommaschinen. Von Prof. Dr.-Ing. G. Haberland und Stud.-Rat. Dr.-Ing. F. Haberland. 4. verbess. Aufl. Mit 122 B., VIII u. 134 S. im Format A 5. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1940. Preis kart. 2,40 RM.

[Nach zwei Jahren hat der 3. Band der Elektrotechnischen Lehrbücher eine weitere Auflage erfahren. Umfang und Inhalt entsprechen der 3. Auflage<sup>1)</sup>, einige Stellen sind sachlich geändert oder neu gefaßt worden.] Zsm

**Schaffensfreude — Lebensfreude.** Ein Begleiter durch das Arbeitsjahr 1940/41. Ein Bildwerk mit 224 S. im Format 185×240 mm. Verlag W. Girardet, Essen 1940. Preis 2,75 RM ab 25 Stück 2,— RM.

[Vom Betrieb dem Schaffenden überreicht, will dieser unterhaltsame und lebensnahe Wandkalender mit seinem humorvollen textlichen und bildlichen Inhalt leistungsfördernd wirken und ein Bindeglied zwischen Werk und Familie sein.]

<sup>1)</sup> Siehe ETZ 50 (1938) S. 570.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. O. Binder VDE, Berlin-Zehlendorf, Berliner Straße 56 a  
Obering. Dipl.-Ing. F. Kaibling, Bitterfeld, Deutsche Grube,  
Kirchstr. 6

Dipl.-Ing. W. Krassowsky VDE, Berlin-Grünwald,  
Tauberstr. 5

Dipl.-Ing. A. Nitschke, Berlin-Wilmersdorf, Hindenburgstr. 91  
Dr.-Ing. A. Roggendorf VDE, Bitterfeld, Ignaz-Stroof-  
Straße 1 b

Abschluß des Heftes: 16. Mai 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE  
Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 23. Mai 1940

Heft 21

## Elektromagnetische Hohlraumresonatoren in der Kurzwellentechnik

Von F. Borgnis, Berlin

DK 621.396.66.029.63.001.1

**Übersicht.** In der Kurzwellentechnik lassen sich Resonanzkreise nicht mehr aus reinen Induktivitäten und Kapazitäten aufbauen, da die Abmessungen dieser Schaltelemente in die Größenordnung der Wellenlänge kommen. Man verwendet hier daher nicht quasistationäre Resonanzgebilde; außer den bekannten Lecherleitungen stellen die Hohlraumresonatoren eine günstige Möglichkeit dar, hochwertige Resonanzkreise für sehr kurze Wellen zu schaffen. Wesen und Eigenschaften solcher Hohlraumresonatoren werden besprochen und Vergleiche mit den aus konzentrischen Rohrleitungen gebildeten Resonanzkreisen gezogen.

### Einleitung

Resonanzkreise für elektromagnetische Schwingungsvorgänge lassen sich für den weiten Frequenzbereich von technischen Wechselströmen über den niederfrequenten Hörbereich hinweg bis zu den hohen Frequenzen elektromagnetischer Schwingungsvorgänge von einigen Metern Wellenlänge aus konzentrierten kapazitiven und induktiven Schaltelementen aufbauen, d. h. Schaltelementen, die im wesentlichen elektromagnetische Energie nur in Form elektrischer oder magnetischer Felder enthalten. Das Verhalten eines Resonanzgebildes in der Nähe einer Resonanzstelle wird üblicherweise durch die Begriffe des Resonanzwiderstandes und der Dämpfung gekennzeichnet. Bild 1 zeigt die Ersatzschaltung eines Parallelresonanzkreises. Der Resonanzwiderstand  $R_p$  selbst gegeben. Die Dämpfung als Verhältnis von Wirkleistung  $N_w$  zu Blindleistung  $N_b$  bei vorgegebener Spannung  $U$  folgt aus

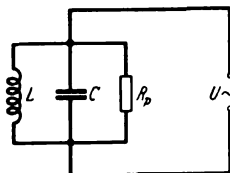


Bild 1. Ersatzbild des verlustbehafteten Parallelresonanzkreises.

Die Güte  $1/d$  eines solchen Kreises ist um so größer, je geringer die Dämpfung ist. Die Verluste, die für den Wert von  $R_p$  im Ersatzbild verantwortlich sind, sind in der Hauptsache Kupfer- und Eisenverluste in den Induktivitäten.

Im Gebiet kürzerer elektrischer Wellen sind der Möglichkeit eines Aufbaus von Resonanzkreisen aus solchen konzentrierten Schaltelementen dadurch Grenzen gesetzt, daß die Abmessungen dieser Schaltelemente, insbesondere der Induktivitäten, mit der Wellenlänge der erregenden Schwingung vergleichbar werden. Die Zustände in solchen Schaltelementen können dann nicht mehr als quasistationär angesehen werden, d. h. es kann nicht mehr die Rede davon sein, daß diese Elemente in überwiegendem Maße nur elektrische bzw. magnetische Feldenergie enthalten. Außerdem steigen die Verluste durch Strahlung mit wachsender Frequenz stark an.

Im Gebiet kürzerer elektrischer Wellen sind der Möglichkeit eines Aufbaus von Resonanzkreisen aus solchen konzentrierten Schaltelementen dadurch Grenzen gesetzt, daß die Abmessungen dieser Schaltelemente, insbesondere der Induktivitäten, mit der Wellenlänge der erregenden Schwingung vergleichbar werden. Die Zustände in solchen Schaltelementen können dann nicht mehr als quasistationär angesehen werden, d. h. es kann nicht mehr die Rede davon sein, daß diese Elemente in überwiegendem Maße nur elektrische bzw. magnetische Feldenergie enthalten. Außerdem steigen die Verluste durch Strahlung mit wachsender Frequenz stark an.

### Schwingungskreise für Dezimeterwellen

Man geht in diesem Frequenzbereich — die Grenze liegt größenordnungsmäßig etwa im Gebiet von 1 m Wellenlänge — deshalb dazu über, nicht quasistationäre Schwingungskreise meist in Form von Lecherleitungen (Paralleldrahtsysteme oder konzentrische Rohrleitungen) zu verwenden. Insbesondere zeichnet sich das aus zwei konzentrischen zylindrischen Rohren bestehende System durch geringe Strahlungsverluste und gute Abschirmung gegen Fremdfeldeinwirkung aus. Es wird daher in der Dezimeterwellentechnik von der Verwendung solcher konzentrischen Leitungen ausgiebig Gebrauch gemacht. Die Dämpfung wird bei diesen Resonanzgebilden im wesentlichen, wenn man von den Strahlungsverlusten absieht, die sich durch geeignete Anordnung klein halten lassen, durch die Kupferverluste hervorgerufen, die die an den Leiteroberflächen fließenden Ströme erzeugen. Infolge der hohen Frequenzen fließen diese Ströme wegen des Hauteffektes nur in einer sehr dünnen Schicht längs der Leiteroberfläche; der Leiter setzt daher dem Strom einen verhältnismäßig hohen Widerstand entgegen.

### Resonanzkreise mit konzentrischer Rohrleitung

Als Beispiel betrachten wir einen Resonanzkreis, der durch eine konzentrische Rohrleitung der Länge  $l = \lambda/4$  gebildet wird (Bild 2), die am einen Ende durch eine

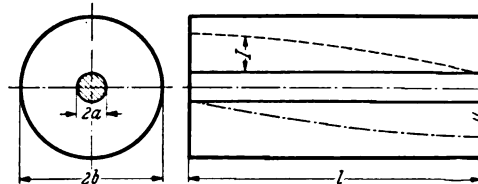


Bild 2. Konzentrische Lecherleitung der Länge  $\lambda/4$  als Parallelresonanzkreis.

ebene Scheibe kurzgeschlossen ist. Wird dieser Kreis am offenen Ende zwischen Innen- und Außenleiter durch eine Hochfrequenzspannung  $U$  erregt, so verhält er sich, wie bekannt, in der Umgebung der Wellenlänge  $\lambda$  wie ein Parallelresonanzkreis entsprechend der Ersatzschaltung Bild 1. Die durch die Kupferverluste bedingte Dämpfung  $d$  berechnet sich für den Fall Kupfer gegen Luft zu

$$d = 1,92 \cdot 10^{-5} \frac{\sqrt{\lambda}}{b} \left( \frac{1 + b/a}{\ln b/a} + \frac{2b}{l} \right) \quad (2)$$

und der äquivalente Resonanzwiderstand zu

$$R_p = \frac{\sqrt{\lambda} b}{l} \frac{\ln b/a}{1 + b/a + \frac{2b}{l}} \cdot 10^6 \Omega, \quad (3)$$

wobei die Wellenlänge  $\lambda$  in cm einzusetzen ist<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Das Glied  $2b/l$  in Gl. (2) und (3) rührt von der Berücksichtigung der Verluste an der ebenen Abschlussscheibe her.

Um einen konkreten Fall herauszugreifen, setzen wir  $\lambda = 50$  cm,  $2b = 5$  cm, das Verhältnis der Radien  $b/a = 3,6$ ; für diesen Wert wird der Ausdruck  $(1 + b/a)/(\ln b/a)$  zu einem Minimum. Ferner ist  $l = \lambda/4 = 12,5$  cm. Man erhält aus Gl. (2) und (3) die Werte  $d = 2,17 \cdot 10^{-4}$  und  $R_p = 4,52 \cdot 10^6 \Omega$ . Mit Hilfe konzentrischer Leitungen lassen sich in diesem Wellenbereich sehr gute Kreise herstellen.

Geht man in das Gebiet noch kürzerer Wellen, so genügen auch diese Resonatoren häufig nicht mehr allen Ansprüchen. Die ungleichmäßige Stromverteilung durch Stromkonzentration auf kleinen Oberflächen, wie beispielsweise auf dem Innenleiter der konzentrischen Leitung, wirkt sich infolge der dadurch bedingten erhöhten Stromdichten ungünstig aus; die Stromdichten auf Innen- und Außenleiter verhalten sich umgekehrt wie die Radien. Um geringere Stromdichten und damit kleinere Dämpfungswerte zu erzielen, bleibt nur der Ausweg, die radialen Abmessungen solcher Systeme entsprechend zu vergrößern, was einer Vergrößerung von  $b$  in Gl. (2) entspricht. Die axialen Abmessungen nehmen bei Verwendung von  $\lambda/4$ -Leitungen mit kürzer werdender Wellenlänge entsprechend ab. Man kommt dadurch zu technisch wenig günstigen Verhältnissen.

### Besonderheiten der Hohlraumresonatoren

#### a. Aufbau

Hier ergibt sich durch Verwendung von Hohlraumresonatoren auch für sehr kurze Wellen bis herab zu wenigen cm eine weitere Möglichkeit, Gebilde zu schaffen, die die erwünschten geringen Dämpfungen besitzen und außerdem handliche Abmessungen aufweisen. Ein Hohlraumresonator in seiner einfachsten Form besteht aus einem allseitig von metallischen Flächen umschlossenen Raum, beispielsweise einer Hohlkugel oder einem Hohlzylinder, dessen Inneres gleichmäßig von einem Dielektrikum, etwa Luft, erfüllt ist. Ein derartiger Hohlraum besitzt, wie die Maxwell'schen Gleichungen zeigen, eine Anzahl von elektromagnetischen Resonanzzuständen, deren Frequenz allein durch die Form und die Abmessungen des Hohlraumes bestimmt ist. Eine verwandte physikalische Erscheinung findet man bei den mechanischen Schwingungszuständen einer dünnen, z. B. längs ihres Randes fest eingespannten elastischen Membran. Eine solche Membran besitzt gleichfalls eine Folge von diskreten Schwingungszuständen, die nach der Seite der tiefen Frequenzen zu begrenzt ist. Die tiefste Frequenz, d. h. die längste Welle, in der eine solche Membran frei schwingen kann, bezeichnet man gewöhnlich als Grundton; außerdem besteht eine unendliche Anzahl im allgemeinen nicht harmonischer Obertöne. Diese Eigentöne sind eindeutig durch Form und Größe der Membran bestimmt.

#### b. Schwingungsverhalten

Entsprechend besitzt jeder Hohlraum eine Grundschwingung, d. h. einen Schwingungszustand tiefster Eigenfrequenz, sowie eine unendliche Mannigfaltigkeit von Oberschwingungen. Zu jedem Schwingungszustand gehört ein ganz bestimmter und den Zustand kennzeichnender Verlauf der elektrischen und magnetischen Kraftlinien. Der Hohlraum ist in jedem Augenblick von einer gewissen elektrischen und magnetischen Feldenergie erfüllt, deren Summe, wenn man von den Dämpfungsverlusten zunächst absieht, zeitlich konstant bleibt. Der Schwingungszustand hält sich, wie bei allen Resonatoren, durch das Hin- und Herpendeln zwischen elektrischen und magnetischen Energiezuständen aufrecht. Bei geeigneter Ankopplung wirken solche Hohlräume nach außen in gleicher Weise wie elektrische Schwingkreise und können daher als Resonatoren verwendet werden. Durch den Umstand, daß die Grundwelle in der Größenordnung der linearen Abmessungen des Hohlraums liegt, besitzt ein solcher im Bereich der Dezimeter- und Zentimeterwellen handliche Abmessungen. Außerdem treten durch eine relativ gleichmäßige Stromverteilung der Oberflächenströme längs der Umhüllung

nirgends ungewöhnliche Stromdichten auf, was zu einer geringen Dämpfung beiträgt. Verluste durch Strahlung nach außen entfallen naturgemäß. Aus allen diesen Gründen erweisen sich derartige Hohlräume als Resonatoren für sehr kurze Wellen als besonders geeignet.

#### c. Beispiele einfacher schwingender Hohlraumresonatoren

Wir wollen im folgenden einige Beispiele von einfachen Schwingformen betrachten; eine allgemeine Darstellung der möglichen Schwingungsarten würde den Rahmen der vorliegenden Betrachtung weit überschreiten; wir verweisen hierzu auf das am Schluß angegebene Schrifttumsverzeichnis. Sämtliche Schwingzustände lassen sich in zwei Gruppen einordnen, die man als elek-

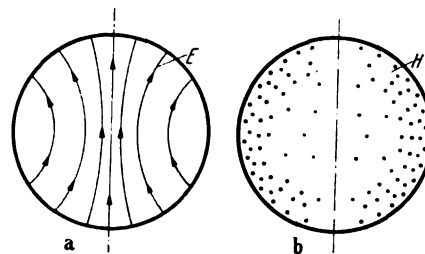


Bild 3 a u. b. Elektrische ( $E$ ) und magnetische ( $H$ ) Kraftlinien der elektrischen Grundschwingung in einer Kugel<sup>1)</sup>.

trischen und magnetischen Typ bezeichnet. Der elektrische Typ ist dadurch gekennzeichnet, daß in einer vorgegebenen Koordinatenrichtung, bei einem Hohlzylinder beispielsweise in der Achsenrichtung, bei einer Hohlkugel in radialer Richtung, nur eine elektrische Feldkomponente vorhanden ist, während ein magnetisches Feld in dieser ausgezeichneten Richtung nicht auftritt. Umgekehrt besitzt der magnetische Typ in dieser Richtung allein eine magnetische Komponente, während

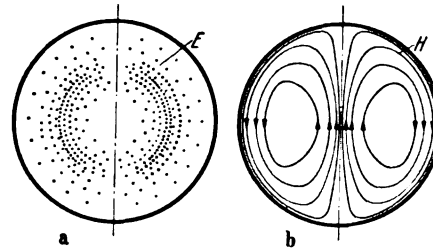


Bild 4 a u. b. Elektrische ( $E$ ) und magnetische ( $H$ ) Kraftlinien der magnetischen Grundschwingung in einer Kugel.

die entsprechende elektrische Feldkomponente verschwindet. Bild 3<sup>1)</sup> und Bild 4 zeigen den Verlauf der Kraftlinien der elektrischen bzw. magnetischen Grundschwingung, d. h. der Schwingungsform mit der längstmöglichen Eigenwelle, einer Hohlkugel. Beide Feldverteilungen sind rotationssymmetrisch um die gezeichnete Achse. Die magnetischen Feldlinien des elektrischen Typs (Bild 3) verlaufen in Kreisen in Ebenen senkrecht zu den elektrischen Kraftlinien; Bild 3 b zeigt die Durchstoßpunkte durch die Zeichenebene. Der Zusammenhang zwischen der Eigenwelle  $\lambda_e$  dieser Schwingungsform und dem Kugelradius  $R$  ist durch  $\lambda_e = 2,29 \cdot R$  gegeben. Für eine Wellenlänge von 10 cm muß der Radius demnach zu 4,37 cm gewählt werden. Der magnetische Typ (Bild 4) enthält umgekehrt zirkulare elektrische Felder, deren Durchstoßpunkte Bild 4 a zeigt. Eigenwelle und Kugelradius stehen im Zusammenhang  $\lambda_e = 1,40 \cdot R$ . Für 10 cm Wellenlänge ist  $R = 7,14$  cm zu wählen.

Bild 5 zeigt die Schwingungsform der elektrischen Grundschwingung im Innern eines Hohlzylinders, der beiderseits durch ebene Flächen abgeschlossen ist. Das elektrische Feld  $E_z$  hat nur eine Komponente in der Achsenrichtung und ist in dieser Richtung konstant. Dagegen ändert sich seine Intensität in Abhängigkeit vom laufenden Radius  $r$ : Längs der Zylinderachse ( $r = 0$ ) hat es seinen Höchstwert und fällt stetig nach außen ab, um am Rand selbst Null zu werden. Das Magnetfeld verläuft in Kreisen um die Achse; in der Mitte hat es

<sup>1)</sup> Die Bilder 3 bis 5 sind der Arbeit von W. W. Hansen, J. appl. Physics 9 (1938) S. 654, entnommen.

den Wert Null, nach dem Rande zu steigt es an und erreicht seinen Höchstwert ein wenig vor dem Rande. Zylinderradius und Eigenwelle sind durch die Beziehung  $\lambda_e = 2,61 \cdot R$  verknüpft. Von der Länge  $l$  des Zylinders hängt die Eigenwelle bei dieser Schwingungsform überhaupt nicht ab.

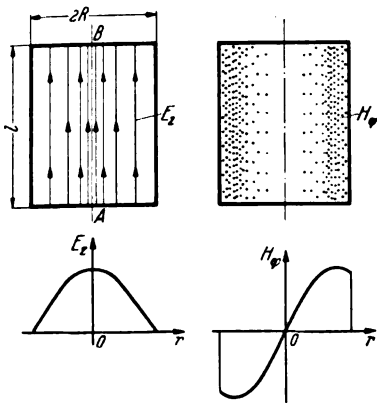


Bild 5. Verteilung des axialen elektrischen Feldes  $E_z$  und des zirkulären magnetischen Feldes  $H_\phi$  der elektrischen Grundschwingung im Hohlzylinder.

Denken wir uns zwischen den Punkten größten Spannungsunterschiedes  $A - B$  im Innern des Zylinders die erregende Hochfrequenzspannung zugeführt, so wirkt diese Anordnung in der Umgebung der Eigenwelle wie ein Parallelresonanzkreis mit der Dämpfung

$$d = 1,92 \cdot 10^{-5} \sqrt{\lambda_e} \left[ \frac{2}{R} + \frac{2}{l} \right] \quad (4)$$

und dem Resonanzwiderstand

$$R_p = \frac{4,83 \cdot 10^6 l}{\sqrt{\lambda_e} (1 + 0,38 \frac{\lambda_e}{l})} \Omega. \quad (5)$$

Für eine Wellenlänge von  $\lambda_e = 50$  cm ( $R = 50/2,61 = 19,15$  cm) und eine Länge  $l$  von 12,5 cm erhält man die Werte  $d = 3,58 \cdot 10^{-5}$  und  $R_p = 3,39 \cdot 10^6 \Omega$ .

**Vergleiche zwischen den Resonanzanordnungen**

Es ist interessant, die beiden Gleichungen (2) und (4) für die Dämpfung einer konzentrischen Leitung und des kreiszylindrischen Hohlraums gegenüberzustellen. Bei der Lecherleitung ist die Längsabmessung  $l = \lambda/4$  durch die Wellenlänge vorgegeben, die Radien und ihr Verhältnis können wir nach Belieben wählen. Beim Hohlraum ist die Länge beliebig wählbar und ohne Einfluß auf die Eigenwelle, der Radius dagegen liegt durch die Wellenlänge fest. Die Dämpfungen werden um so kleiner, je größer wir bei der Lecherleitung den Außenradius (bei festem Verhältnis  $b/a$ ), bei dem Hohlraum die Länge  $l$  machen. Vergleichen wir die Dämpfungen für den Grenzfall, daß wir bei der Lecherleitung bei festem Wert von  $b/a$  (z. B.  $b/a = 3,6$ )  $b = \infty$  und  $l = \lambda/4$ , beim Hohlzylinder  $R = \lambda_e/2,61$  und  $l = \infty$  setzen, so ergibt sich aus Gl. (2) und (4), daß die Dämpfung des Hohlzylinders im Verhältnis  $5,22 : 8$  oder  $0,65 : 1$  günstiger ist als die Dämpfung der Lecherleitung bei gleicher Resonanzwellenlänge. Dieser Umstand ist der gleichmäßigeren Stromverteilung auf der Oberfläche des Hohlzylinders zuzuschreiben; die ungünstige Stromkonzentrierung längs eines Innenleiters entfällt bei diesem Schwingzustand.

**Die beiderseits kurzgeschlossene Lecherleitung**

Die bisher als Beispiel angeführten Hohlräume, die keinerlei Leiter in ihrem Innern enthielten, sind natürlich nur die einfachsten, wenn auch in vielen Fällen zweckmäßigsten ihrer Art. Jede nach außen abgeschlossene derartige Anordnung, die in ihrem Innern beliebig gestaltete und angebrachte Leiter enthalten mag, ist als ein elektromagnetischer Hohlraum anzusehen; er besitzt demgemäß ebenso ein nach der Seite der tiefen Frequenzen be-

grenztes Spektrum von diskreten Eigenfrequenzen, wobei jeder ein kennzeichnendes Schwingungsbild zugeordnet ist. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint auch der bekannte Schwingungszustand der kurzgeschlossenen Lecherleitung nur als Sonderfall von allen möglichen Schwingungszuständen. Für die beiderseits kurzgeschlossene Lecherleitung der Länge  $\lambda/2$  (Bild 6) besteht u. a. auch die Möglichkeit der im Bild skizzierten Schwingung, die mit der elektrischen Grundschwingung des Hohlzylinders nah verwandt ist. Welche von den beiden Schwingzuständen, die bekannte Lecherleitungsschwingung oder die Schwingung entsprechend Bild 6, den Anspruch erheben kann, als Grundschwingung zu gelten, hängt von dem Verhältnis  $b/a$  und  $b/l$  ab. Ist z. B. für  $b/a = 3,6$  das Verhältnis  $b/l > 1,36$ , so ist die Schwingung von Bild 6 Grundschwingung, d. h. der Schwingzustand mit der größtmöglichen Wellenlänge. Für  $b/a = 3,6$  und  $b/l = 1,36$  erregen sich beide Zustände bei derselben Wellenlänge.

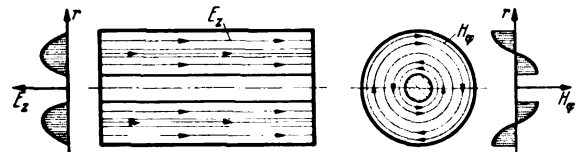


Bild 6. Verteilung des axialen elektrischen Feldes  $E_z$  und des zirkulären magnetischen Feldes  $H_\phi$  eines möglichen Schwingungszustandes in einer konzentrischen, beiderseits abgeschlossenen Rohrleitung beliebiger Länge  $l$ .

Die voranstehenden Beispiele mögen für einen kurzen Überblick über die Erscheinungen in elektromagnetischen Hohlräumen genügen. Die ersten theoretischen Betrachtungen darüber gehen bis zum Ende des vergangenen Jahrhunderts zurück, wo das Modell eines elektromagnetischen Hohlraums im Zusammenhang mit Problemen der Hohlraumstrahlung, d. h. des statistischen Gleichgewichts zwischen Energiestrahlung und der in der Materie vorhandenen, Licht emittierenden und absorbierenden Teilchen, eine Rolle spielte. Die Entwicklung der neueren Hochfrequenztechnik, die die Möglichkeit zur Erzeugung kürzester elektrischer Wellen entsprechender Intensität mit sich brachte, erschloß den Hohlraumresonatoren nunmehr auch ein weites Feld praktischer Verwendungsmöglichkeit.

**Zusammenfassung**

Im Gebiet sehr kurzer elektrischer Wellen ist ein Aufbau von Resonanzkreisen aus reinen Induktivitäten und Kapazitäten nicht mehr möglich, weshalb man zur Verwendung nicht quasistationärer Resonanzgebilde übergeht. Außer den in großem Umfang verwendeten Resonanzkreisen in Form von Lechersystemen erweisen sich elektromagnetische Hohlräume als besonders geeignet. Sie werden daher neuerdings als Schwingkreise, zur Frequenzstabilisierung und in der Meßtechnik verwendet. Wesen und Schwingungsverhalten solcher Hohlräume werden an einigen einfachen Beispielen besprochen und Vergleiche zwischen Dämpfung und Resonanzwiderstand einer  $\lambda/4$ -Lecherleitung mit den entsprechenden Größen eines zylindrischen Hohlraumes in der elektrischen Grundschwingung gezogen. Auch die beiderseits kurzgeschlossene konzentrische Leitung der Länge  $\lambda/2$  stellt einen solchen Hohlraum im allgemeinen Sinne dar und besitzt daher noch weitere Schwingungsmöglichkeiten, wofür ein Beispiel angegeben wird.

**Aus dem Schrifttum**

W. W. Hansen, A Type of Electrical Resonator. J. appl. Physics 9 (1938) S. 654.  
 F. Borgnis, Elektromagnetische Eigenschwingungen dielektrischer Räume. Ann. Phys., Lpz. (5) 35 (1939) S. 359.  
 F. Borgnis, Die elektrische Grundschwingung zylindrischer Hohlräume. Hochfrequenztechn. 54 (1939) S. 121.  
 J. Müller, Untersuchung über elektromagnetische Hohlräume. Hochfrequenztechn. 54 (1939) S. 157.

# Der Eigenbedarf beim Dampfkraftwerk im Rahmen des gesamten Entwurfes

Von F. Kaißling und A. Roggendorf VDE, Bitterfeld

(Schluß von S. 441.)

## 4. Einordnung der Hausstromversorgung in die Schaltanlage

### a. Vergleich einiger Gesamtentwürfe

Die folgenden Betrachtungen sind auf eine Dauernutzleistung von 100 000 kW entsprechend 120 000 kVA bezogen und behalten für Vergleiche untereinander genügend Gültigkeit, wenn die Gesamtleistung und die einzelnen Einheiten mit einem Faktor kleiner oder größer als 1 vervielfacht werden. Jedoch werden mit größer werdendem Kraftwerk die Einheiten auch größer und damit die Anzahl der Motoren, bei denen eine Spannung von 10 bzw. 6 kV wirtschaftlich ist [10]. Dabei wird der auf 0,5 kV herabzuspannende Eigenverbrauch kleiner. Ferner ist der in Bild 11 gezeigte Zusammenhang zwischen Kurzschlußfestigkeit der Hausnetzschiene und Größe der Einheiten und Größe des Eigenbedarfs zu beachten.

In einer früheren Arbeit [7] ist für die obige Leistung die beste Aufteilung eines Kraftwerkes in einzelne Einheiten untersucht worden, und zwar zunächst von der maschinentechnischen Seite her. Es sind etwa 100 at Dampfdruck und Zwischenüberhitzung vorausgesetzt, was heute in fast allen Fällen als wirtschaftlich angesehen werden muß [3].

Fall 1 mit drei Einheiten je 60 MVA, Fall 2 mit sieben Einheiten je 20 MVA und Fall 3 mit fünf Einheiten je 30 MVA gleichen sich darin, daß die Dauernutzleistung jedesmal dieselbe ist (Bild 6, 7 und 8). Die Untersuchung hat dabei ergeben, daß bezüglich Anlagekosten und Betriebssicherheit der Fall 2 der vorteilhafteste ist [7]. Gegenüber Fall 1 und 3 haben die meisten Einheiten keinen 100 at-Dampfteil, sondern sehr einfache eingehäusige 20 at-Turbinen, die auch schnell anzufahren

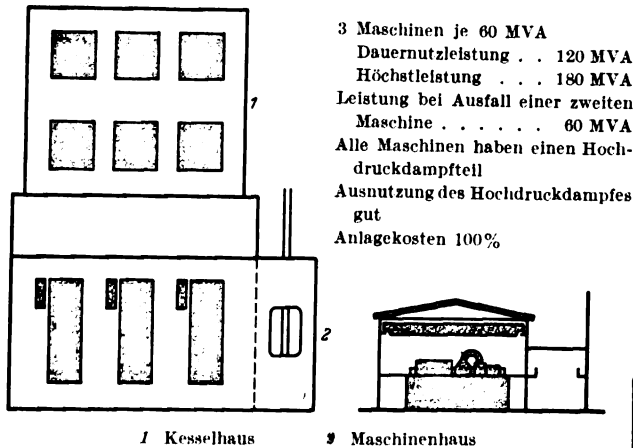


Bild 6. Gesamtentwurf Fall 1.

sind. Bei dem hohen Dampfdruck ist Fall 2 dem Fall 3 auch bezüglich der Ausnutzung des Dampfes überlegen, weil ein guter Turbinenwirkungsgrad zur Zeit noch nur bei sehr großem Dampfdruck möglich ist [3]. Beim Fall 2 müssen die drei Stromerzeuger einer Vorschaltmaschine und zweier Nachschaltmaschinen immer zusammen fahren, da eine solche Gruppe dampfseitig zusammengehört. Fall 1 und 2 gestatten also nur, in zwei getrennten Gruppen zu fahren, während Fall 3 grundsätzlich bis zu vier solcher Gruppen zuließe, wenn die 100 kV-Schaltanlage entsprechend ausgestattet würde. Für die weitere Betrachtung ist für den Fall 3 auf der 100 kV-Seite auch nur eine Doppelsammelschiene vorgesehen. Tafel 5 zeigt die Anlagekosten für diese Fälle, und zwar nur, soweit sie von der Unterteilung der Gesamtleistung in die verschiedenen Einheiten betroffen werden. Die Größe der Hauslast wurde für mittlere

DK 621.311.18/22.001.13

Verhältnisse nach Tafel 3 zu 7000 kVA angenommen und, da die großen Leistungen Dampftrieb haben, als insgesamt auf 500 V abzuspannen vorausgesetzt.

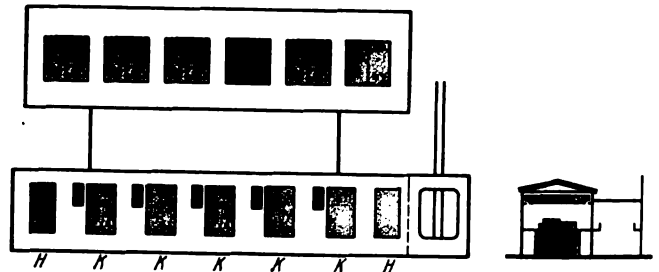
Tafel 5. Kostenvergleich verschiedener Gesamtentwürfe (Bild 6, 7, 8).

Die Kosten sind so weit berücksichtigt, als sie von der Unterteilung der Gesamtleistung in einzelne Einheiten betroffen werden.

Entwurf	1	2	3
Kosten des maschinentechnischen Teiles in Mill RM (nach Kaißling [7]) . . .	6,355	5,449	6,330
Kosten des elektrischen Teiles nach Erfahrungswerten <sup>1)</sup> in Mill RM . . . . .	2,094	2,569	2,348
Summe . . . . .	8,449	8,018	8,678
Im Vergleich zu Fall 1 . . . . . %	100	95	102

Bei kleineren Einheiten ergibt sich eine Verteuerung durch Einheitsgröße und Anzahl der Dampf- und Stromanschlüsse und eine Verbilligung durch die kleinere Bereitschaftsmaschine und durch den geringen Raumbedarf des Maschinenhauses. Fall 2 ist im Vorteil durch folgende Verbilligungen: eingehäusige kurze Maschinen, weniger 100 at-Rohrleitungen, weniger 20 at-Leitungen zwischen Maschine und Zwischenüberhitzer.

<sup>1)</sup> Bei der Kostenermittlung war den Verfassern Herr Ing. Kurt Fischer, Bitterfeld, behilflich.



Mittelwert unter Berücksichtigung der Anzahl der Hochdruck- und Kondensationsmaschinen 93 MVA  
Nur zwei Maschinen haben einen Hochdruckdampfteil, die anderen sind sehr einfache 20 at-Maschinen  
Ausnutzung des Hochdruckdampfes gut  
Anlagekosten 95 %

Bild 7. Gesamtentwurf Fall 2.



Bild 8. Gesamtentwurf Fall 3.

b. Hausversorgung in zwei Gruppen von den Klemmen zweier Hauptmaschinen (Bild 9 und 10)

Die Maschinen werden mit ihren Transformatoren als Einheiten aufgefaßt und erhalten eine entsprechende Schutzanordnung. Der Eigenbedarf wird hinter den Klemmen der Stromerzeuger abgenommen; er kann in zwei voneinander unabhängigen Gruppen gefahren werden. Gewöhnlich ist jeweils eine Maschine nicht in Betrieb.

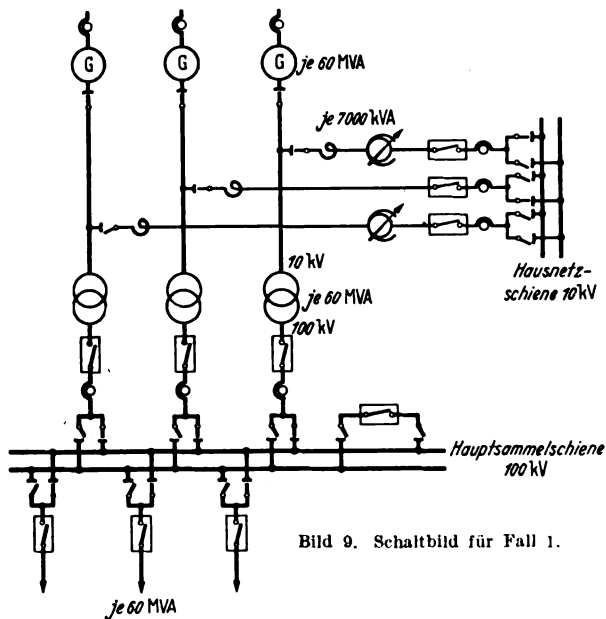


Bild 9. Schaltbild für Fall 1.

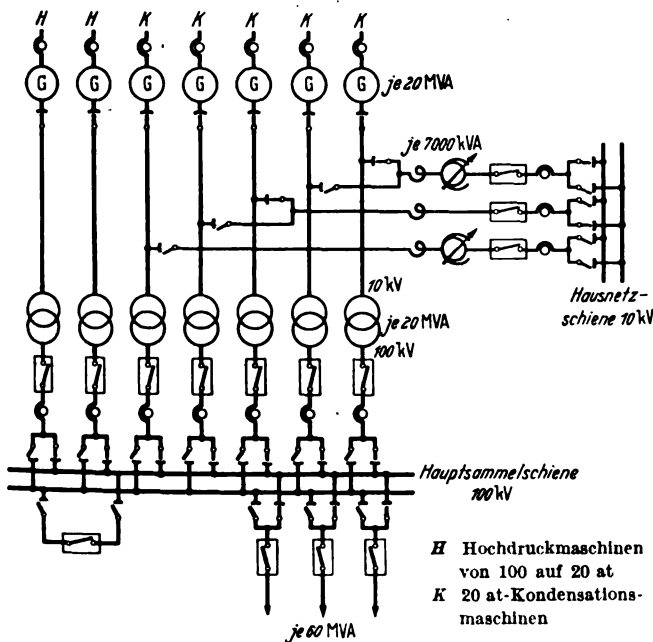
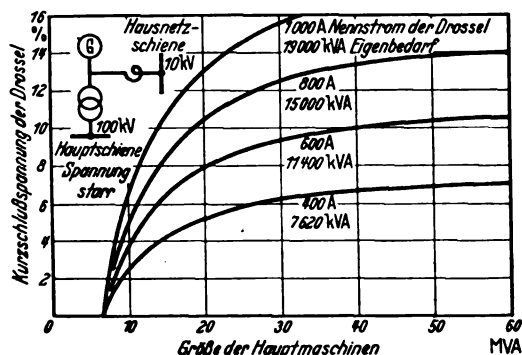


Bild 10. Schaltbild für Fall 2 und bei Wegfall von den 2 Hochdruckvorschaltmaschinen für Fall 3.

Drossel kann auch ein Umspanner 10/6 kV mit gleicher Drosselwirkung vorgesehen werden, falls man eine Motorspannung von 6 kV haben will.

Der Differentialschutz umschließt Generator, Transformator und die Eigenbedarfsversorgung bis einschließlich zum Schalter auf die Hausnetzschiene. Spricht er an, wird die Maschine auch entregt, dagegen nicht, wenn nur der Überstromschutz eines der beiden Schalter auslöst. Man kann in die Anzapfung des Hausstromes unmittelbar an den Klemmen der Hauptmaschine auch noch einen Schalter setzen. Dieser muß dann für die höheren Kurzschlußkräfte gebaut sein. Der Spannungsregler und die Drossel brauchen nun nicht mehr in den Differentialschutz der Maschine einbezogen zu werden.

Eine der beiden Gruppen des Eigenbedarfs erhält nur dann keine Leistung mehr, wenn der zugehörige Generator durch seinen Schutz spannungslos gemacht wird. Selbst bei einem Hauptsammelschienen-Kurzschluß wird dagegen



Kurzschlußspannung des Umspanners 10 %  
Die Kurzschlußabschaltleistung beträgt bei Kupplung zweier Maschinen 200 MVA hinter der Drossel

Die Stoßkurzschlußbeanspruchung bleibt in mäßigen Grenzen, wenn der Widerstand der Drossel größer ist als derjenige der Maschine und des Umspanners

Bild 11. Erforderliche Drosselung vor dem Hausnetz beim Anschluß an die Klemmen der Hauptmaschine (Bild 9 u. 10), abhängig von der Größe der Hauptmaschinen und der Größe des Eigenbedarfes.

der Eigenbedarf noch weiter versorgt. Ist es möglich, die Bereitschaftsmaschine anzufahren, so kann sie, um irgendwelche Störungen zu überbrücken, auf eine der beiden Hausnetzgruppen geschaltet werden oder auch beide Gruppen versorgen. Es kann auch vom 100 kV-Netz über den Umspanner der Bereitschaftsmaschine in das Hausnetz gespeist werden. Der Eigenbedarfsanschluß kann abgetrennt werden und die Maschine ohne ihn laufen.

Die obigen Überlegungen gelten für die drei geschilderten Fälle gleichermaßen, unabhängig davon, wie weitgehend die Aufteilung in einzelne Maschineneinheiten getrieben worden ist. Der Eigenbedarf muß nur an mindestens drei Stromerzeuger angeschlossen sein. Die Fälle 2 und 3, bei denen, wenn auch nicht unter Spannung, noch ein Umlegen der Eigenbedarfsanschlüsse auf weitere zwei Maschinen möglich ist, haben bei Maschinenschäden eine entsprechend größere Sicherheit im Vergleich zu Fall 1.

Wird noch die oben beschriebene Sicherung gegen eine Störung innerhalb des Hausnetzes angewendet, so ist eine sehr betriebssichere Hausversorgung erreicht, gleichgültig, ob die Hauptmaschinen getrennt oder zusammen laufen. Wenn die Leistung z. B. mit 30 kV abgegeben werden soll, was oft bei Industriewerken und Großstädten vorkommt, kann man grundsätzlich die Hausnetzschienen genau so anschließen.

Ein Hausnetz bestimmter Kurzschlußfestigkeit an die Klemmen der Hauptmaschine anzuschließen, findet Grenzen durch die Größe des Hausbedarfes und durch die Größe der Hauptmaschineneinheiten (Tafel 3 und Bild 11). Ein von den Klemmen der Hauptmaschine versorgtes Hausnetz wird danach verbilligt, wenn der Hausstrombedarf durch Anwendung von Dampftrieben verkleinert und die Kraftwerksleistung in kleinere Einheiten aufgeteilt wird.

Zum Schutz gegen die Kurzschlußkräfte ist jedesmal eine Drossel von 5 bis 7 % notwendig (Bild 11). Ferner muß es für Umlegungen im Hausnetz möglich sein, zwei Maschinen auf der 10 kV-Hausnetzschiene zusammenzuschalten, was dann schwierig ist, wenn mit Rücksicht auf die Fernnetze verschiedene Spannungen gehalten werden müssen. Es sind daher auch noch zwei Spannungsregler vorgesehen; ihr Regelbereich ist so groß wie der des Stromerzeugers. Die Art des Reglers hängt von der Höhe der Hausleistung ab. Es sind etwa bis 6000 kVA mittelbare Regler verwendbar, bis 10 000 kVA Spartransformatoren mit Lastschaltern und darüber hinaus solche mit mittelbaren Reglern. Statt des Spannungsreglers und der



5. Stromversorgung des Tagebaues

Bei 100 kV-Hauptspannung wird man den Tagebau notgedrungen an die Hausnetzschiene anschließen, wodurch aber Störungen und Erdschlüsse in die Anlage hereingetragen werden. Um sie fernzuhalten, muß man einen Trenntransformator mit großer Drosselwirkung vorsehen, auch wenn die Kraft für den Grubenbetrieb mit der Spannung des Hausnetzes geliefert werden soll. Nach Tafel 2 und Bild 11 kann es sein, daß die Hausnetzschiene für eine höhere Kurzschlußfestigkeit bemessen werden muß.

Zusammenfassung

Die Größe des Eigenbedarfs beim Kondensationskraftwerk hängt nur wenig vom Frischdampfdruck, aber sehr erheblich von der Gestaltung des Kesselhauses ab. Mit Vorteil kann durchschnittlich knapp die Hälfte des Eigenbedarfs Dampftrieb erhalten, wobei der Wunsch, hierdurch solche Antriebe zu sichern, deren Versagen einen Schaden verursachen kann (Kondensationsanlage und Speisung), die Betriebssicherheit des Wärmekreislaufes und die Wirtschaftlichkeit nicht beeinträchtigt. Zugerzeugung und Feuerungen sind vorwiegend dem Stromantrieb vorbehalten. Hoher Schornstein und Rostfeuerung mildern die Ansprüche an die Sicherheit der Hausstromversorgung. Diese kann durch ein Doppelstrahlennetz mit selbsttätiger Umschaltung wichtiger Abnehmer von einer gestörten Gruppe auf die ungestörte gegen Fehler inner-

halb des Hausnetzes gewährleistet werden, durch Anordnung von zwei Stromquellen gegen deren Versagen. Als Stromquellen für das Hausnetz gewinnen die Klemmen der Hauptmaschinen besondere Bedeutung. Die Einordnung einer solchen Hausversorgung in den Gesamtentwurf zeigt deren betriebliche Sicherheit und Einfachheit und die Abhängigkeit der Hausnetzskosten vom Gesamtentwurf.

Aus dem Schrifttum

- (1) W. Ellrich, Der Eigenbedarf von Dampfkesselanlagen, Mitt. Ver. Großkesselbes. 73 (1939) S. 196.
- (2) W. Quack, Entwicklung der Höchstdruckkesselanlagen in Deutschland in den letzten fünf Jahren, Wärme 59 (1936) S. 695.
- (3) F. Kaßling, Die wirtschaftliche Grenze für die Höhe des Dampfdrucks bei Kondensationskraftwerken, Arch. Wärmew. 20 (1939) S. 225.
- (4) F. Kaßling u. H. Kahlert, Der Einfluß von Zwischenüberhitzung und Anzapfvorwärmung auf den Entwurf großer Kondensations-Dampfkraftwerke, Wärme 62 (1939) S. 269.
- (5) M. Andritzky, Wirtschaftlichkeit des Hilfsmaschinenantriebs durch Dampfturbinen oder elektrische Motoren, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 135.
- (6) K. Queisser, Die Grundlagen der Energieversorgung des Eigenbedarfs, Arch. Wärmew. 20 (1939) S. 125.
- (7) F. Kaßling, Eisensparende Bauweisen im Kraftwerksbetrieb, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 129.
- (8) H. Goerke, Stand und Aufgaben der Vereinfachung im Kraftwerksbau, Arch. Wärmew. 20 (1939) S. 253.
- (9) W. Quack u. F. Kaßling, Der Schmidt-Hartmann-Kessel im Betrieb, Z. VDI 83 (1939) S. 45.
- (10) F. Gropp, Anschaffungskosten elektrischer Antriebe, Wärme 61 (1938) S. 250.
- (11) G. Fehst, Dampfangetriebene Kesselspeisepumpen im Wärmekreislauf von Hochdruckanlagen, Arch. Wärmew. 19 (1939) S. 329.

Die Störverminderung bei Frequenzmodelung in Abhängigkeit von der Amplitudenbegrenzung

DK 621.396.619

Aus einer Reihe von Arbeiten (Armstrong, Crosby u. a.) ist bekannt, daß bei Frequenzmodelung unter Anwendung eines Amplitudenbegrenzers und eines Frequenzhubes, der groß gegenüber den übertragenen Modelungsfrequenzen ist, im Vergleich zur Amplitudenmodelung eine beträchtliche Verminderung der Störungen eintritt. In der vorliegenden Arbeit<sup>1)</sup> wird diese Erscheinung zunächst physikalisch aus der Form einer einzelnen gestörten Hochfrequenzschwingung erklärt, in der Stör- und Nutzfrequenz nur wenig voneinander abweichen, was bei den im Verhältnis zur Grundfrequenz schmalen Frequenzbändern im Empfänger meistens hinreichend erfüllt ist. Bei Amplitudenmodelung ergibt sich dabei in Abhängigkeit von der Abweichung der Störfrequenz, bezogen auf denselben Modelungsgrad von 100%, stets das gleiche Verhältnis Stör- zu Nutzspannung  $U_{st}/U_N$ . Bei der Frequenzmodelung, bei der die Nachricht unter Voraussetzung einer idealen Amplitudenbegrenzung in den Schwankungen der Nulldurchgänge der gestörten Hochfrequenzkurve liegt, ist die niederfrequente Ausgangsspannung bei gradliniger Amplitudenumformung wegen der kleinen Frequenzunterschiede proportional zur Schwankung der Nullpunktsentfernungen in der gestörten Hochfrequenzkurve. Der Frequenzhub der Störspannung wird damit

$$\delta \omega = \frac{U_{st}}{U_N} \omega_n$$

das Verhältnis Stör- zu Nutzspannung

$$\frac{U_{st}}{U_N} \frac{\omega_n}{\Delta \omega}$$

worin  $\omega_n$  die niederfrequente Differenzfrequenz und  $\Delta \omega$  der Frequenzhub der Nutzmodelung ist. Gegenüber der Amplitudenmodelung wird also für den einzelnen Störton das Störverhältnis um den Faktor  $\omega_n / \Delta \omega$  verbessert. Der physikalische Grund für die Verbesserung liegt demnach darin, daß die Störspannung eine Frequenzänderung erzeugt, die der Amplitude und der niederfrequenten Differenzfrequenz proportional ist (Phasenmodelung), während die Nutzspannung unab-

hängig von der Modelungsfrequenz eine nur der Amplitude proportionale Frequenzänderung erzeugt (Frequenzmodelung). Die Störverminderung durch Vergrößerung des Frequenzhubes geht nur bis zu einer bestimmten Grenze, da mit der Steigerung der Bandbreite die Rauschspannung schließlich in die Größe der Nutzspannung kommt. Für ein Frequenzband von 0 bis  $\omega_a$  Hz und einen Frequenzhub  $\Delta \omega$  beträgt bei idealer Amplitudenbegrenzung die Störverminderung

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \frac{\omega_a}{\Delta \omega}$$

Infolge unvollkommener Amplitudenbegrenzung kommt bei Frequenzmodelung noch ein weiteres Störglied hinzu, das mit stärker werdender Begrenzung immer kleiner wird. Diese restliche Störung wird für relativ kleine Störspannungen, bei denen der Effektivwert der Stör- bzw. Rauschspannung an jeder Stelle klein gegen die Augenblicksspannung der gemodelten oder ungemodelten Trägerwelle ist, berechnet. Der Verbesserungsfaktor gegenüber einer gleichwertigen Amplitudenmodelung ergibt sich unter Einbeziehung dieses Störgliedes zu

$$v = \sqrt{\beta^2 \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) + \frac{1}{3} \frac{\omega_a^2}{\Delta \omega^2}}$$

worin

$$\beta = \frac{\arcsin a - a \sqrt{1 - a^2}}{\arcsin a + a \sqrt{1 - a^2}}$$

$a$  Begrenzungsfaktor,  $m$  Modelungsgrad der Nutzspannung ist.

Geht der Frequenzbereich nicht von 0 bis  $\omega_a$ , sondern von  $\omega_a$  bis  $\omega_b$ , so wird der Verbesserungsfaktor

$$v = \sqrt{\beta^2 \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) + \frac{1}{3} \frac{\omega_a^2 + \omega_a \omega_b + \omega_b^2}{\Delta \omega^2}}$$

d. h. die Störverminderung hängt auch von der Lage des modulierenden Frequenzbandes ab. Zur Bestätigung der rechnerischen Überlegungen wurden Messungen des Faktors  $\beta$  in Abhängigkeit von der Güte der Begrenzung durchgeführt und weitgehende Übereinstimmung gefunden. *Mbs.*

<sup>1)</sup> H. Zuhrt, Hochfrequenztechn. 54 (1939) S. 37; 7 S., 13 B.

# Schaltzeit und zulässige Schalthäufigkeit von Schnellschaltern

Von Otto Müller, Berlin

DK 621.316.5.064.22

**Übersicht.** Wirkungsweise und Aufbau eines neuen Gleichstromschnellschalters werden beschrieben und Meßergebnisse über die Betriebseigenschaften mitgeteilt.

## 1. Einleitung

Gleichstromschnellschalter dienen zum Schutz von Einankerumformern und Gleichrichtern im Kurzschlußfall und haben die Aufgabe, den Kurzschlußstrom so schnell zu unterbrechen, daß Schäden an diesen Stromquellen nicht entstehen können. Gemäß dieser Aufgabe ist eine möglichst kurze Schaltzeit das erste Ziel jeder Schnellschalterkonstruktion. Der Schalter soll aber die Kurzschlußunterbrechung nicht nur einmal, sondern im Gegenteil möglichst

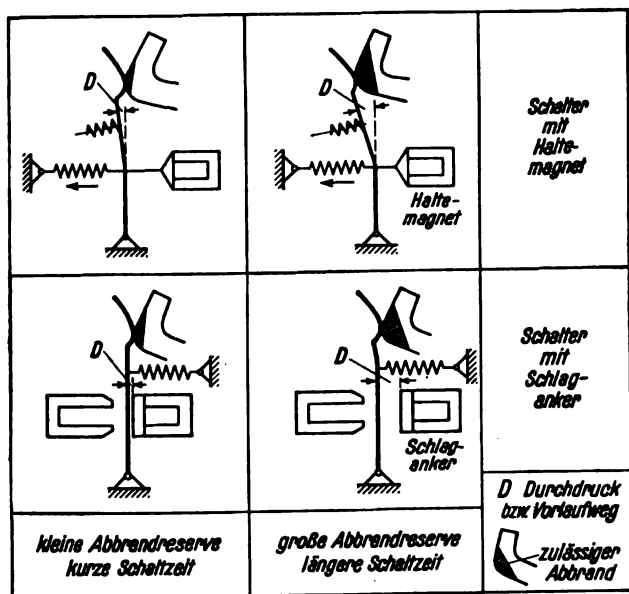


Bild 1. Beziehung zwischen Schaltstückdurchdruck (Abbrandreserve) und Eigenzeit bei Schnellschaltern.

oft vornehmen können, da gerade die Bahnbetriebe, in denen er vorwiegend verwendet wird, betriebsmäßig mit sehr häufigen Kurzschlüssen rechnen müssen. Diese zusätzliche Forderung, die für den Betrieb fast ebenso wichtig ist wie die erste, bedeutet, daß der Schalter so bemessen sein muß, daß auch ein erheblicher, durch häufiges Schalten verursachter Abbrand der Schaltstücke seine Arbeitsweise nicht beeinflusst.

Beide Forderungen scheinen zunächst im Gegensatz zueinander zu stehen, wie sich aus den schematischen Skizzen von Bild 1 ergibt. Wird ein möglichst schnelles Ansprechen des Schalters gefordert, so muß das die Öffnung bewirkende Organ das Schaltstück schon nach einem möglichst kurzen Weg mitnehmen. Beim Schalter mit Haltemagnet muß also die Durchfederung des beweglichen Schaltstückes gegenüber dem Schaltstückträger, beim Schalter mit Schlaganker der Weg des Schlagankers bis zur Mitnahme des starren Schaltstückes möglichst klein sein. Beide Maßnahmen führen aber dazu, daß bei einem auch nur geringen Abbrand des Schaltstückes der Kontaktdruck verschwindet, weil sich das Schaltstück an den Schaltstückträger bzw. an den Schlaganker anlegt.

Wird umgekehrt verlangt, daß die Schaltstücke sehr viele Abschaltungen aushalten sollen, bevor sie ausgewechselt werden müssen, so muß beim Schalter mit Haltemagnet die Durchfederung bzw. beim Schlagankerschalter

der Vorlaufweg recht groß gewählt werden. Dadurch wird aber der Weg bis zur Mitnahme der Schaltstücke beim Öffnen und die Schaltzeit ebenfalls vergrößert.

## 2. Aufbau und Wirkungsweise eines neuen Schnellschalters

Eine neue Bauform, die diesen Nachteil vermeidet und bei großen Öffnungsbeschleunigungen gleichzeitig eine unmittelbar mit dem Loslassen des Halteankers beginnende Öffnung und eine große Abbrandreserve an den Schaltstücken gewährt, ist in Bild 2 schematisch dargestellt. Das bewegliche Schaltstück 1 ist in einem Schwinghebel 2 gelagert. Am unteren Ende des beweglichen Schaltstücks ist der Halteanker 3 befestigt. Die Schaltfeder 4 greift zwischen der Drehachse und dem Haltemagneten an.

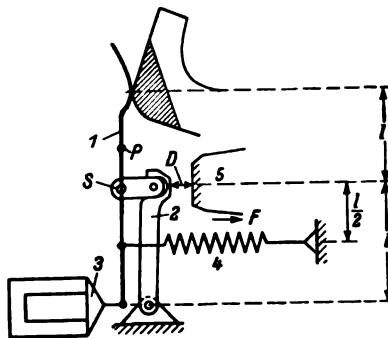


Bild 2. Schnellschalter mit großem Schaltstückdurchdruck und kleiner Eigenzeit.

Solange der Halteanker am Magneten anliegt, der Schalter also eingeschaltet ist, dreht sich das bewegliche Schaltstück um den Befestigungspunkt des Halteankers und legt sich unter der Wirkung der Schaltfeder an das feste Schaltstück an. Sobald aber im Kurzschlußfall der Halteanker losläßt, dreht sich das bewegliche Schaltstück infolge der besonderen Massen- und Kraftverteilung um eine ideale Achse bei P und leitet die Unterbrechung ein. Die Schwinge bewegt sich gleichzeitig nach rechts und kommt im Laufe der Öffnungsbewegung bei 5 zum Anschlag. Von diesem Augenblick ab geht die Öffnung als Drehbewegung um die Lagerung S vor sich. Der genaue Verlauf der Bewegung soll nachstehend noch ermittelt werden; es sei jedoch vorher noch darauf hingewiesen, daß der Weg D, den die Schwinge bis zum Anschlag zurücklegen muß, ein Maß für das für den Abbrand verfügbare Schaltstück ist und daß am Schaltstück etwa die Dicke 2 D wegbrennen kann, ehe es ausgewechselt werden muß.

## 3. Berechnung der Bewegungsvorgänge

Für die rechnerische Prüfung sei angenommen, daß die Lagerung S zugleich die gemeinsame Schwerachse des beweglichen Schaltstücks und des Halteankers sei, und daß die Öffnungskraft F in der Entfernung  $l/2$  von der Schwerachse angreift; l sei die halbe Länge des beweglichen Schaltstücks. Die auf die Schwerachse S bezogene Masse des Schwinghebels sei M, die Masse des Schaltstückes und des Halteankers m und ihr gemeinsames auf die Schwerachse bezogenes polares Trägheitsmoment  $I_p$ .

Die Bewegung des Schaltstückes kann dargestellt werden durch Überlagerung einer Translationsbewegung, die sich unter dem Einfluß der nach der Schwerachse verschobenen Kraft F vollzieht, mit einer Drehbewegung, die durch das Drehmoment  $F l/2$  hervorgerufen wird. Die Translationsbewegung ist nach rechts, also entgegen dem Öffnungssinn, gerichtet und durch die Beschleunigung

$$b_t = \frac{F}{m + M}$$

gekennzeichnet. Die Drehbewegung vollzieht sich im Öffnungssinn und ist durch die Winkelbeschleunigung

$$\dot{\omega} = \frac{Fl}{2I_p}$$

bestimmt. Die dieser Drehbewegung entsprechende Translationsbeschleunigung des oberen Schaltstückendes ist gegeben durch

$$b_d = \dot{\omega} l \quad \text{oder} \\ b_d = \frac{Fl}{2I_p} l \\ = \frac{F}{m'}$$

wobei  $m' = \frac{2I_p}{l^2}$  die das Trägheitsmoment an der Schaltstelle darstellende Ersatzmasse ist. Die Beschleunigung  $b_d$  würde das Schaltstück erfahren, wenn es in seiner Drehachse fest gelagert wäre, d. h. wenn der Schwinghebel sich nicht zum Ausgleich des Werkstoffverlustes nach rechts bewegen könnte.  $b_d$  ist also die größte erreichbare Öffnungsbeschleunigung. Infolge der Beweglichkeit des Schwinghebels vermindert sich  $b_d$  jedoch um die Translationsbeschleunigung, die das gesamte System nach rechts erfährt, so daß die wirkliche Öffnungsbeschleunigung  $b_w$  gegeben ist durch

$$b_w = b_d - b_t \\ = \frac{F}{m'} - \frac{F}{m + M} \\ = \frac{F}{m'} \left[ 1 - \frac{m'}{m + M} \right]$$

Zahlenmäßig ist bei der praktischen Ausführung die das Trägheitsmoment  $I_p$  an der Schaltstelle ersetzende Masse  $m'$  etwa gleich  $\frac{4}{3}m$  und die Masse des Schwinghebels etwa gleich  $5m$  anzusetzen. Der Klammerwert nimmt damit den Betrag von etwa 0,80 an. Dieses Ergebnis bedeutet, daß trotz der Möglichkeit, eine große

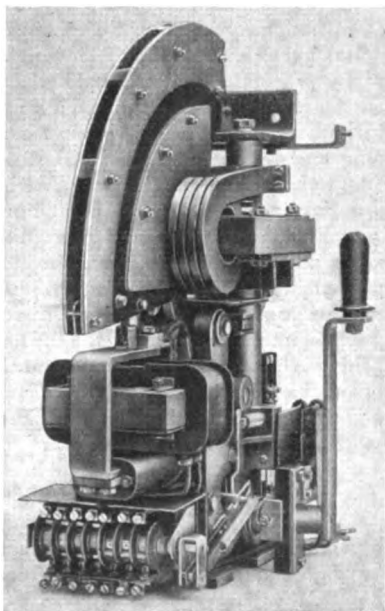


Bild 3. Schnellschalter für 1000 A, 1500 V mit großem Schaltstückdurchdruck und kurzer Eigenzeit.

Abbrandreserve vorzusehen, bei der beschriebenen Ausführung die Öffnung in dem gleichen Augenblick beginnt, in dem der Halteanker losläßt, wobei die Öffnungsbeschleunigung nur unwesentlich kleiner ist, als wenn eine starre Lagerung, also keine Abbrandreserve, vorgesehen wäre. Da die Kraft der Schaltfeder  $F$  nach oben nur durch die Haltekraft des Magneten begrenzt und die Haltekraft eines Magneten stets wesentlich größer ist als seine Zugkraft, kann eine sehr kräftige Schaltfeder vorgesehen und damit eine sehr große Öffnungsbeschleunigung erreicht werden.

4. Ausführung und Antrieb des Schnellschalters

Bild 3 zeigt einen nach diesem Prinzip ausgeführten Schnellschalter für 1500 V Betriebsspannung und 1000 A Nennstrom. Der Schalter ist auf einem aus zwei Winkel-

stehenden Grundrahmen aufgebaut. Der mit dem oberen Anschluß in Verbindung stehende Teil (Blasmagnet und festes Schaltstück) ist von den mit dem unteren Anschluß verbundenen Teilen (bewegliches Schaltstück, Haltemagnet, Schaltfeder und Antrieb) durch große senkrechte Kriechstrecken getrennt. Die Blaspulen und Blaseisen sind so angeordnet, daß unmittelbar an und über der Schaltstelle ein sehr starkes Blasfeld erzeugt wird. Dieses Blasfeld und keramische Keile in der Lichtbogenkammer bewirken selbst bei hohen Spannungen eine schnelle und rückzündungsfreie Löschung des Bogens.

Der Schalter kann wahlweise mit Hand- oder mit Fernantrieb durch Druckluft oder Hubmagnet versehen werden. Je nach der Schaltung des Haltemagneten wirkt er als Vorwärtsstrom- oder als Rückstrom-Schnellschalter. In allen Fällen dient der Antrieb lediglich zum Spannen der Schaltfeder  $F$  (Bild 2), die am Ende des Einschaltvorganges die Einschaltung bewirkt. Dadurch ist die Gewähr gegeben, daß die Einschaltgeschwindigkeit des Schaltstückes unabhängig von der Geschwindigkeit ist, mit der der Antrieb betätigt wird. Diese Eigenschaft ist besonders für Handschalter wertvoll, da sie ein zögerndes Einschalten unmöglich macht (Schnelleinschaltung).

5. Auslösekennlinien und Kurzschlußverhalten

Der Haltemagnet und der bei Vorwärtsstromschaltern vorgesehene induktive Nebenschluß sind so auf-

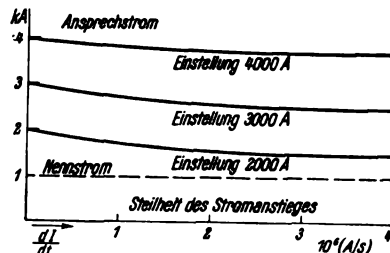


Bild 4. Einfluß der Steilheit des Anstieges des Kurzschlußstromes auf den Auslösestrom des Schnellschalters.

einander abgestimmt, daß bei langsam ansteigenden Überströmen (Fahrleitungs-kurzschlüssen oder Überlastungen) und auch bei sehr schnell ansteigenden Kurzschlußströmen (Sammelschiene-kurzschlüssen) die Auslösestromstärke sich nur wenig ändert.

Dies zeigt Bild 4. Bei den normal zu erwartenden Stromanstiegsgeschwindigkeiten von etwa 1 bis  $1,5 \cdot 10^4$  A/s ist die Auslösestromstärke nur um 10 bis 15 % kleiner als bei ganz langsamer Steigerung des Belastungsstromes, und

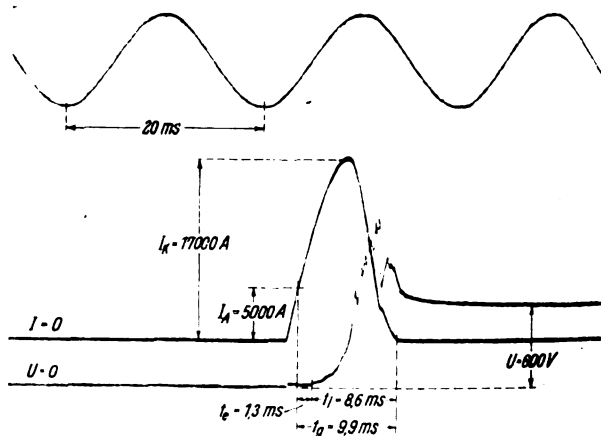


Bild 5. Abschaltoszillogramm des 1000 A-Schnellschalters mit neuen Schaltstücken, Betriebsspannung 600 V. Kurzschlußstrom an der Einbaustelle des Schalters 36000 A. Auslösestrom 5000 A. Eigenzeit 1,3 ms, Gesamtzeit 9,9 ms.

selbst bei sehr steil ansteigenden Kurzschlußströmen (4 bis  $6 \cdot 10^4$  A/s) ist die Auslösestromstärke noch rd. 75 bis 85 % des Eichwertes. Der Schalter ist also gegen plötzliche Laststeigerungen praktisch unempfindlich. Die allmähliche Absenkung des Auslösestromes bei direkten Kurzschlüssen, also bei sehr steilem Stromanstieg, trägt

jedoch immer noch wirksam zur schnellen Unterbrechung dieser gefährlichsten Störungen bei.

Die Arbeitsweise des Schalters wurde durch zahlreiche Kurzschlußversuche bei Spannungen zwischen 500 und 1650 V nachgeprüft, aus denen u. a. auch die Meß-

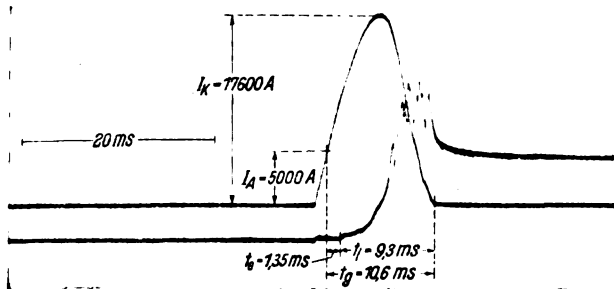


Bild 6. Abschaltoszillogramm des 1000 A-Schalters nach 30 Abschaltungen gemäß Bild 5. Betriebsspannung 600 V, Kurzschlußstrom an der Einbaustelle des Schalters 36 000 A. Auslösestrom 5000 A. Eigenzeit 1,35 ms. Gesamtzeit 10,6 ms.

punkte zu den Schaulinien von Bild 4 ermittelt wurden. Zwei Oszillogramme über Kurzschlüsse bei 600 V und 36 000 A Kurzschlußstrom an der Einbaustelle des Schalters sind in den Bildern 5 und 6 dargestellt. Das Oszillo-

gramm Bild 5 zeigt eine Abschaltung bei vollständig neuen Schaltstücken, Bild 6 dagegen eine Abschaltung am Ende einer Versuchsreihe, wobei der Schalter rd. 30mal mit dieser Leistung belastet worden war. Beide Oszillogramme lassen gleichmäßig kurze Eigenzeiten von nur 1,3 ms und ein schnelles Löschen des Lichtbogens erkennen, so daß die Gesamtschaltzeit nur 10 bis 10,5 ms beträgt. Sie bestätigen also die eingangs dargestellten Überlegungen über die grundsätzliche Wirkungsweise des Schalters, wobei durch das angewendete Bauprinzip sowohl bei neuen, als auch bei stark abgebrannten Schaltstücken kurze Schaltzeiten erreicht werden. Die beiden eingangs genannten Hauptforderungen einer unmittelbaren Öffnung und großer Abbrandreserve (hohe Lebensdauer) werden also durch das beschriebene neue Schnell-schalterprinzip gleichzeitig erfüllt.

**Zusammenfassung**

Durch die besondere Massenverteilung am beweglichen Schaltstück und durch geeignete Wahl des Angriffspunktes der Schaltfeder wird erreicht, daß die sehr kurze Schaltzeit des Schalters auch bei stark abgebrannten Schaltstücken erhalten bleibt. Die Auslösestromstärke ist von der Anstiegsgeschwindigkeit des Kurzschlußstromes praktisch unabhängig. Die kurze Eigenzeit und die schnelle Löschung bewirken, daß der Kurzschlußstrom bereits im Anstieg unterbrochen wird.

**Beitrag zur Normalisierung von Hebezeugbremsen**

Von Heinz Thomas, Duisburg

DK 621.34 : 621.87 : 621.316.719.001.24

**Einleitung**

Eine Reihe von Beobachtungen an Hebezeugen aller Art, insbesondere an Hafenkranen, zeigte, daß die Bremsen sich nicht immer gleichartig verhielten, auch dann nicht, wenn sie nach den üblichen Verfahren genau gleichartig berechnet und durchgebildet waren. Diese Beobachtungen gaben zu der Vermutung Anlaß, daß die heute übliche Berechnung der Bremsen oder ihre Anwendung nicht voll den Betriebserfordernissen Rechnung trägt. Es wurde bereits von verschiedenen Seiten wiederholt darauf hingewiesen, daß die Frage der Kranbremsen noch nicht einwandfrei gelöst sei. Das gab Veranlassung, neben der rein baulichen Durchbildung der Bremsen auch die rechnerische Seite genauer zu untersuchen.

Es ist bekannt, daß insbesondere bei Hubbremsen die umlaufenden Schwungmassen eine ausschlaggebende Rolle beim Abbremsen spielen, was aber bisher noch nicht zu einer klaren Formulierung benutzt wurde. Die bisherige Art, die Größe des Bremsmomentes mit dem Zwei- bis Dreifachen des Lastmomentes zu bemessen, ist recht mangelhaft und erfäßt die Schwungmassen bzw. das Schwungmoment nur unvollkommen. Es soll deshalb nachstehend der Einfluß des Schwungmomentes  $GD^2$  in einer möglichst einfachen und für den Konstrukteur brauchbaren Gleichung veranschaulicht werden.

**Berechnung des Bremsmomentes und der Nachlaufzeit**

Zum Abbremsen der bewegten Massen dient ein Überschußmoment über das Lastmoment  $M_Q$ ; dieses Überschußmoment  $M_{Bü}$  bremst also ab:

1. das Moment an der Brems Scheibe  $M_{Q_1}$ , entstanden aus der Verzögerung der Last,
2. das Moment  $M_S$  der rotierenden Schwungmassen.

Das gesamte Bremsmoment  $M_B$  ist also

$$M_B = M_Q + M_{Q_1} + M_S.$$

Daraus folgt

$$M_B - M_Q = M_{Q_1} + M_S = M_{Bü}.$$

Die Gleichung für die Nachlaufzeit  $t$  der Bremse beim Senken lautet:

$$t = \frac{1}{M_{Bü} g} \left( v M_Q + \frac{GD^2 \pi n}{120} \right)$$

oder

$$t = \frac{v}{M_{Bü} g} \left( Q r i \eta + \frac{GD^2}{4 r i} \right).$$

Beim Einsetzen von Zahlenwerten ergibt sich, daß der aus der Verzögerung der Last herrührende Wert nur einen verhältnismäßig geringen Anteil an dem gesamten Moment hat. Dieser Wert ist abhängig von der Senkgeschwindigkeit und von der Bremszeit  $t$ . Die Verzögerungskraft  $P$  ergibt aus vielen Rechnungen eine Veränderlichkeit zwischen 2 bis 20 % der Last. Mit Rücksicht auf den geringen Anteil und im Hinblick auf die Tatsache, daß man bei großen Senkgeschwindigkeiten mit Brems-schaltungen arbeitet, genügt es,  $M_{Q_1}$  durch 10 % des Lastmomentes  $M_Q$  zu ersetzen. Demnach ist

$$M_B = 1,1 M_Q + M_S$$

und

$$M_B - 1,1 M_Q = M_{Bü} = M_S.$$

**Berücksichtigung des Schwungmomentes für den Bremsvorgang**

Nach Vorstehendem interessiert vor allem das Verhältnis von Überschußmoment  $M_{Bü}$  zum Schwungmoment  $GD^2$ . Da hierüber noch keine Erfahrungen vorliegen, wurde dieser Wert rechnerisch ermittelt, wobei vorausgesetzt wurde, daß der Motor mit seiner synchronen Drehzahl  $n$  in die Bremse einfällt und die Nachlaufdrehzahl der Bremse  $n_x = 5$  sein soll.

Die Nachlaufzeit  $t$  bei  $n_x = 5$  errechnet sich wie folgt:

$$n_x = \frac{n}{60} \cdot \frac{t}{2}$$

$$t = \frac{n_x \cdot 60 \cdot 2}{n}$$

also bei verschiedenen Motordrehzahlen:

$$t_{600} = \frac{600}{600} = 1,0 \text{ s}$$

$$t_{750} = \frac{600}{750} = 0,8 \text{ s}$$

$$t_{1000} = \frac{600}{1000} = 0,6 \text{ s}$$

Das Verhältnis von  $M_{B_{\bar{u}}}$  zu  $GD^2$  errechnet sich nunmehr wie folgt:

$$t = \frac{I \omega}{M_{B_{\bar{u}}}} = \frac{GD^2 \pi n}{4 g 30 M_{P_{\bar{u}}}}$$

$$\frac{GD^2}{M_{B_{\bar{u}}}} = \frac{t 4 g 30}{\pi n}$$

$$\frac{M_{B_{\bar{u}}}}{GD^2} = \frac{\pi n}{t 4 g 30}$$

Das ergibt bei  $n = 600$  und  $t = 1,0$  den Wert 1,6, bei  $n = 750$  und  $t = 0,8$  den Wert 2,5 und bei  $n = 1000$  und  $t = 0,6$  den Wert 4,45 für das Verhältnis  $M_{B_{\bar{u}}}/GD^2$ .

Da  $M_{B_{\bar{u}}} = M_B - 1,1 M_Q$  ist, so wird

$$M_{B_{600}} = 1,1 M_Q + 1,6 GD^2$$

$$M_{B_{750}} = 1,1 M_Q + 2,5 GD^2$$

$$M_{B_{1000}} = 1,1 M_Q + 4,45 GD^2$$

Wird das Bremsmoment danach errechnet, so ist der Nachlauf der Brems Scheibe unter allen Umständen  $n_x = 5$ .

Aus diesen Gleichungen ist nunmehr ersichtlich, welchen Einfluß das Schwungmoment  $GD^2$  auf die Größe des Bremsmomentes hat. Was sie neu und für den Konstrukteur besonders wertvoll macht, ist die Tatsache, daß sie

für jeden Motor einschließlich Bremse alle nur von der Bauart abhängigen Größen zusammenfassen.

### Schlußfolgerungen

Wenngleich bei größeren Geschwindigkeiten mit elektrischer Bremsschaltung gearbeitet wird, empfiehlt es sich, trotzdem die Bremsen nach diesen Gleichungen zu berechnen, da insbesondere bei kleineren und mittleren Leistungen fast nur mit einfacher Umkehrschaltung gearbeitet wird, wobei die Drehzahl der Bremse noch einen höheren Wert als den von  $n$  annehmen kann.

Als Schlußfolgerung ergibt sich folgendes: Die für einen Motor mit  $n = 600$  U/min gebaute Bremse reicht bei der gleichen Motorleistung für  $n = 750$  bzw. 1000 U/min nicht aus. Auch eine für einen Motor von beispielsweise 75 kW und 25 % Einschaltdauer gebaute Bremse ist an Motoren von 75 kW und 40 % oder 60 % Einschaltdauer nicht ausreichend.

Die Wirtschaftsgruppe Elektroindustrie ist bereits mit der Vorbereitung der Normung von Bremsen und Bremslüftern beschäftigt; es wird notwendig sein, die vorstehenden Ergebnisse bei diesen Arbeiten zu berücksichtigen.

### Zusammenfassung

Die Drehstrommotoren von verschiedenen Herstellern weichen hinsichtlich des Schwungmomentes erheblich voneinander ab. Dabei benötigen die Motoren mit dem kleineren Schwungmoment kleinere Bremslüfter und Motoren mit größerem Schwungmoment größere Bremslüfter. Es wurden zur Berechnung und Bemessung der Bremsen geeignete Grundgleichungen abgeleitet, die den Einfluß des Schwungmomentes auf den Bremsvorgang berücksichtigen; sie dienen als Grundlage für die Normung von Bremsen und Bremslüftern.

## Umstell-Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung

### VDE-Ausschuß für Installationsmaterial

DK 621.315.673(083.133.3)

### VDE 0610 Uc/IV.40

#### 3. Änderung der ab 15. 11. 1936 gültigen Fassung

Gültig ab 23. Mai 1940<sup>1)</sup>

#### § 90

Abzweigdosen aus imprägnierter Papiermasse

Für Abzweigdosen aus imprägnierter Papiermasse mit Metallmantel zur Verlegung unter Putz gilt:

a<sub>1</sub>) Die für die Herstellung von Abzweigdosen (Gehäuse und Deckel) verwendete imprägnierte Papiermasse muß hinsichtlich der Imprägnierung § 89 c) entsprechen.

a<sub>2</sub>) Hinsichtlich der Feuchtigkeitssicherheit muß die Abzweigdose folgender Prüfung genügen:

Nach Behandlung nach § 95 (Stufe 1) darf bei einer Wechselspannung von 1500 V zwischen dem Metallmantel und einem eingelegten Metallbelag kein Durchschlag eintreten; bei einer Gleichspannung von etwa 500 V muß ein Widerstand von mindestens 2 MΩ vorhanden sein.

a<sub>3</sub>) Der Metallmantel muß auf der Außenseite einen rost-schützenden Überzug haben, z. B. durch Lack, Blei, Aluminium oder dgl.

Um Fehler oder mechanische Verletzungen des rost-schützenden Überzuges festzustellen, müssen der Metallmantel gründlich entfettet, die Schnittflächen paraffiniert werden. Der Metallmantel wird mehrfach in weißes Fließpapier gewickelt, das in ein frisch hergestelltes Gemisch von drei Teilen 1%iger Lösung von rotem Blutlaugensalz in Wasser und einem Teil 1%iger Lösung Ammoniumpersulfat in Wasser getaucht wurde. Zulässige Blaufärbung bei einer Prüfdauer von 5 min bis Rostgrad R 2 nach DIN DVM 3210 (Anstrichfarben).

a<sub>4</sub>) Bei der Prüfung der Abzweigdosen auf mechanische Haltbarkeit in der Prüfvorrichtung nach § 96<sup>1)</sup> werden die

Dosen, nachdem die Einführungsöffnungen ordnungsgemäß ausgebrochen sind, auf einen Hartholzklötz aufgelegt. Das Fallgewicht von 150 g ist aus einer Fallhöhe von 15 cm auf die Abdeckplatte an 4 möglichst gleichmäßig verteilten Stellen innerhalb des Umfangs des Gehäuses fallen zu lassen.

Nach dieser Prüfung dürfen sich nicht solche Beschädigungen zeigen, die die Brauchbarkeit der Dosen beeinträchtigen könnten. Die Prüfung wird an demselben Prüfling einmal wiederholt, wenn Sprünge und Risse aufgetreten sind, die die Sicherheit nicht beeinträchtigen.

a<sub>5</sub>) Bei Dosen mit Einführungsstutzen muß verhindert sein, daß der Metallmantel der Rohre durch den Einführungsstutzen hindurch in das Innere der Dose eingeführt werden kann.

Zur Prüfung wird in die Einführungsstutzen senkrecht von oben ein der Größe des Stutzens entsprechender Rohrschnitt eingeführt und mit dem Gewicht eines Rohres in Fabrikationslänge belastet. Der an der Einführungsstelle erforderliche Anschlag muß diese Belastung aushalten. Das Rohr darf nicht in das Innere der Dose durchgedrückt werden.

Dosen mit Einführungsstutzen müssen den im Gebrauch auftretenden Biegebeanspruchungen der Einführungsstutzen gewachsen sein. Zur Prüfung wird in den Einführungsstutzen ein der Größe des Stutzens entsprechender Rohrschnitt von 0,9 m waagrecht eingesetzt. Mit dieser Belastung ist die Einführungsstelle in 6 um 60° versetzten Ebenen je 1 min lang zu prüfen. Nach dieser Beanspruchung darf diese Dose keine den weiteren Gebrauch beeinträchtigenden Beschädigungen aufweisen.

b) wie bisher.

c) Die Auskleidung der Deckel muß auf ihrer Innenseite zuverlässig haften; bei geschlossenem Deckel dürfen im Innern der Dose keine metallenen Stellen freiliegen.

d) bis g) wie bisher.

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im April 1940.

## FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

# Die Planung und Bemessung von Schutzeinrichtungen für elektrische Netze

Von Hans Titze VDE, Potsdam-Rehbrücke

DK 621.316.925 : 621.311.1

**Übersicht\*).** Allgemeine Grundlagen für die Planung und Bemessung von Schutzeinrichtungen werden angegeben. Es wird gezeigt, welche Schutzarten bei den verschiedenen Netzformen gewählt werden müssen, welche Untersuchungen oder Rechnungen für die Bemessung erforderlich sind. Es werden die Grenzen für die Anwendung der verschiedenen Schutzarten sowie die Frage der Mehrfachfehler behandelt.

Vergleichsschutz in den meisten Fällen den Zweck, die Auslösezeiten zu verkürzen und die Empfindlichkeit des Schutzes zu erhöhen, während der Staffelschutz als Reserve und zur Erfassung der Sammelschienenfehler dient.

### 3. Schutz verschiedener Netzformen

Innerhalb der Staffelschutzarten unterscheidet man den unabhängigen und abhängigen Überstromschutz und den Widerstandsschutz. Welche Art gewählt werden soll, entscheiden die Art und Form des Netzes. In Bild 1 sind die grundsätzlichen Netzarten mit

### 1. Allgemeine Gesichtspunkte für die Planung von Schutzeinrichtungen

Bei der Planung von Schutzeinrichtungen elektrischer Netze muß man von dem Standpunkt ausgehen, daß der Schutz zwar unentbehrlich, aber doch nur Hilfsmittel für den Betrieb ist. Der Schutz muß sich nach der Betriebsweise und Schaltung der Netze richten. Der Schutzbearbeiter soll nicht verlangen, es dürfe mit Rücksicht auf den Schutz irgendein Schaltzustand nicht ausgeführt werden. Diese Forderung erschwert sehr häufig die Arbeit des Schutzplaners; sie schließt aber nicht aus, daß der Schutzplaner auch Einfluß auf die Netzgestaltung nehmen kann. Bei Vorlage für den Betrieb gleichwertiger Vorschläge kann er den Ausschlag für die Auswahl geben, wenn der eine Vorschlag schutztechnisch besser ist als der andere.

Zur Planung des Schutzes gehört eine genaue Kenntnis der Kurzschluß- und gegebenenfalls Erdschlußverhältnisse, der Häufigkeit und Art der Störungen sowie ihrer häufigsten Lage. Weiterhin gehört dazu die genaue Kenntnis der Eigenschaften der verwendeten Relais, bei abhängigen Relais eine prüffeldmäßig bestimmte Kennlinie für die Auslösezeiten. Wichtig sind außer der Kenntnis des zu schützenden Netzes oder Netzteilens auch die Schutzeinrichtungen und Kurzschlußverhältnisse der angrenzenden Netze. Da im allgemeinen keine Schutzart allen Anforderungen gerecht werden kann, ist es weiterhin notwendig, die am häufigsten vorkommende Betriebsweise zu wissen.

### 2. Einteilung und Wahl der Schutzart

Alle Schutzarten kann man in zwei Gruppen einteilen:

- I. Schutzarten, die nur bei Fehlern in dem geschützten Betriebsmittel zum Ansprechen kommen: der Vergleichsschutz;
- II. Schutzarten, die auch bei Fehlern in anderen als dem geschützten Betriebsmittel zum Ansprechen kommen: der Staffelschutz.

Zur ersten Gruppe gehören alle Differential-, Richtungsvergleichsschutzarten und solche Relais, die bei Veränderung der Eigenschaften des geschützten Anlageteiles ansprechen, wie Wärme-, Buchholz-Relais und ähnliche. Zur zweiten Gruppe gehören alle Überstrom- und Widerstandsschutzarten.

Beide Gruppen können sich gegenseitig in ihrer Arbeitsweise ergänzen. Meist reichen Staffelschutzarten für die selektive Abschaltung des Fehlers aus, Vergleichsschutzarten dagegen im allgemeinen allein nicht. Verwendet man beide Schutzarten gleichzeitig, so hat der

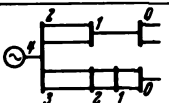
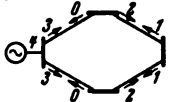
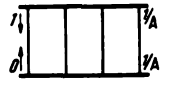
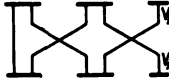
Schaltbild	Bezeichnung	Schutzart
	Stichleitungen	UMZ
	Ringleitungen	UMZ, gerichtet
	parallele Leitungen	AMZ oder UMZ, gerichtet
	vermaschtes Netz	Widerstandsschutz

Bild 1. Schutz verschiedener Netzformen.

den zugehörigen Schutzarten dargestellt. Für Stichleitungen genügt immer unabhängiger Überstromschutz. Hierbei besteht bei mehrfacher Hintereinanderschaltung von Betriebsmitteln in der Nähe des Kraftwerkes, also gerade dort, wo die Kurzschlußströme verhältnismäßig groß sind, der Nachteil hoher Auslösezeiten. In Ringleitungen wählt man gerichteten unabhängigen Überstromschutz, in parallelen Leitungen entweder abhängigen Überstromschutz bei mehr als zwei parallelen Leitungen oder bei einseitiger Speisung beim Abnehmer gerichteten Überstromschutz mit kurzer Zeit. Im vermaschten Netz ist in der Regel nur Widerstandsschutz möglich. Daß auch im vermaschten Netz mit unabhängigem Überstromschutz völlige Selektivität erreicht werden kann, zeigt Bild 2<sup>1)</sup>.

Beim Widerstandsschutz gibt es zwei Arten, den Reaktanz- und den Impedanzschutz. Im Laufe der Zeit hat sich im allgemeinen der Impedanzschutz für Kabel- und Freileitungen mittlerer und hoher Spannung in gleicher Weise durchgesetzt, während man in früherer Zeit in Freileitungsnetzen hoher Spannung den Reaktanzschutz, in Kabelnetzen mittlerer Spannung den Impedanzschutz vorzog. Reaktanzschutz hat aber den Nachteil, wesentlich pendelemfindlicher zu sein<sup>2)</sup>. Dies rührt da-

<sup>1)</sup> S. a. Schleicher, Die moderne Selektivschutztechnik S. 363, Berlin 1936, Verlag Julius Springer.

<sup>2)</sup> Schimpf, ETZ 54 (1933) S. 1134, Cornelsen, ETZ 56 (1935) S. 963, Titze, Elektrizitätswirtschaft. 33 (1934) S. 475 u. 514.

\* Vortrag, gehalten am 12. 1. 1939 in der Arbeitsgemeinschaft „Allgemeine Elektrotechnik“ des VDE Bezirk Berlin.

her, daß die Impedanz bei Pendelungen immer nur an einer Stelle auf der Kupplung zwischen den pendelnden Maschinen Null wird, nämlich dort, wo auch die Spannung Null wird, während die Reaktanz an jeder Stelle der Kupplung während der Pendelung Null wird, da an jeder Stelle einmal der Winkel zwischen Strom und Spannung  $90^\circ$  betragen muß. Impedanzrelais sind also nur an einer einzigen Stelle im Laufe einer Pendelung gefährdet, während Reaktanzrelais an allen Stellen der Kupplung zur Auslösung kommen können. In Netzen, in denen häufig Pendelungen auftreten, sind Relais, auch Impedanzrelais, mit langen Rücklaufzeiten, also vor allem thermisch wirkende Relais, zu vermeiden. Solche Relais gehen, nachdem sie bei der ersten Pendelung zu laufen angefangen haben, nicht gleich wieder in die Ruhelage zurück, sondern bleiben praktisch stehen, bei der nächsten Pendelung laufen sie wieder ein Stück weiter, bleiben beim nächsten Nulldurchgang wieder stehen und lösen schließlich nach mehreren Pendelungen aus.

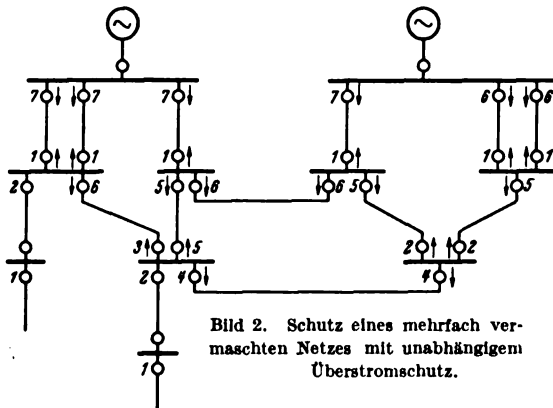


Bild 2. Schutz eines mehrfach vermaschten Netzes mit unabhängigen Überstromschutz.

Die Entwicklung ist den Weg gegangen, daß das Reaktanzrelais fast nur noch bei kurzen Leitungen gebraucht wird, wo der Lichtbogenwiderstand merklichen Einfluß auf die Auslösezeiten haben würde. Man verbindet in ein und derselben Schutzvorrichtung ein Reaktanzrelais für die Schnellauslösung mit einem Impedanzrelais für die längeren Auslösezeiten<sup>3)</sup>.

#### 4. Bemessung des Schutzes

Nachdem nach diesen Grundsätzen die Wahl der Schutzart getroffen worden ist, muß der Schutz bemessen werden. Um dies durchzuführen, ist die Kenntnis der häufigsten Schaltzustände, des Umspanner- und Maschineneinsatzes für die Bestimmung der Kurzschlußverhältnisse erforderlich. Für die wichtigsten Netzverhältnisse müssen in der Regel Kurzschlußstromberechnungen durchgeführt werden. Die Kurzschlußberechnungen sind zur Bestimmung der Ansprechwerte und bei stromabhängigen Schutzarten zur Bestimmung der einzustellenden oder zu wählenden Auslösekennlinie notwendig.

Für die Festlegung der Ansprechwerte sind die Schaltzustände zu berücksichtigen, bei denen die Kurzschlußströme am kleinsten sind. Die so erhaltenen Mindestwerte sind mit den höchsten vorkommenden Belastungsströmen zu vergleichen. Liegen die kleinsten Kurzschlußströme über dem größten Belastungsstrom, so ist Stromanwurf zu wählen, andernfalls muß Widerstandsanwurf vorgesehen werden.

Zum Festlegen der Auslösekennlinie von stromabhängigen Relais sind im Gegensatz dazu die größten möglichen Kurzschlußströme von Bedeutung, da hierbei die Staffelzeiten am kleinsten sind. Hierfür ist eine genaue und sorgfältige Bestimmung der Kurzschlußströme unerlässlich.

<sup>3)</sup> Neugebauer, Siemens-Z. 18 (1938) S. 25

Bei Widerstandsrelais ist eine Kurzschlußberechnung zur Bestimmung der Auslösezeiten nur dann nötig, wenn die Stromabhängigkeit solcher Relais die Auslösezeit noch wesentlich mitbeeinflusst. In solchen Fällen genügen aber angenäherte Rechnungen.

Bei stromunabhängigen Widerstandsrelais genügt es, ohne besondere Kurzschlußberechnung die Widerstände der Leitungen usw. auf die Sekundärseite der Strom- und Spannungswandler umzurechnen und dann aus den Auslösekennlinien die Auslösezeiten zu ermitteln und damit die zweckmäßigste Auslösekennlinie zu bestimmen.

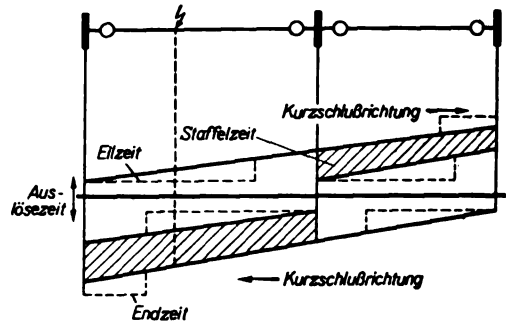


Bild 3. Aufstellung eines Staffelplanes.

Für diese Fälle erleichtert die Aufstellung von Staffelplänen die Auslegung außerordentlich (Bild 3). Es wird hierbei die Auslösezeit eines Relais über der im Widerstandsmaßstab aufgezeichneten Leitungsstrecke aufgetragen. Tritt beispielsweise an der mit dem Blitzpfeil bezeichneten Stelle ein Fehler auf, so gibt die zugehörige Zeit die Auslösezeit der Relais an. Die Staffelzeiten sind in dem Staffelplan leicht zu erkennen. Man kann also in ihm die Schutzverhältnisse für jede Lage des Fehlers sofort ablesen. Es genügt demnach für jeden Schaltzustand ein Staffelplan.

Die angegebenen Zeiten sind aber nur dann genau, wenn die einzelnen Betriebsmittel den gleichen Widerstandswinkel besitzen; denn durch das zeichnerische Aneinanderfügen zweier Betriebsmittel im Widerstandsmaßstab werden die Widerstände zahlenmäßig addiert. Bei verschiedenen Widerstandswinkeln der Betriebsmittel, z. B. wenn ein Umspanner mit einem Kabel hintereinandergeschaltet ist, ergeben sich zu große Gesamtwiderstände und damit zu hohe Auslösezeiten. In solchen Fällen ist eine rechnerische Nachprüfung erforderlich.

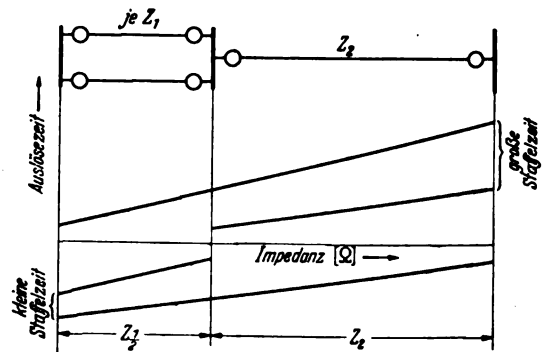


Bild 4. Staffelplan für parallele Leitungen.

Bild 4 zeigt einen Staffelplan, in dem parallele Leitungen berücksichtigt sind. Man erhält die richtigen Werte, wenn für die parallelen Leitungen der Parallelwiderstand aufgetragen wird, für die Relais der parallelen Leitungen selbst aber der Widerstand nur einer Leitung berücksichtigt wird. Die Auslösezeiten dieser Relais sind also bei Fehlern auf einer der parallelen Leitungen unabhängig von der Anzahl der Leitungen, während die

Auslösezeiten der übergeordneten Relais mit wachsender Anzahl kleiner werden.

Bei der Bemessung muß man nun so vorgehen, daß der ungünstigste Schaltzustand, der berücksichtigt werden soll, im Staffelman aufgetragen wird. Dies sind immer die Fälle, bei denen alle schutztechnisch untergeordneten, also die der Fehlerstelle am nächsten liegenden Betriebsmittel, eingeschaltet angenommen werden, während von den übergeordneten nur die kleinste vorkommende Anzahl angenommen wird. Dann sind die Staffelmomente am kleinsten. Aus diesem Staffelman ergibt sich die zweckmäßige Wahl der Auslösekennlinie. Man kann dann noch den oder die am häufigsten vorkommenden Betriebsfälle nachprüfen, um die Größe der Sicherheit zu erkennen.

Bei der Berechnung der Auslösezeit abhängiger Relais muß häufig berücksichtigt werden, daß sich während eines Fehlers infolge Teilabschaltungen der Schaltzustand ändert und der Schutz plötzlich unter anderen Betriebsbedingungen arbeiten muß. In den drei parallelen Leitungen von Bild 5 beispielsweise fließt zu-

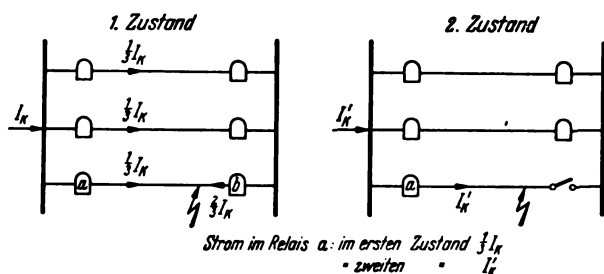


Bild 5. Schutz von parallelen Leitungen mit abhängigem Überstromschutz.

nächst in allen Leitungen der dritte Teil des Gesamtkurzschlußstromes  $I_k$ . Sind die Leitungen mit abhängigen Überstromrelais geschützt, so läuft das Relais *a* zunächst mit einer Ablaufzeit entsprechend  $\frac{1}{3} I_k$  an. Inzwischen löst aber das Relais *b*, das den doppelten Strom führt, aus. Nun fließt nur noch in der fehlerhaften Leitung Strom, und zwar der ganze Kurzschlußstrom, der jetzt den Wert  $I_k'$  hat. Relais *a* läuft nun diesem Strom entsprechend weiter. Die Ablaufzeit setzt sich also aus zwei Teilen zusammen und läßt sich nicht mehr unmittelbar aus der Kennlinie bestimmen<sup>4)</sup>. In vielen Fällen ist es nötig, bei der Planung diese Verhältnisse zu berücksichtigen. Die Auslösezeiten können hierbei nach den Gleichungen in Tafel 1 ermittelt werden. Die Gleichungen

Tafel 1. Auslösezeit von abhängigen Relais bei zwei verschiedenen Schaltzuständen

	Relaiseigenschaften		Auslösezeit <i>t</i>	Beispiel
	Ablaufgeschwindigkeit	Ablaufweg		
a	unveränderlich	veränderlich	$t = t_2$ bei $t_2 > T_1$ $t = T_1$ „ $t_2 < T_1$	Impedanzrelais
b	veränderlich	unveränderlich	$t = T_1 + t_2 \left(1 - \frac{T_1}{t_1}\right)$	AMZ-Relais
c	veränderlich	geradlinig veränderlich mit <i>U</i>	$t = T_1 + t_2 \left(1 - \frac{T_1 U_1}{t_1 U_2}\right) - t_2 \frac{T_1}{t_1} \left(1 - \frac{U_1}{U_2}\right)$	N-Relais

sind je nach der Wirkungsweise der Relais verschieden; sie richten sich danach, ob der Kontaktweg, die Ablaufgeschwindigkeit oder beide veränderlich sind. Es wird sich besonders dann als zweckmäßig erweisen, die Änderung des Schaltzustandes bei der Ermittlung der Auslösezeiten zu berücksichtigen, wenn die Staffelung bei der einfachen Rechnung sich als zu knapp ergibt. Oft ist in solchen Fällen infolge der veränderten Betriebsbedingungen die Staffelung noch gar nicht gefährdet.

<sup>4)</sup> Tltze, Elektrizitätswirtsch. 35 (1936) S. 590.

Große Schwierigkeiten macht oft die Wahl der Kennlinie an Kuppelstellen zweier Netze oder in Netzen, die an mehreren Stellen mit anderen Netzen verbunden sind. Die angrenzenden Netze besitzen bereits einen Schutz, der meist nicht geändert werden darf. Um die Verhältnisse übersichtlich erkennen zu können, wenn kein Staffelman aufgestellt werden kann, rechnet man sich für alle in Betracht kommenden Fälle die Auslösezeiten des Schutzes in den angrenzenden Netzen aus. Für die dem Schutz des zu untersuchenden Netztes untergeordneten Relais vergrößert man die ermittelten Auslösezeiten um die zugelassene Staffelzeit, für die übergeordneten Relais verkleinert man sie um dieselbe Zeit und trägt diese Werte in ein Kurvenblatt als obere bzw.

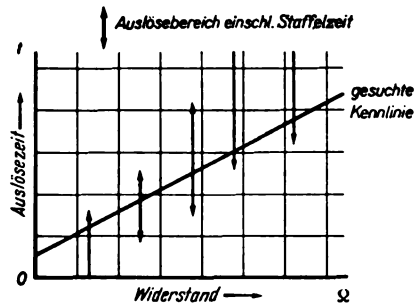


Bild 6. Kennlinien-ermittlung für Kuppelstellen.

untere Grenze ein (Bild 6). Man erhält auf diese Weise einen zulässigen Bereich der Auslösezeiten, auf den man die theoretische Kennlinie legen kann. Aus dem Vergleich mit den am Relais aufgenommenen Kennlinien wird dann wieder die Einstellung ermittelt<sup>5)</sup>.

### 5. Grenzen der Bemessung und Anwendung

Der Ausführung der Relais, d. h. ihrer Genauigkeit und Empfindlichkeit, sind Grenzen gesetzt, die den Verwendungsbereich von Relais etwas einengen. Widerstandsrelais können nur bis zu einer bestimmten Länge bzw. bis zu bestimmten Widerstandswerten des zu schützenden Betriebsmittels herab verwendet werden. Bei zu kleinem Widerstand werden zu hohe Anforderungen an die Genauigkeit von Wandler und Relais gestellt. Vergleichsschutzarten sind dagegen nach der anderen Seite hin begrenzt. Bei langen Leitungen ist der Aufwand an Hilfsleitungen wirtschaftlich und zum Teil auch technisch nicht vertretbar. Differentialstromschutzarten, bei denen in den Hilfsleitungen Wandlerströme fließen, ist eine Grenze infolge der mit der Länge anwachsenden Bürde für die Wandler gesetzt. Um auch größere Längen mit Differen-

tialstromschutz schützen zu können, müssen Hilfswandler vorgesehen werden, die den Strom auf der Hilfsleitung möglichst klein machen. Bei Vergleichsschutzarten, bei denen in den Hilfsleitungen nur Hilfsströme und kein Wandlerstrom fließen, ist die Anwendung durch die Kosten der Hilfsleitungen beschränkt. Man verwendet dann häufig die Hochspannungsleitung selbst mit Hilfe von Hochfrequenz<sup>6)</sup>.

<sup>5)</sup> Über andere beim Zusammenschalten von Hochspannungsnetzen zu berücksichtigende Fragen s. VDE-Fachber. 8 (1936) S. 35.

<sup>6)</sup> P. du Mont u. R. Baranowsky, ETZ 60 (1939) S. 1472.



Es trifft sich günstig, daß im allgemeinen die Verwendungsmöglichkeit der Vergleichsschutzarten sich etwa gerade mit der der Widerstandsschutzarten ablöst. Besonders in Mittelspannungsnetzen überlappen sich die Bereiche beider Schutzarten aber nicht, sondern es bleibt ein Bereich übrig, wo keine beider Schutzarten befriedigend wirksam ist.

In diesem Bereich kann man sich mit dem Widerstandsschutz so helfen, daß unter Verzicht kurzer Auslösezeiten die Grundzeit erhöht wird, um die erforderliche Staffelung zu erreichen (Bild 7). Läßt sich

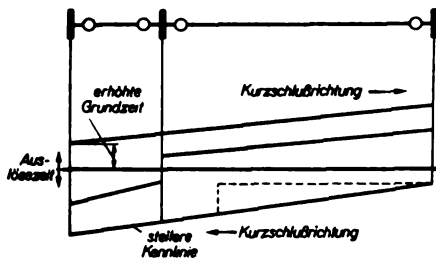


Bild 7. Widerstandsstaffelung bei langer und kurzer Leitung mit Staffelung durch erhöhte Grundzeit.

bei bestimmten Relaisausführungen die Grundzeit gar nicht oder nur schwer erhöhen, so kann man mit dem Widerstandsrelais ein Zeitrelais verbinden, dessen Ablaufzeit sich der widerstandsabhängigen Zeit hinzufügt. Bei Ringleitungen kann man sogar so weit gehen, daß für beide Leitungen einer Station nur ein Widerstandsrelais verwendet wird. In der einen Richtung, nämlich bei Fehlern auf der langen Leitung, läuft das Widerstandsrelais ohne, in der anderen Richtung mit Zusatzzeit ab (Bild 8). Hierbei muß nur noch berücksichtigt sein, daß

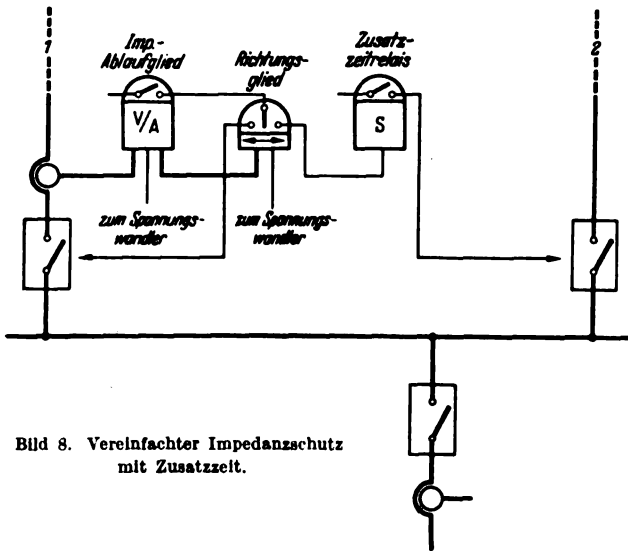


Bild 8. Vereinfachter Impedanzschutz mit Zusatzzeit.

die Summe aus Grund- und Zusatzzeit mit den Relais der Abgänge gestaffelt ist. Diese Anordnung spart einen ganzen Satz Widerstandsrelais einschließlich der Stromwandler.

Man hat bei der Bemessung von Schutzeinrichtungen das Bestreben, mit der tatsächlichen Auslösezeit so weit wie möglich herunterzugehen. Auch hierbei kommt man an Grenzen; abgesehen vom Einfluß der Ausführung durch die Eigenzeit ist es besonders die Gefahr, daß solche Relais bei Pendelungen falsch auslösen. Dies bedingt zusätzlichen Einbau von Pendelsperren, die in neuerer Zeit wesentlich an Bedeutung gewonnen haben. Solche Pendelsperren sind überall dort vorzusehen, wo längere Kupplungsleitungen zwischen Kraftwerken oder Netzen geschützt werden sollen<sup>7)</sup>.

<sup>7)</sup> Gutmann, Elektrizitätswirtsch. 39 (1940) S. 14.

Außer dem Einbau solcher Pendelsperren kann es zweckmäßig sein, bei starken Pendelungen an einer bestimmten Stelle abzuschalten. Man verhindert dadurch, daß bei Pendelungen durch den Kurzschlußschutz an einer nicht vorauszu sehenden Stelle abgeschaltet wird und läßt die Abschaltung an einer Stelle vornehmen, an der die Trennung am wenigsten unangenehm ist. Ein derartiger Pendelschutz ist besonders zweckmäßig, wenn der Kurzschlußschutz sehr lange Rückstellzeiten besitzt, also nach mehreren Pendelstößen leicht zum Auslösen kommt. Die Ausführung eines solchen Pendelschutzes zeigt Bild 9. Ein Überstromrelais wirkt ein Relais mit Rückstellverzögerung an, das ein Zeitrelais anlaufen läßt. Fällt nun das Überstromrelais beim Stromnulldurchgang ab, so fällt das Relais mit Rückstellverzögerung noch nicht ab, und das Zeitrelais läuft weiter bis zur Auslösung. Bei lang-

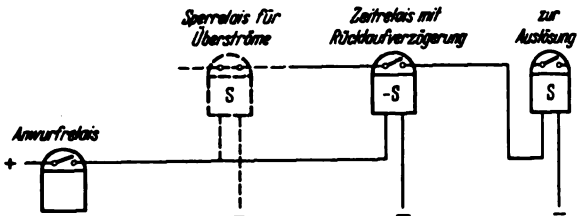


Bild 9. Pendelschutz mit unabhängigen Zeiten.

samen Pendelungen, die meist kurz vor dem sich Wiederaufbau der Maschinen auftreten, fällt das Relais mit der Rückstellverzögerung während des Stromnulldurchganges ab und verhindert die Auslösung<sup>8)</sup>.

### 6. Mehrfachfehler

Bisher ist für die Planung und Bemessung von Schutzeinrichtungen die Annahme gemacht worden, daß nur ein einziger Fehler im Netz auftritt. Die Gleichzeitigkeit mehrerer Fehler wurde als unwahrscheinlich nicht berücksichtigt. In Freileitungsnetzen, besonders wenn zwei oder mehr Leitungen an einem Gestänge angebracht sind, treten häufig mehrere Fehler gleichzeitig oder kurz hintereinander bei Gewittern oder Nebel auf. Hierauf muß bei der Planung Rücksicht genommen werden, da die Mehrzahl der Gewitterstörungen Doppelfehler sind. Aber auch in Kabelnetzen können<sup>9)</sup>, wenn der Luftschutzfall berücksichtigt werden soll, mehrere Fehler gleichzeitig oder kurz hintereinander auftreten.

Ein für Einfachfehler richtig ausgelegter Schutz kann bei mehreren gleichzeitigen Fehlern versagen (Bild 10).

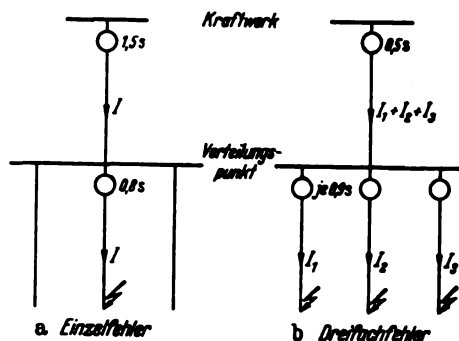


Bild 10. Stromabhängiger Schutz bei Mehrfachstörungen mit Addition der Ströme in den übergeordneten Betriebsmitteln.

Die Überlagerung mehrerer Kurzschlußströme ist häufig die Ursache für Fehlauslösungen. In dem in Bild 10 gezeigten Beispiel addieren sich die Ströme; Bild 11 stellt ein Beispiel dar, in dem sich die Kurzschlußströme in übergeordneten Netzteilen subtrahieren. Beim gleich-

<sup>8)</sup> Weitere Pendelschutzarten s. Cornelsen ETZ 56 (1935) S. 963.  
<sup>9)</sup> Titze, VDE-Fachber. 10 (1938) S. 161.

zeitigen Auftreten zweier Fehler müßten bei ordnungsgemäßer Arbeitsweise des Schutzes die Relais *b*, *d* und *f* auslösen, damit die Werke *I* und *II* unter Spannung bleiben. Tatsächlich löst aber statt des Relais *d* das Relais *a* aus und macht damit den ganzen Netzteil spannungslos. Das Nichtauslösen des Relais *d* ist darin begründet, daß die Teilkurzschlußströme  $I_1'$  und  $I_2'$  der beiden Kurzschlußstellen sich gegenseitig annähernd aufheben und dadurch die Relais der Kuppelleitung gar nicht angeworfen werden oder zum mindesten bei abhängiger Kennlinie sehr große Auslösezeiten haben.

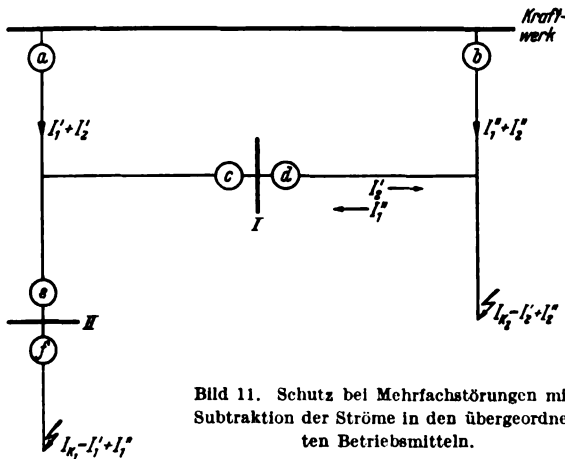


Bild 11. Schutz bei Mehrfachstörungen mit Subtraktion der Ströme in den übergeordneten Betriebsmitteln.

Versager können in diesem Falle bei fast jeder Relaisart auftreten. Auch unabhängige Relais können infolge zu kleinen Ansprechstromes oder falscher Stromrichtung bei gerichtetem Schutz versagen. Lediglich Vergleichschutzsysteme arbeiten auch bei Mehrfachstörungen immer einwandfrei, da sie ja nur in dem fehlerhaften Anlagenteil angeworfen werden.

Bei Mehrfachstörungen, bei denen die Fehler nicht gleichzeitig, sondern kurz hintereinander auftreten, kann man zwei Gruppen unterscheiden:

- Die Fehler folgen so schnell aufeinander, daß der nächste Fehler bereits auftritt, bevor der vorhergehende endgültig abgeschaltet ist.

- Der vorhergehende Fehler ist zwar abgeschaltet, aber der Schutz ist noch nicht wieder voll betriebsbereit.

Beim ersten Fall neigen, wie bei gleichzeitigen Mehrfachstörungen, in erster Linie die Relais derjenigen Stellen zu Fehlauslösungen oder Versagern, an denen die Kurzschlußströme sich überlagern. Die Ursache ist aber nicht nur die Veränderung des Stromes gegenüber dem Fall eines einzigen Fehlers, sondern auch der Vorlauf übergeordneter Relais bis zum Eintritt einer weiteren Störung.

Um den nachteiligen Einfluß der Überlappungszeit mehrerer Fehler zu verringern, ist eine Verkürzung der Auslösezeiten im Netz von großer Bedeutung. Je kleiner die Auslösezeiten sind, um so geringer ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Fehlerzeiten sich überlappen.

Aber auch in dem Fall, daß die nächste Störung erst auftritt, wenn die vorhergehende bereits abgeschaltet ist, sind Fehlauslösungen möglich, wenn die Rücklaufzeiten der Relais zu groß sind. Entsteht also ein weiterer Fehler, bevor das Relais zurückgelaufen ist, so bedeutet das eine Verkürzung der Auslösezeit. In solchen Fällen treten dieselben Nachteile auf, als wenn die Fehlerzeiten sich überlappen würden.

Bei der Planung oder Verbesserung des Schutzes ist mit Rücksicht auf Mehrfachfehler darauf zu achten, daß die Auslösezeiten möglichst kurz sind und, wenn Schwierigkeiten durch zu lange Rücklaufzeiten entstehen können, diese ebenfalls möglichst kurz sein müssen. Jedenfalls ist bei der Planung neuer Netze der Fall von Mehrfachstörungen mit zu untersuchen. Bei der Verbesserung vorhandener Netze wird es nicht immer möglich sein, alle Schwierigkeiten zu meistern. Es ist aber unter allen Umständen erforderlich, die Netze nachzuprüfen, um wenigstens zu erkennen, wo Fehlauslösungen auftreten können.

### Zusammenfassung

Bei den heute auf dem Markt befindlichen Schutzarten ist die Beherrschung fast sämtlicher Netzformen und Störungsarten gewährleistet. Selbst besonders schwierig gelagerte Kuppelstellen, große Widerstandsunterschiede hintereinanderliegender Betriebsmittel können bei geeigneter Wahl und richtiger Bemessung der Schutzeinrichtungen ohne große Schwierigkeiten beherrscht werden.

## Ausnutzung der Sonnenwärme

DK 523.7 : 662.6 : 620.91

C. G. Abbot behandelt die Ausnutzung der Sonnenwärme und bezieht sich dabei besonders auf die Verhältnisse in den südlichen Gebieten der V.S.Amerika, die sehr wenig Bewölkung haben<sup>1)</sup>. Nach seinen Angaben sollen 80% oder mehr der Tageslichtstunden für die Ausnutzung der Sonnenwärme in Betracht kommen. Das würde allein für den Staat Neu-Mexiko zu dem Ergebnis führen, daß durch Sonnenstrahlung über 1000 Mrd PSh/Jahr an mechanischer Kraft erzeugt werden könnten, also bedeutend mehr, als die gesamte aus Kohle, Öl und Wasser gewonnene Energie für Wärme, Licht und Kraft in den V.S.Amerika ausmacht. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Zahl, die dem unbefangenen Leser sehr hoch erscheint, wird aber nicht erbracht. Als Verbrauchsmöglichkeiten für die durch die Sonnenstrahlung gewonnene Kraft kommen nach Abbot in erster Linie das Kochen von Nahrungsmitteln und die Destillation von Wasser in Betracht, dies insbesondere deshalb, weil sich dabei der Verbraucher in beiden Fällen zeitlich weitgehend auf die anfallende Energie einstellen kann. Bei der Wasserdestillation kann man dem wohl zustimmen, während man bezüglich des Kochens doch wohl verhältnismäßig stärker an bestimmte Tagesstunden gebunden ist.

Abbot beschreibt dann mehrere Sonnenkocher, die er selbst benutzt hat, wobei er sich besonders mit dem Antrieb beschäftigt, der notwendig ist, um den Spiegel stets in günstigster Lage zur Sonnenstrahlung zu halten. Die Anordnung erscheint reichlich umständlich, läßt hohe Kosten vermuten und erfordert wahrscheinlich auch eine sehr gewissenhafte Wartung. Er empfiehlt, zur Erzeugung der für das Kochen benötigten Hitze nicht Wasser zu verwenden, sondern Flüssigkeiten mit hohem Siedepunkt, da erfahrungsgemäß die durch die Sonnenwärme erzeugten Temperaturen weit über den Wassersiedepunkt steigen. Abbot benutzte zunächst Maschinenzylinderöl, dann aber ein Sonderöl, dessen Siedepunkt nicht unter 350° liegt. Nach seinen Angaben erreicht man bei klarem Himmel in Florida je cm<sup>2</sup> Spiegelfläche 1,2 bis 1,4 kcal Wärme. Berücksichtigt man die Wirkungsgrade der Spiegelreflektion bei Verwendung von Aluminiumspiegeln sowie den Wirkungsgrad der im Brennpunkt des Spiegels angebrachten Vakuumglasröhre, die mit je 80% einzusetzen sind, so verbleiben noch etwa 0,79 bis 0,87 kcal/cm<sup>2</sup> · min. Das auf mehrere hundert Grad erwärmte Öl, das sich in sehr gut isolierten Behältern befindet, gestattet das Kochen und Backen auch in Nachtzeiten.

Die Destillierung von Wasser spielt in gewissen Gegenden der V.S.Amerika und auf den umliegenden Inseln eine sehr erhebliche Rolle. Teilweise fehlt es überhaupt an Wasser, zum Teil kann das zur Verfügung stehende Wasser nicht zu Trink- und Kochzwecken verwendet werden. Aus dieser Not heraus haben sich in Florida und Südkalifornien bereits Wasserehitzer auf den Dächern, die ihren Energiebedarf aus der

<sup>1)</sup> C. G. Abbot, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 294; 5 S., 4 B.

Sonnenstrahlung decken, bewahrt und werden vielfach verwendet. Diese Geräte sind an der Südseite der Dächer angebracht und bestehen aus einem langen hohlen Spiegel, in dessen Brennpunkt mehrere Rohrleitungen verlaufen, durch die das Wasser von einem Hydranten zum Speicherkessel läuft. Unter der Voraussetzung, daß dieser Speicherkessel gut gegen Wärmeverluste isoliert ist, und es sich um eine fast wolkenlose Gegend handelt, gibt eine solche Anlage Tag und Nacht genügend Heißwasser für alle Haushaltungszwecke.

Mit einer neueren Einrichtung gelang es Abbot im März 1938 in Florida, das faulige Wasser zu voller Reinheit und Geruchlosigkeit zu destillieren. Die Destillierung begann bereits 5 min, nachdem die Sonne durch die Wolken brach. Ein Spiegel von rd. 1 m<sup>2</sup> Oberfläche destillierte 10 bis 15 l Wasser an einem Tage. Diese Menge erscheint so gering, daß eine Wirtschaftlichkeit der Anlage kaum erwartet werden kann. Immerhin kann man sich einsame Gegenden vorstellen, wo die Aufstellung solcher Geräte durchaus gerechtfertigt erscheint.

Weiterhin beschreibt Abbot einen selbsttätig wirkenden Kessel für Kraftbedarf, dessen Eigenart darin besteht, daß der Wasserstrom sich nach der Intensität der Sonnenstrahlung selbst regelt. Wird die Sonne von Wolken verdeckt, so wird selbsttätig die Wasserzuleitung abgestoppt; wird andererseits der Dampfdruck zu hoch, so wird der Wasserumlauf vergrößert. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit wird ein Gesamtwirkungsgrad von 15,5% angegeben, was einem Preis von nicht über 0,5 c/PSh (etwa 1,25 Rpf) entsprechen soll. Nähere Angaben über die Wirtschaftlichkeit sind in der Arbeit nicht enthalten.

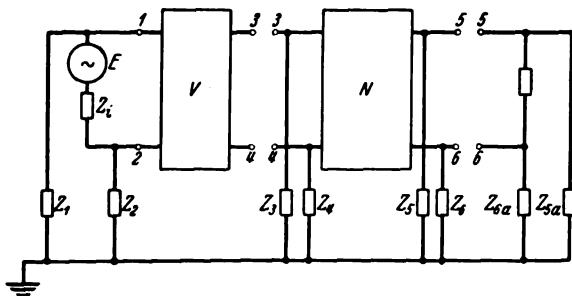
Zum Schluß erwähnt der Verfasser lediglich, daß sich die Herstellungskosten bei einer Massenfertigung wesentlich senken würden. Er benutzt als Vergleich eine Glühbirne, die als Einzelexemplar das über Hundertfache des jetzigen Stückpreises kosten würde. Ein solcher Vergleich dürfte aber auf Einrichtungen zur Ausnutzung der Sonnenwärme kaum übertragen werden können.

[Die Arbeit ist insofern wertvoll, als sie den neuesten Stand auf dem Gebiete der Sonnenstrahlennutzung zeigt; sie läßt ganz deutlich die großen Schwierigkeiten erkennen, die dem allgemeinen Gebrauch solcher Anlagen im Wege stehen. D. Ber.] *Wle.*

### Bekämpfung von Funkstörungen

DK 621.396.828

Der Verfasser<sup>1)</sup> geht von der allgemein gültigen Ersatzschaltung einer Störquelle nach Bild 1 aus: Die Störspannung wird durch eine EMK  $E$  dargestellt, die über ihren inneren

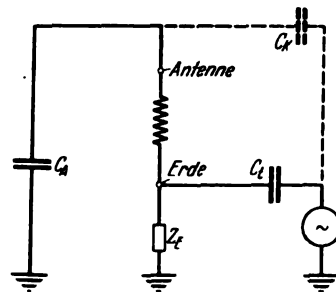


$E$  EMK der Störspannung  
 $Z_i$  deren innerer Widerstand  
 1, 2, 3, 4 } Vierpolklemmen  
 $Z_1, Z_2, \dots$  Verbindungen der Vierpolklemmen mit Erde  
 $V, N$  Vierpole

Bild 1. Allgemeingültige Ersatzschaltung einer Störquelle.

Widerstand  $Z_i$  über die Klemmen 1 bis 2 eines allgemeinen Vierpols mit den Klemmen 3 bis 4 des Lichtnetzes verbunden ist; das Lichtnetz bildet wiederum einen Vierpol  $N$  zwischen den Klemmen 3 bis 4 und den Klemmen 5 bis 6 des Empfangsgerätes. Die verschiedenen Klemmen sind weiterhin durch entsprechende Widerstände  $Z_1, Z_2$  usw. mit der Erde verbunden. Von den beiden Komponenten der Störung, der symmetrischen

und der asymmetrischen, hat die asymmetrische die größere praktische Bedeutung. Eine Entstörung vor den Klemmen 1 bis 2, also unmittelbar an der Störquelle, wird durch Überbrücken der beiden Leitungen durch einen hinreichend großen, aber im Hinblick auf die auftretenden Spitzenspannungen auch nicht zu großen Kondensator erreicht, wenn der Wert  $Z_i$  nicht allzu niedrig ist; andernfalls muß  $Z_i$  außerdem durch eine Drossel oder einen Widerstand genügend vergrößert werden. Das Anbringen von Störschutzmitteln unmittelbar am Ursprungsort der Störung ist praktisch vielfach nicht möglich. Das Eindringen der Störungen ins Netz kann dann durch Einschalten von Filtern zwischen den Stellen 3 ... 3 und 4 ... 4 verhindert werden. Symmetrische Störspannungen werden durch ein asymmetrisches Filter aus Längsinduktivität und Querkapazität erfaßt. Bei kleinen Erdwiderständen  $Z_1, Z_2$  ist es zur gleichzeitigen Unterdrückung der asymmetrischen Störkomponente zweckmäßig, die Selbstinduktion auf beide Leitungen zu verteilen, d. h. ein symmetrisches Filter zu verwenden. Die Selbstinduktionen in den beiden Leitungen brauchen nicht gleich groß zu sein, ihre Widerstände müssen aber groß gegenüber dem Vierpol  $V$  sein. Eine weitere Verbesserung kann durch eine Unterteilung der Querkapazität und die Erdung des Verbindungspunktes erzielt werden. Eine Umkehrung dieser symmetrischen Filteranordnung, also erst unterteilte Querkapazität mit Mittelabgriff und dann Längsdrosseln, führt zur Entstörung, wenn der Erdwiderstand des Mittelabgriffes nicht genügend klein gemacht werden kann oder trotz kleinem  $Z_3$  und  $Z_4$  noch Störungen auftreten. Bei größerer Impedanz des Vierpols  $V$  und von  $Z_3$  und  $Z_4$  genügt vielfach zur Entstörung die unterteilte Querkapazität mit Mittelabgriff ohne Längsdrosseln.



$C_k$  kapazitive Kopplung zwischen Netz und Chassis  
 $Z_F$  Erdwiderstand  
 $C_K$  kapazitive Kopplung zwischen Netz und Antenne  
 $C_A$  Antennen-Erdkapazität

Bild 2. Ersatzschaltbild eines Rundfunkempfänger-Einganges.

Bild 2 zeigt die Ersatzschaltung für den Eingang eines Rundfunkempfängers und seine Verbindung mit dem Netz. Im Empfänger muß dafür gesorgt werden, daß die kapazitive Kopplung  $C_k$  zwischen Primär- und Sekundärwicklung des Netztransformators bzw. dem Chassis klein ist. Die Einfügung einer Hochfrequenzdrossel in die Primärseite des Netztransformators verkleinert weiterhin die über das Netz eindringenden Störspannungen. Der Einfluß der auf diesem Wege an den Empfängereingang gelangenden Störspannungen ist um so geringer, je kleiner der Erdwiderstand  $Z_E$  ist. Die unmittelbare kapazitive Kopplung zwischen Netz- und Antennenzuleitung  $C_K$  läßt sich durch Schirmung der Antennenzuleitung verringern.

Als praktische Entstörungsbeispiele werden die hochfrequente Entstörung eines Dreiphasengleichrichters durch Längsdrossel in jeder Phase und Querkapazität zwischen der Anode jeder Phase und Kathodenleitung angeführt sowie die Entstörung eines Dreiphasengleichrichters mit Transformator durch Längsdrossel in jeder Phase und an gemeinsamen Erdpunkt geführte Querkapazitäten betrachtet. Ferner wird auf einen besonderen Störfall an einem Rundfunksender eingegangen, bei dem ein Sechspannengleichrichter mit 6 einzelnen gasgefüllten Gleichrichterröhren mit seiner Netzzuführung kapazitiv auf die gleichstromseitige Speiseleitung der Senderendstufe mit einem breiten hochfrequenten Störspektrum einwirkte und eine Modelung der Trägerwelle mit dem Störspektrum, d. h. die Entstehung von Seitenbändern hervorrief (z. B. Trägerwelle 1000 kHz, Störspektrum 50 bis 500 kHz, Seitenbänder 500 bis 950 und 1050 bis 1500 kHz). Dadurch entstanden beim Empfang von Sendern innerhalb dieser Seitenbänder Störungen. Die Entstörung geschah durch Überbrücken der Heizleitungen der Endstufe mit einem Kondensator. *Mbs.*

1) L. Block, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 249; 7 S., 16 B.

## RUNDSCHAU

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.933.1

**Hartgasableiter als Überspannungsschutz.** [Nach G. Frühauf, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 480; 3 S., 6 B.]

Selbstlöschende Schutzfunkenstrecken, wie die sogenannten Hartgasableiter, sind mit gewissen Einschränkungen als Ergänzung zu den Überspannungsableitern irgendeines bewährten Systems geeignet. Als Anwendungsgebiete kommen vorläufig Ausläuferstationen kleinerer Leistung, z. B. in ländlichen Gegenden, in Betracht, wenn der Einbau eines vollwertigen Überspannungsableiters wirtschaftlich nicht vertretbar ist, ferner besonders gefährdete Freileitungstücker, z. B. einzelne Eisenmaste im Zuge einer Holzmastleitung. Selbstlöschende Funkenstrecken sind zwar noch billiger als Überspannungsableiter, andererseits haben sie aber diesen gegenüber einige

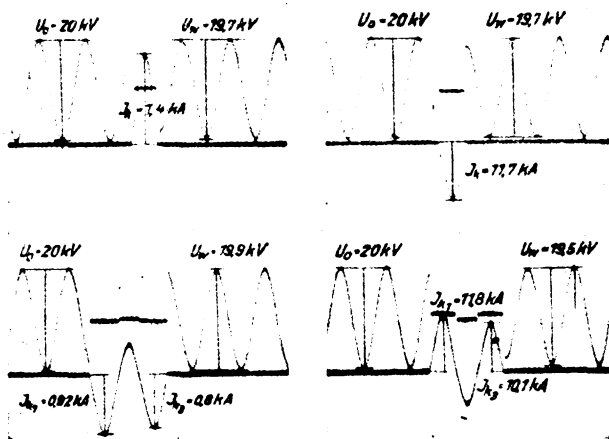


Bild 1. Anschlagvorgänge bei Hartgasableitern.

Mängel, die in ihrer Wirkungsweise begründet sind. Die Anschlagspannung muß verhältnismäßig hoch gewählt werden, damit die Löschwirkung ausreicht; nach dem Anschlagen erfolgt ein sehr steiler Spannungszusammenbruch, an den sich, da Dämpfungswiderstände fehlen, meist Leitungsschwingungen anschließen. Die Forderung, daß die Löschfähigkeit der Kurzschlußleistung am Einbauort angepaßt sein muß, wird von den Hartgasableitern schon weitgehend erfüllt. Sie haben durch Verwendung der vom Hartgasschalter her bekannten gasabgebenden Stoffe besonders bei den höheren Nennspannungen sehr kleine Abmessungen bei großer Löschleistung und kurzer Lichtbogendauer (Bild 1). Bei 10 kV können bis 30 kA unterbrochen werden, allerdings rückt bei den hierfür bemessenen Hartgasableitern auch die untere Löschgrenze ziemlich hoch. Die untere und obere Löschgrenze verhalten sich wie 1:10 bis 1:70. Beim Einbau ist auf freie Auspuffmöglichkeit für die heißen Gase und auf die Möglichkeit der Überwachung und Auswechslung Rücksicht zu nehmen. eb.

DK 621.315.2 : 621.315.616

**Marine-Kunststoffkabel.** [Nach Ch. Breitenstein, Kunststoffe 30 (1940) S. 29; 6 S., 9 B.]

Der vorliegende Aufsatz stellt eine eingehende Beschreibung des vor einem anderen Forum in einer früheren Arbeit<sup>1)</sup> kurz gestreiften Teilgebietes dar und wendet sich in erster Linie an den Chemiker. Da diesem die speziellen Anforderungen, die an ein Schiffskabel zu stellen sind, kaum bekannt sein dürften, wird einleitend ein Überblick über die Entwicklung der Kabel an Bord, die zum Schiffsbleikabel geführt haben, gegeben. Es

werden auch Angaben über die Bordverhältnisse gemacht, u. a. daß z. B. das Kabelgewicht etwa 3% des Displacement beträgt, wie dies in ausführlicherer Form in der eingangs erwähnten Arbeit bereits gebracht wurde.

Sodann wird über die ersten bleilosen Kabel berichtet, die mit einem Mantel aus Thermoplasten umgeben waren, und über die nicht durchweg befriedigenden Erfahrungen, die man im Versuchsbetrieb mit dieser Kabeltype an Bord gemacht hat. Auch die aufgetretenen Rückschläge bleiben nicht unerwähnt.

Durch diese Erkenntnisse wurde die Marine, als ihr vulkanisierbare, also formbeständige Kunststoffmischungen geboten wurden, zwangsläufig auf diesen neuen Weg gewiesen. Dieser Schritt ist nicht bereut worden; im Gegenteil: das Marine-Kunststoffkabel verdrängt das Schiffsbleikabel mehr und mehr, und zwar nicht nur wegen seiner Zusammensetzung aus heimischen Rohstoffen, sondern auch wegen seiner technischen Vorteile. Das Ausland hat durch Anfragen bereits ebenfalls Interesse an diesem Kabel gezeigt; die deutsche Kriegsmarine hat diese Kabel unter gewissen Bedingungen für Auslandslieferungen freigegeben.

Die technischen Bedingungen, die heute von den Marine-Kunststoffkabeln erfüllt werden, sind in knapper aber ziemlich vollständiger Form in dem Aufsatz angeführt.

Auch über die Aderisolation auf einheimischer Basis, die zwar noch nicht wie die Mantelmischung den Abschluß ihrer Entwicklung gefunden hat, wird berichtet, ferner über zukünftige Entwicklungsaufgaben und in großen Umrissen auch über die heute sichtbaren Wege zu deren Erfüllung.

Der Aufsatz schließt mit einem kurzen Vergleich zwischen der Anwendung von synthetischem Kautschuk während des Weltkrieges und dem heutigen Einsatz zweckbestimmter Kunststoffe sowie mit dem Hinweis, daß der Erfolg auf dem Kabelgebiete nur möglich war durch die Zusammenarbeit zwischen Chemiker und Elektrotechniker. Vb.

DK 621.332 : 625.1

**Viersellige 110 kV-Bahnstromfernleitung in der Ostmark.** [Nach K. David, Org. Fortschr. Eisenbahnw. 94 (1939) S. 289; 7 S., 8 B.]

Die Stromversorgung der Fahrleitungsstrecke Salzburg—Attnang übernimmt eine im Jahre 1937 zum Bau in Angriff genommene 128 km lange viersellige 110 kV-Leitung.

Auf 128 km Leitungslänge kamen 689 Regelmaste zur Aufstellung; hiervon waren 371 Stahlgittermaste und 318 Stahlbetonmaste. Die Abspannmaste in Eisenbeton sind Hohl-maste, die Eisenbeton-Tragmaste haben  $\pi$ -förmigen Vollquerschnitt. Das Verhältnis der Tragmaste zu den Abspannmasten ist 3,6 : 1, die Durchschnittsspannweite 184 m. Den Berechnungsgrundlagen für die gesamten Leitungsanlagen einschließlich des Gestänges lagen die damals für die Ostmark allgemein gültigen Vorschriften des Elektrotechnischen Vereines in Wien zugrunde. Alle Maste sind auf Beton gegründet. Die Gesamtanordnung der Stahlgitter- und der Stahlbetonmaste ist die gleiche; die Maste haben Tannenbaumform. Die Aufhängung der unteren Leiterseile über dem Boden ist zwischen 9 und 18 m hoch. Die Abspannmaste sind in zwei Gruppen unterteilt, in solche mit Leitungswinkel zwischen 180° bis 150° und solche zwischen 150° bis 120°. Inhalt des Aufsatzes bildet weiter das verschiedenartige Aufstellen der Stahl- und Stahlbetonmaste, das Herstellen der Betongründungen (Hohl-fundamente für die Stahlbetonmaste), das Stricken, Schalen und Ausschalungen sowie alle übrigen Arbeitsvorgänge bei der Herstellung der Stahlbetonmaste. Die Stahlmaste erhielten durch den zweiten Deckanstrich eine olivgrüne Tönung, die Mehrzahl der Stahlbetonmaste wurde in Naturfarbe belassen. Ein Teil der Stahlbetonmaste und vereinzelt auch ihre Fundamentkappen wurden durch Beimischen von 3 kg Spezial-schwarz auf 1 m<sup>3</sup> Fertigbeton grau gefärbt. Es wurde der Nachweis erbracht, daß der Farbzusatz keine Beeinträchtigung der Betonfestigkeit zur Folge hat. Weiter folgen Angaben über den Aufbau der Leiterseile und des Erdseils, Baustoff- und Mcßwertangaben, desgleichen Angaben über die Spanntafeln. Einen

<sup>1)</sup> Ch. Breitenstein, Elektrische Anlagen auf Kriegsschiffen, ETZ 60 (1939) S. 799 u. 839. S. a. H. Berger, Neuere Erfahrungen mit kunststoffisolierten bzw. -ummantelten Leitungen und Kabeln, ETZ 61 (1940) H. 5, S. 97.

breiten Raum nimmt die Beschreibung der Masterdungen ein. Das Erdseil ist im allgemeinen ein feuerverzinktes Stahlseil, an einer abgasgefährdeten Stelle ein Bronzeseil. Die Masterdung ist je nach dem Gelände als Banderung (Dreistrahlenerder), Netzerdung und vereinzelt als Schienenerdung ausgeführt. Die Seilklemmen an den Tragketten sind Auslöseklemmen, die bei 45° Neigungswinkel gegen die Waagrechte (hervorgerufen durch Seilbruch) das Durchrutschen des Seiles ermöglichen. An Kreuzungsstellen mit Straßen und fremden Leitungen verhindern zusätzlich in den Kreuzungs-Nachbarfeldern angebrachte Anschlagklemmen das Durchrutschen und somit die unzulässige Annäherung an die überführte Leitung. Die Isolatoren sind Kappenisolatoren; die Kraftübertragung vom Klöppel auf den Porzellankörper besorgt ein Weichkupfering. Bemerkenswert ist, daß keine einzige Schwachstrom- oder Bahnkreuzung mit Doppelketten ausgerüstet wurde. *Sb.*

### Elektromaschinenbau

DK 621.313.362.001.1

**Verallgemeinerte Theorie des läufergespeisten Drehstrom-Nebenschlußmotors nach Schrage.** [Nach J.-J. Rudra, Rev. gén. Electr. 46 (1939) S. 49; 5½ S., 3 B.]

Der läufergespeiste Drehstrom-Nebenschlußmotor enthält zwei gegenläufig verschiebbare Bürstenträger, über die vom Stromwender die Regelspannung abgegriffen und den Ständerphasen zugeführt wird. Die Primärwicklung liegt im Läufer und ist an Schleifringe angeschlossen. In denselben Läufernuten befindet sich die an den Stromwender angeschlossene Regelwicklung. Die Sekundärwicklung ist die Ständerwicklung. Es wird der allgemeinste Fall behandelt, daß die Symmetrieachsen der Bürsten um einen gewissen Winkel aus den Achsen der zugehörigen Ständerphasen verschoben sind. Aus dem Strom- und Spannungsschaubild des Motors wird für den Sekundärstrom eine Kreisgleichung abgeleitet. Der Kreis für den Primärstrom läßt sich dann leicht finden, wenn der Magnetisierungsstrom als belastungsunabhängig betrachtet wird. Es werden Formeln für die Berechnung von Leistung, Leistungsfaktor, Wirkungsgrad und Drehmoment aus dem Kreisschaubild angegeben. Die Messung der Festwerte für die Berechnung der Wirkwiderstände, Streuwiderstände und Übersetzungsverhältnisse wird gezeigt. Als Bürstenübergangswiderstand kann der bei  $\frac{2}{3}$  des Vollaststromes vorhandene für die Rechnung benutzt werden. Im Bereich von  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{4}{3}$  Last sind dann befriedigende Ergebnisse zu erwarten. Für eine noch bessere Annäherung setzt man für den ermittelten Stromwert den zugehörigen Übergangswiderstand in die Rechnung ein und wiederholt die Berechnung des Stromwertes. Durch Anwendung des Verfahrens auf mehrere Kreispunkte läßt sich die vollständige Arbeitskurve des Motors finden.

[Anm. d. Ber.: Die Arbeit ist nicht frei von Fehlern und Widersprüchen.

Besonders sei bemerkt:

1. In der Einleitung wird gesagt, daß eine Verschiebung der Bürstenachse in Drehrichtung untersynchron Leistungsfaktorverbesserung, übersynchron Verschlechterung bewirke. Das ist unrichtig.
2. Die Bemerkung in der Einleitung, daß man bei gleich schneller Bewegung beider Bürstenträger gewöhnlich die Achsen von Bürsten und Ständerwicklung nicht gegeneinander verschiebt, ist anfechtbar.
3. In dem Strom- und Spannungsbild des Aufsatzes ist ein grundsätzlicher Fehler enthalten. Wenn die Bürstenachse so verschoben ist, daß die dem Stromwender entnommene Regelspannung der Schlupfspannung nicht genau entgegenwirkt, sondern aus dieser Richtung etwas in nach-eilendem Sinne verschoben ist, so ist in dem räumlichen AW-Bild der Stromwenderstrom um den gleichen kleinen Winkel in voreilendem Sinne gegen die Ständerstromachse anzutragen, und nicht wie dargestellt in nach-eilendem.] *Rdw.*

DK 621.314.212 : 621.3.017 : 518.3

**Nomogramme zur Vorausbestimmung der Erwärmung von Transformatoren.** [Nach R. Marceau, Rev. gén. Electr. 46 (1939) S. 21; 6 S., 5 B.]

Um die Erwärmung eines Transformators bei verschiedenen Belastungen zu bestimmen, werden Nomogramme entwickelt, mit deren Hilfe die Übertemperatur bestimmt werden soll, wenn lediglich die in den Listen der Hersteller enthaltenen Werte, nämlich Leerlaufverluste, Wirkungsgrad bei Vollast, Ölgewicht und Transformatorgewicht ohne Öl bekannt sind.

Die Formeln zur Berechnung der Übertemperatur werden als bekannt vorausgesetzt und nur zur Entwicklung der Nomogramme angeführt. Die Nomogramme sollen für selbstkühlende Transformatoren bis ungefähr 300 kVA benutzt werden. Das erste Nomogramm erlaubt die Bestimmung der Übertemperatur bei Dauerbetrieb mit einer Belastung zwischen 10 und 200% der Nennlast. Dabei ist eine Übertemperatur von 50° C bei Nennbetrieb vorausgesetzt. Ein weiteres Nomogramm dient zur Ermittlung der Zeitkonstante des Transformators, wenn das Ölgewicht, das Gewicht des Transformators ohne Öl und die Vollastverluste bekannt sind. Ein drittes Nomogramm ergibt die Übertemperatur des Öles bei kurzzeitiger Überlastung. An einigen Beispielen wird die Verwendung der Nomogramme erläutert, z. B. zur Bestimmung der zulässigen Belastung, wenn die Temperatur der Umgebung von 40° C abweicht. An weiteren Beispielen wird gezeigt, wie die Erwärmung bei kurzzeitigen Belastungen zu bestimmen ist, und zwar auch für den Fall, daß die Überlastung nicht vom kalten Zustand aus erfolgt. [Bei der Aufstellung des Nomogramms geht der Verfasser von der für selbstkühlende Transformatoren falschen Voraussetzung aus, daß die Übertemperatur proportional den Verlusten sei. Ferner fehlt die Bestimmung der Kupferübertemperatur, obwohl der Verfasser selbst darauf hinweist, daß für kurzzeitige hohe Überlastungen die Öltemperatur keinen sicheren Maßstab abgibt. Nomogramme, die diese Mängel nicht aufweisen, sind bereits von Dantscher<sup>1)</sup> veröffentlicht worden. D. Ber.] *Srn.*

### Geräte und Stromrichter

DK 537.311.33 : 621.314.632

**Zur Halbleitertheorie der Sperrschicht- und Spitzengleichrichter.** [Nach W. Schottky, Z. Phys. 113 (1939) S. 367; 48 S., 10 B.]

Es wird zunächst in rein gedanklicher und nur durch Bilder unterstützter Darstellung eine neue Theorie der Kristallgleichrichter gegeben, die sowohl die Erscheinungen an Sperrschichtgleichrichtern (Kupferoxydul- und Selengleichrichtern) wie auch an Spitzendetektoren umfassen soll. In der neuen Theorie spielt der an das Metall der Gleichrichterordnung angrenzende Halbleiter nicht mehr die Rolle der schlecht emittierenden Elektrode einer Diodenanordnung, in der beide Glühelktroden durch einen Potentialberg getrennt sind, sondern erscheint, wie das Vakuum in einer Glühelktrodenröhre, als Träger eines zwischen den beiden Metallektroden in ungleicher Dichte vorhandenen Elektronen-(oder Defektelektronen-)Gases, das allerdings anderen Strömungsgesetzen gehorcht als im Vakuum. Bei größeren Schichtdicken ist auch diese Vakuumanalogie nicht ausreichend; wegen der in ihm vorhandenen thermisch dissoziierbaren Störstellen verhält sich vielmehr der Halbleiter ähnlich wie ein mit Natriumdampf von Glüheltemperatur erfüllter Raum zwischen zwei thermisch emittierenden Elektroden. Besondere Übergangswiderstände an der Grenze Metall-Halbleiter entstehen, wenn die thermische Randdichte der Elektronen kleiner ist als die durch den Störstellengehalt bedingte Elektronendichte des neutralen Halbleiterinnern. Es bildet sich dann eine Raumladungsrand-schicht aus, die sich bei einer in den Halbleiter hinein gerichteten Elektronenbewegung ausdehnt und dadurch ihren Widerstand vergrößert, während sie sich in umgekehrter Stromrichtung bis auf Null zusammenzieht. Entsprechendes gilt für Defekthalbleiter mit positiven Ladungsträgern; die Sperrichtung ist immer diejenige, bei der die Ladungsträger in den Halbleiter hinein fließen. Diese Deutung der Gleichrichterwirkung, die schon bei völlig gleichmäßiger Störstellenverteilung zu Übergangswiderständen und unipolarer Leitfähigkeit führt, wird noch durch die Betrachtung des zusätzlichen Einflusses einer ungleichmäßigen Störstellenverteilung erweitert. Besonders wird eine Störstellenverarmung des Halbleiters an der Metallgrenze („chemische Sperrschicht“) betrachtet; allgemein wird darauf hingewiesen, daß jede durch besondere Störstellenverteilung oder durch Randwirkungen hervorgerufene Ausbildung einer Raumladungszone innerhalb des Halbleiters als Ursache nichtlinearer und unipolarer Leitungsvorgänge in schwachen Feldern wirksam ist. Die Mitwirkung von Störstellen ist jedoch im Rahmen der neuen Theorie unerlässlich; Halbleiter mit Eigenableitung vermögen keine besonderen unipolaren Übergangswiderstände an der Metallgrenze zu bilden. Nachdem dann die Voraussetzungen dieser Raumladungstheorie noch einmal zusammengestellt sind, wird versucht, eine erste Übersicht über ihre Bedeutung für die

<sup>1)</sup> Dantscher, Siemens-Z. 14 (1934) S. 136.

vorliegenden Beobachtungen zu geben. In allen Fällen scheinen die sich aus der Raumladungstheorie ergebenden Schichtdicken (je nach der Leitfähigkeit des Störstellenhalbleiters etwa  $10^{-6}$  bis  $10^{-3}$  cm) den tatsächlichen Abmessungen der anomal leitenden Gebiete an der Grenze Metall-Halbleiter zu entsprechen. Für Flächengleichrichter kann das aus Kapazitätsmessungen, für Spitzendetektoren durch eine Analyse der noch als „Spitzen“ wirksamen Berührungsf lächen nachgewiesen werden, wobei von der Annahme einer besonderen Sperrschicht an der Berührungsstelle Spitze-Halbleiter im allgemeinen kein Gebrauch gemacht wird. Unter ähnlichen Gesichtspunkten werden „künstliche Sperrschichten“ behandelt, ferner die Vorgänge beim Gegenpressen von Folien, bei der losen Berührung verschiedener Halbleiter untereinander und beim Auftreten von Störzonen im Innern massiver Halbleiter. Der Schlußabschnitt gibt einen Überblick über die Vorgeschichte der Theorie und ihre Stellung im Rahmen der sonstigen heute vorhandenen Erklärungsversuche S<sub>b</sub>.

**Meßgeräte und Meßverfahren**

DK 621.317.785

**Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter.**

Nr. 531. Motor-Wattstundenzähler für Gleichstrom.  
Amtsblatt 15. Reihe Nr. 7

Auf Grund des § 10 des Gesetzes betreffend die elektrischen Maßeinheiten vom 1. Juni 1898 (Reichsgesetzbl. S. 905) ist die folgende Elektrizitätszählerform zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihr das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System 207, die Form G 11, Motor-Wattstundenzähler für Gleichstrom, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken A.-G. in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, 27. April 1940.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt  
In Vertretung:  
Möller

DK 621.317.32

**Elektrostatische Spannungsmessrichtung.** [Nach J. Müller-Strobel, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 475; 2 S., 1 B.]

In einer früheren Untersuchung<sup>1)</sup> wurden die Grundgleichungen für elektrostatische Spannungsmess- und Synchronisiereneinrichtungen abgeleitet und graphisch dargestellt. Der behandelte Spannungsteiler bestand aus zwei Teilkapazitäten  $C_1$  und  $C_2$ . Für sehr hohe Spannungen und bei Verwendung von Kopplungskondensatoren als Spannungsteiler ist eine vereinfachende Einschränkung möglich, die aber mit anderweitigen Nachteilen verbunden ist. Die serien geschaltete Teilkapazität  $C_2$  kann durch die Primärwicklung des Meßwandlers ersetzt werden. Für den Fall sind die Grundgleichungen abgeleitet. Die Frequenz  $\nu$ , bei der Stromresonanz eintritt, wird

$$\nu(I_4, \max) = \frac{1}{\sqrt{C_1(L_T + L_i) - 1/2(\nu_T + \nu_i)^2}} \quad (1)$$

Im Falle von zwei Teilkapazitäten  $C_1$  und  $C_2$  lautet  $\nu(I_4, \max)$  ähnlich. An Stelle von  $C_1$  tritt die Summe  $C_1 + C_2$ . Der wesentliche Unterschied der beiden Schaltungen liegt darin, daß das Strommaximum nach Gl. (1) bei gleichen Transformatordaten gegen größere Frequenzfaktoren hin verschoben wird. Resonanz tritt erst bei höheren Harmonischen auf, was die Güte der Messung infolge der Verzerrung in der Übertragung im nachteiligen Sinne beeinflußt. Man wünscht Resonanz bei der Grundwelle. Wollte man das Maximum von  $I_4(\max)$  so weit gegen ein größeres  $\nu$  verschieben, daß trotz dem Vorhandensein von Harmonischen im Netz keine Resonanz im Meßkreis zustande kommen könnte, würde die Energieübertragung der Grundwelle sehr ungünstig. Die Verwendung von zwei Teilkapazitäten  $C_1, C_2$  ist vorteilhafter. S. B.

<sup>1)</sup> J. Müller-Strobel, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 686; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 162; ETZ 60 (1939) S. 492.

**Lichttechnik**

DK 535.245

**Schnelle Ermittlung mittlerer Beleuchtungsstärken für Freibleuchtungen.** [Nach E. Meyer, Licht u. Lampe 28 (1939) S. 585; 3 S., 3 B.]

Högner und Thomälen gaben vor rd. 30 Jahren ein Verfahren zur Bestimmung der mittleren Beleuchtungsstärken an, die eine als punktförmig zu behandelnde Lichtquelle mit beliebiger Lichtverteilung auf einer Beleuchtungsfläche hervorruft. Dabei wurde der Raumwinkel der Fläche vom Lichtpunkt aus bestimmt. Da die Anwendung dieses Verfahrens etwas umständlich ist, gibt Meyer eine Tafel an, aus der die Werte der Raumwinkel von Rechtecken unmittelbar zu entnehmen sind, wenn man nur deren auf die Lichtpunkthöhe bezogenen relativen Eckpunktkoordinaten kennt, deren Nullpunkt der Lichtquellenfußpunkt ist. Die Anwendung des Verfahrens ist nicht abhängig von der Lage der Fläche zum Lichtpunkt. Bei einem ganz beliebig geformten, rechteckig begrenzten Flächenstück braucht man nur die Raumwinkelwerte für alle Rechtecke zu bestimmen, die durch die Eckpunkte festliegen, und sie in natürlicher Folge abwechselnd zu addieren und zu subtrahieren. Diese die Raumwinkelbestimmung vereinfachende Tafel wird ergänzt durch eine zweite, aus der zu allen Eckpunkten der Fläche die Winkel der Richtungen zu entnehmen sind, in denen das Licht vom Lichtpunkt zum Eckpunkt geht. Zu allen diesen Winkeln wird mit Hilfe der Lichtverteilung die Lichtstärke entnommen. Daraus bildet man den Mittelwert. Diesen erweitert man mit dem Raumwinkel und erhält den der Fläche zugehenden Lichtstrom und damit die mittlere Beleuchtungsstärke. In der Arbeit wird gezeigt, daß die Mittelwerte gut mit denen übereinstimmen, die durch genaue aber zeitraubendere Berechnung gewinnbar sind; die Ungenauigkeit wächst mit der Größe der Fläche und der Ungleichförmigkeit der Lichtverteilung. Vb.

**Fernmeldetechnik**

DK 621.396.621.59

**Ein Empfänger für frequenzmodulierte Schwingungen.** [Nach J. R. Day, Electronics 12 (1939) S. 32; 4 S., 5 B.]

In der Arbeit wird ein Überlagerungsempfänger für einen Träger von etwa 7 m Wellenlänge mit frequenzbezogener Phasenwinkelmodellung beschrieben. Seine Grundschaltung zeigt Bild 2. Die aufgenommene hochfrequente Schwingung

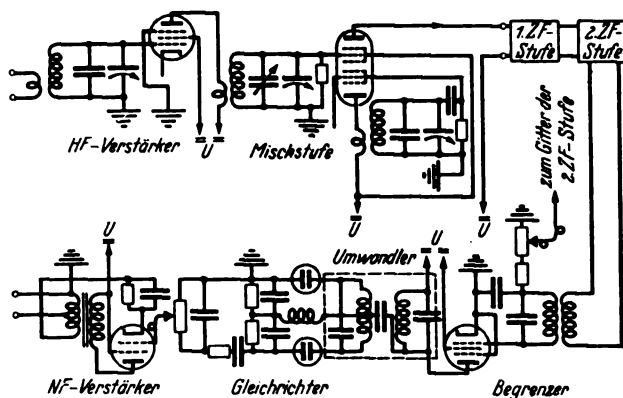


Bild 2. Empfänger für frequenzmodulierte Schwingungen.

wird nach einmaliger Verstärkung einer Mischstufe zugeführt. Die hier entstehende Zwischenfrequenz von  $1,7 \cdot 10^6$  Hz gelangt nach zweimaliger Verstärkung über einen Begrenzer und einen Umwandlerkreis zu einer Doppelweggleichrichter-Anordnung; ein einstufiger Niederfrequenzverstärker beschließt die Anordnung. Der Eingangskreis des Hochfrequenzverstärkers und der Mischstufe sowie der Hilfsschwingkreis konnten im Gleichlauf abgestimmt werden; die Resonanzscharfe der beiden Kreise wurde so weit verkleinert, daß innerhalb eines Frequenzbereiches von  $\pm 0,1 \cdot 10^6$  Hz keine Amplituden- und Phasenverzerrungen auftraten. Besondere Sorgfalt mußte auf die Siebung der Anodenspannung des Oszillators verwandt werden, um die hier nötige Frequenzfestigkeit zu erreichen; zur weiteren Verhinderung des Zustandekommens einer stets schädlich sich auswirkenden Frequenzmodellung des Oszillators waren sowohl

die Röhre wie der Schwingkreis erschütterungsfrei aufgehängt; in manchen Fällen war noch eine hochfrequenzmäßige Verdrosselung und Überbrückung der Heizleitungen angebracht, wozu Drosseln von  $5 \mu\text{H}$  Selbstinduktivität und Kondensatoren von  $1 \text{ pF}$  Kapazität benutzt wurden. Eingangs- und Mischstufe ergaben eine 240fache Verstärkung. Jede der Zwischenfrequenzstufen hatte eine Verstärkungsziffer von 70; die große Bandbreite der Zwischenfrequenzfilter, die bei senderseitiger Frequenzmodulation nach den von E. H. Armstrong<sup>1)</sup> angegebenen Richtlinien etwa  $\pm 0,1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$  betragen mußte, wurde durch ohmsche Bedämpfung der Bandfilterkreise hergestellt. Die Wirkungsweise des Begrenzers beruht auf dem Verfahren der selbsttätigen Regelung der ersten Zwischenfrequenzstufe durch Zuführung eines regelbaren Teiles der negativen Spannung, die ein Gitterstrom in der Begrenzeröhre in einem Widerstand zwischen dem Ende des Gitterkreises und Erde hervorruft. Ein Gitterstrom und damit eine Begrenzung setzt im mitgeteilten Fall bei einer zwischenfrequenten Eingangsspitzenspannung von  $3 \text{ V}$  ein, was bei der vorhandenen  $1,1 \cdot 10^6$ fachen Verstärkung eine Eingangsspannung von mindestens  $3 \mu\text{V}$  voraussetzt. An der Anode der Begrenzeröhre liegt der Umwandlerkreis, dessen Kennlinie im Frequenzbereich von  $\pm 0,1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$  geradlinig verläuft, so daß eine wirklichkeitstreue Umwandlung der Frequenzmodulation in eine Amplitudenmodulation stattfindet; er arbeitet nach dem Verfahren der selbsttätigen Scharfabstimmung<sup>2)</sup>. Die Belastungswiderstände der beiden in der gezeigten Weise im Gegentakt arbeitenden Zweipolgleichrichterröhren müssen im Frequenzbereich von  $\pm 0,1 \cdot 10^6 \text{ Hz}$  um die Zwischenfrequenz frequenzunabhängig sein. Setzt die Begrenzung bei einer zwischenfrequenten Spannung von  $3 \text{ V}$  ein und ist am Eingang eine hochfrequente Spannung von  $3 \mu\text{V}$  vorhanden, so tritt bei einer frequenzmäßigen Aussteuerung des Senders bis zu  $\pm 75 \cdot 10^3 \text{ Hz}$  am Gleichrichterausgang eine Spannung von 20 bis 80 V auf, die zur Aussteuerung einer Verstärkeröhre mit einer Sprechleistungsabgabe von mehreren Watt ausreicht. E. C. M.

DK 621.396.678 : 538.566

**Trichter als Sender und Empfänger elektromagnetischer Wellen.** [Nach L. J. Chu u. W. L. Barrow, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 333;  $5\frac{1}{2}$  S., 12 B.]

Veröffentlichungen<sup>3)</sup> der letzten Jahre haben gezeigt, daß Trichter geeigneter Abmessungen mit Vorteil für Sendung und Empfang höchstfrequenter elektromagnetischer Schwingungen herangezogen werden können, wobei sich u. a. eine ausgezeichnete Richtwirkung ergibt. Die vorliegende Arbeit bringt nach kurzer Betrachtung der wesentlichen Eigenschaften derartiger Trichter zahlenmäßige Angaben über die Beziehungen zwischen den Abmessungen der Trichter und den erhaltenen Strahlungseigenschaften. Die Trichter können z. B. aus Sperrholz mit Kupferfolienauskleidung bestehen. Die dielektrischen Verluste sind infolge Fehlens von Isolatoren im Feld sehr niedrig. Der Trichtermund kann zum Schutz gegen Witterungseinflüsse mit einem dielektrischen Stoff, z. B. Seide, bedeckt werden. Die Trichter schwingen von einem als „Hals“ bezeichneten engen Ende zum als „Mund“ bezeichneten weiten Ende. Bei Verwendung als Strahler pflanzen sich die am Hals zugeführten Schwingungen im Innern des Trichters als Trichterwellen fort, während sich die vom Mund abgestrahlte Energie wie jede gewöhnliche Welle frei im Raum fortpflanzt. Am Empfängertrichter tritt der umgekehrte Vorgang auf, wobei der Trichter die gleiche Kennlinie aufweist wie bei seiner Verwendung als Sender. Trotz der Vielzahl der möglichen Begrenzungen verdient die Form den Vorzug, die senkrecht zur zentralen Trichterachse einen rechtwinkligen Querschnitt aufweist, weil dann eine linear polarisierte Welle erzeugt werden kann. In den meisten Fällen werden entweder sektorförmige (Bild 3) oder pyramidenförmige Trichter benutzt; die Angaben des Aufsatzes beziehen sich unmittelbar auf sektorförmige und mittelbar auf pyramidenförmige Trichter. Bei Wellenlängen bis zu etwa 20 cm empfiehlt sich eine Erregung durch einen vor dem Hals angeordneten Strahler, während für längere Wellen der Strahler, z. B. auch eine Elektronenröhre, zweckmäßig unmittelbar im Hals angeordnet wird. Die Abbildung zeigt die bei Berechnungen sämtlich in der gleichen Längeneinheit einzusetzenden Dimensionen, Öffnungswinkel  $\Phi_0$ , waagerechte Öffnung  $b/\lambda$ , senkrechte Öffnung  $a/\lambda$ , radiale Länge  $q_1/\lambda$  und die weggeschnittene Länge  $q_0/\lambda$  eines sektorförmigen Trichters.

1) Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 24 (1936) S. 689.

2) Proc. Inst. Radio Engrs., N. Y. 26 (1938) S. 590.

3) z. B. G. C. Southworth, Bell Syst. techn. J. 15 (1930) S. 284; ETZ 57 (1936) S. 946.

Allgemein ergeben sich zwei verschiedene Wellengruppen, nämlich E-Wellen mit fehlender radialer magnetischer Komponente und H-Wellen mit fehlender elektrischer Komponente. Vorzugsweise finden die Wellen  $H_{0,1}$  und  $H_{1,0}$  Anwendung, da dann das im Trichter gegebene Feld von einer Gestalt ist, die die Erzeugung einfacher Strahlungen von linearer Polarisation gewährleistet. Die Welle  $H_{0,1}$  kann z. B. durch einen parallel zur  $y$ -Achse im Hals angeordneten stromführenden

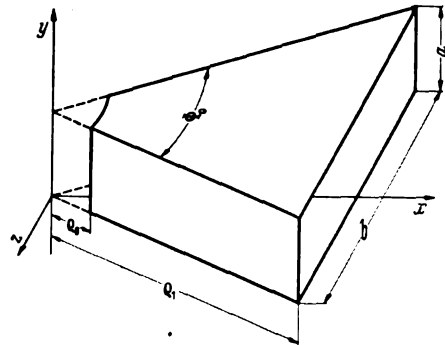


Bild 3. Form eines sektorförmigen Trichters.

Draht erregt werden. Die Unterdrückung der Wellen höherer Ordnung erfordert eine entsprechende Bemessung der einzelnen Trichterabmessungen, die darüber hinaus auch für die Größe des erhaltenen Strahlungswinkels und die in der Richtung des Strahles erhaltene Verstärkung maßgebend sind. Unter der Verstärkung ist der mit dem Trichter gegenüber einem frei strahlenden Dipol erreichbare Energiegewinn zu verstehen. Nug.

## Theoretische Elektrotechnik

DK 621.315.62.001.4 : 537.29

**Über das Verhalten von porös und dicht gebrannten Porzellanisolatoren in hochfrequenten Wechselfeldern.** [Nach W. Endres, Hesch-Mitt. 80 (1939) S. 2561 u. Diss. math. nat. Jena (1939) 47 S., 18 B.]

Es wird ein neues Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Porzellanisolatoren auf Porosität beschrieben. An einen Kurz- bzw. Ultrakurzwellengenerator großer Leistung ( $\lambda = 10,7$  und  $3,83 \text{ m}$ ,  $f = 2,82 \cdot 10^7 \text{ Hz}$  und  $7,83 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ ) wird ein Schwingungskreis angekopelt, der auf die jeweils benutzte Frequenz abgestimmt wird. Die Schwingungskreis-kapazität besteht aus einem Plattenkondensator, in dessen Feld der zu untersuchende Porzellanisolator so hineingestellt wird, daß zwischen Kondensatorplatten und Isolator ein Luftzwischenraum von wenigen mm Dicke besteht. Die vom Dielektrikum (Porzellankörper) aufgenommene Verlustleistung hat dessen Erwärmung zur Folge, die sich nach der Gleichung  $N = U^2 \omega C \text{tg } \delta$  berechnen läßt. Aus der verschiedenen großen, mit Thermoelementen gemessenen Erwärmung von Porzellankörpern gleicher Größe kann man bei konstanter Meßzeit auf deren Porosität schließen. An mikroskopischen Aufnahmen werden die zwischen dicht und porös gebranntem Porzellan bestehenden Strukturunterschiede beschrieben, an die eine theoretische Betrachtung angeknüpft wird. Die im porösen Porzellan eingeschlossene Luft- und Brenngasmenge verkleinert unter Voraussetzung vollständiger Trockenheit der Probe die Werte  $\epsilon$  und  $\text{tg } \delta$  und damit seine Verlustleistung (Erwärmung) gegenüber einem dicht gebrannten Porzellan-körper, dagegen ergibt die Aufnahme kleinster Mengen von Leitungswasser ein wesentlich größeres  $\epsilon$  und  $\text{tg } \delta$  und daher auch eine größere Erwärmung. Es zeigt sich ferner in einer Überschlagsrechnung, daß zur Erzielung vergleichbarer Meßergebnisse nicht die gleiche im Meßkreis fließende Stromstärke, sondern die an den Kondensatorelektroden liegende HF-Spannung maßgebend ist. Sie betrug rd. 2,00 bis 4,00  $\text{kV}_{\text{eff}}$  und wurde mit einem kapazitätsarmen Elektrometer bestimmt (s. Bild 4). Alle grundsätzlichen Untersuchungen wurden an dichten und porösen Scheiben gleicher Größe ausgeführt. Es ergab sich, daß sich ein poröser, trockener Porzellankörper weniger erwärmt als ein dicht gebrannter, ferner, daß eine Wasserlagerung von wenigen Minuten Dauer den Unterschied zwischen den beiden Proben stark vergrößert. Der Luftzwischenraum zwischen Elektroden und Körper beträgt zweckmäßiger-

weise  $2 \times 1$  mm. Hierdurch wird das Schwierige und oft störende Aufbringen von Elektroden auf die Prüflingoberfläche umgangen. Durch Messung der Temperaturverteilung auf der Mantelfläche zylindrisch geschliffener Porzellanscheiben ist es möglich, die Porosität zu lokalisieren und damit Aussagen über Fehler im Fabrikationsgang zu machen. Der Energieverlust im Dielektrikum hängt vom Quadrat der Spannung an den Kondensatorplatten ab. In Vergleichsmessungen wird die Überlegenheit dieser Prüfung gegenüber der Spannungserwärmungsprobe nach

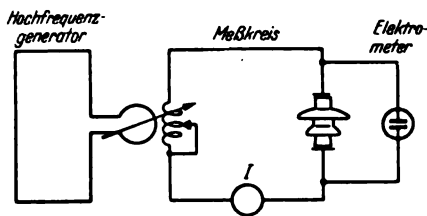


Bild 4. Versuchsanordnung zum Prüfen von Porzellanisolatoren.

VDE 0446/1929 mit 50 Hz gezeigt. Das Prüfverfahren wurde an einer Reihe von Vollkorn-(Motor-)Isolatoren der Type VK 2 praktisch erprobt. Die zum Auffinden eines porösen VK 2-Isolators aus einer gewöhnlichen Lieferserie benutzten Meßwerte betragen: Wasserlagerungszeit 8 h, unter Benutzung besonderer Maßnahmen 4 h, Belastungszeit mit HF 5 min,  $\lambda = 3,83$  m und  $U_{\text{eff}}$  am Kondensator 2350 V. Schließlich wird noch in einer Tabelle der Einfluß der Frequenz auf die auftretende Erwärmung zusammengestellt. S<sub>b</sub>.

#### DK 621.317.728

**Zündspannungsänderungen bei technischen Funkenstrecken.** [Nach W. Fucks u. H. Bongartz, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 205; 5 S., 7 B.]

Während die Untersuchung der Zündspannungssenkung einer Funkenstrecke durch Bestrahlung insbesondere bei geringen Drucken die Verwendung ausgeheizter, abgezogener Röhren erforderlich macht, führen bei Atmosphärendruck unter geeigneten Vorkehrungen auch Messungen in freier Luft zu guten Ergebnissen. Es wurde in der vorliegenden Arbeit die Zündspannungssenkung im homogenen Feld bei Luft von Atmosphärendruck in Abhängigkeit von einer direkt gemessenen Fremdstromdichte ermittelt, während die bisher in Luft von Atmosphärendruck gemessenen Zündspannungssenkungen über einem Maßstab mit willkürlich gewählten Einheiten aufgetragen waren. Die Messungen wurden bei Zündspannungen von 20, 50 und 70 kV durchgeführt. Sie gaben zunächst eine ausgezeichnete Bestätigung des von Rogowski und Fucks gegebenen Wurzelgesetzes.

In seiner Herleitung lag diesem Gesetz zunächst die Vorstellung zugrunde, daß durch die Raumladung des dunklen Vorstroms eine Feldverzerrung verursacht wird, durch die eine Erhöhung der Zahl der durch Ionenstoß an der Kathode erzeugten Elektronen eintritt, so daß also die Bestrahlung die Zündung begünstigt. Die Herleitung des Gesetzes auf Grund dieser Vorstellung führt zu einer bestimmten Konstanten  $K$  in dem Wurzelgesetz  $\frac{\Delta U}{U} = K \sqrt{i_f}$  ( $\Delta U$  die Zündspannungssenkung,  $U$  die Zündspannung,  $i_f$  die Fremdstromdichte), die nach den vorliegenden Messungen größenordnungsmäßig richtig herauskommt. Die Frage, inwieweit die genannte Ursache für die Erzeugung von Rückwirkungselektronen wirklich maßgeblich ist, bedarf jedoch noch weiterer Klärung.

Eine Untersuchung darüber, wie sich eine Querschnittsbegrenzung der bestrahlten Kathodenfläche auf die Zündung auswirkt, lag bisher nicht vor. Sie wurde in der vorliegenden Arbeit durchgeführt zur Beantwortung der Frage, bis zu welchem Querschnitt der Raum einer Funkenstrecke für das Zustandekommen der Zündung beim homogenen Problem in Anspruch genommen wird. Unter Zugrundelegung der bisher entwickelten Vorstellungen vom Querschnitt des Funkenkanals kann gesagt werden, daß der in Frage kommende Bestrahlungsquerschnitt zwar größenordnungsmäßig mit dem Funkenkanal übereinstimmt, genauer gesehen aber den Funkenkanalquerschnitt um ein Vielfaches übertrifft. eb.

#### DK 537-533-73

**Elektronenbeugung unter Einwirkung geringer Spannungen.** [J.-J. Trillat, C. R. Acad. Sci., Paris 209 (1939) H. 4, 4 S., 2 B.]

Bei Spannungen von 10 bis 60 kV kann man Elektronenbeugung ohne Schwierigkeiten erhalten. Bei Anwendung niedriger Spannungen jedoch ergeben sich beträchtliche Schwierigkeiten, die hauptsächlich in der Erzielung eines genügend hohen Vakuums (zur Vermeidung der Stoßionisation) und der zu geringen Empfindlichkeit der verschiedenen Photoschichten gegenüber langsamen Elektronen bestehen.

Darbyshire<sup>1)</sup> hat Aufzeichnungen erhalten, die bis 4 kV sichtbar, bis 2 kV bemerkbar waren. Unabhängig davon hat der Verfasser zufriedenstellende Ergebnisse erzielen können. Bei einigen 10 mA hat er sehr starke und sehr gut sichtbare Elektronenaufzeichnungen bis 3 kV erhalten können, die im Dunkeln für noch tiefere Spannungen beobachtet werden konnten. Die Schwierigkeit besteht in der photographischen Aufnahme, nicht nur weil die Schicht für langsame Elektronen zu wenig empfindlich ist, sondern die Platten werden auch fast stets durch Röntgenstrahlen großer Wellenlänge verschleiert. Die Aufnahmen, die beigegeben sind, sind bei einer Belichtungszeit von einhalb bis mehrere Minuten gemacht worden, wobei sich der Apparat im Versuchsgerät befand, und der Fluoreszenzschirm photographiert wurde.

Bei Kenntnis des photographischen Verkleinerungsfaktors läßt sich leicht das Gitter, die Wellenlänge oder die Beschleunigungsspannung bestimmen, wenn die anderen Faktoren bekannt sind. Praktische Bedeutung haben die langsamen Elektronen bei Untersuchungen von Oberflächenerscheinungen wie Adsorption, Katalyse, Korrosion und Oxydation. Mdt.

#### Physik

#### DK 537-591

**Über die 12 h-Periode der Mesotronenintensität.** [Nach E. Rau, Z. Phys. 114 (1939) S. 265; 32 S., 15 B.]

In einer Tiefe von 40 m unter der Wasseroberfläche wurde im Überlinger See die Intensität der kosmischen Ultrastrahlung während eines Jahres in zwei Ionisationskammern registriert. Der Vorteil dieser Wasserversenkungen besteht in der Unabhängigkeit vom Barometereffekt, d. h. von der unterschiedlichen Absorption der Strahlung durch den Luftmantel, und vom Temperatureffekt. Dadurch werden die bei Messungen in Seehöhe notwendigen Korrekturen hinfällig, die die periodischen Effekte, sonnenzeitliche und sternzeitliche Periode, in ihrer Größe bei weitem überdecken. Zudem hat man es in 40 m Wassertiefe, also bei 50 m Wasseräquivalent vom Gipfel der Atmosphäre an gerechnet, nur mit der harten Komponente der Ultrastrahlung, also nach heutiger Auffassung nur mit der Mesotronenstrahlung zu tun. Dadurch entfällt die schwierige Analyse der einzelnen Komponenten mit ihren unterschiedlichen Schwankungen.

Wegen der Kleinheit der beobachteten Schwankungen im Verhältnis zu den statistischen Schwankungen kann im Tagesverlauf der Intensitätsangaben der Ionisationskammern auch untereinander von einer Übereinstimmung noch nicht die Rede sein. Auch in den Monatsmitteln der Intensität, die für jede einzelne Stunde errechnet wurden, ist ein einheitlicher Gang der Intensität noch nicht deutlich erkennbar. Erst die Vierteljahresmittel, besser noch die Halbjahres- und Jahresmittel zeigen einen ausgeprägten periodischen sonnenzeitlichen Gang der Intensität. Und zwar wird eine tägliche Doppelwelle mit den Intensitätsmaxima um nahe bei  $10^{20}$  und  $22^{20}$  MEZ gefunden. Die Amplitude dieser Doppelwelle beträgt etwa 0,15% der gemessenen Ultrastrahlungsintensität. Die harmonische Analyse der gewonnenen Beobachtungunterlagen zeigte weiter eine sternzeitliche Tagesperiode. Das Maximum der Welle, deren Amplitude zu etwa 0,07% der gemessenen Intensität gefunden wird, liegt bei  $20^{10}$  Sternzeit. Die Überlagerung der durch harmonische Analyse gefundenen tages- und sternzeitlichen Wellen geben sehr gut den experimentellen Befund wieder: während des 1. Halbjahres ist das erste Maximum, während des 2. Halbjahres das zweite Maximum höher.

Soweit diese Messungen mit denen anderer Autoren vergleichbar sind, stimmen sie mit diesen recht gut überein. Auch bei früheren Messungen, insbesondere von Barnóthy und Forró, wird im Gegensatz zur 24 h-Periode der weichen Ultrastrahlungskomponente eine 12 h-Periode, also eine tägliche Doppelwelle der harten Ultrastrahlungskomponente, also wohl der Mesotronenstrahlung gefunden.

1) Darbyshire, Nature, Lond. 142 (1938) S. 214.



Die tägliche Doppelwelle der kosmischen Ultrastrahlung kann in Zusammenhang mit der täglichen Doppelwelle im Luftdruck gebracht werden. Bekannt ist der doppelwellige Barometergang in den Tropen. In den außertropischen Teilen der Erde überlagert sich dieser Gang dem normalen Gang des Luftdruckes. Da die Gravitationskräfte zu einer Erklärung nicht ausreichen, nimmt man planetarische Eigenschwingungen der Erdatmosphäre an, die durch den täglichen Temperaturgang angeregt werden. Der täglichen Periode selbst entspricht keine Eigenschwingung der Erdatmosphäre, so daß hierdurch nur lokale Druckwellen erzeugt werden. Während die Druckdoppelwelle am Boden etwa  $\pm 0,3$  Torr beträgt, hat man in großer Höhe hundertfach und mehr durch Resonanz verstärkte Luftdruckschwankungen durch Kurzwellenechos, bei Nordlichterscheinungen u. a. feststellen können. Die tägliche Vertikal-Doppelwelle der Atmosphäre schwingt von unten und oben gegen die in etwa 30 km Höhe liegende Knotenebene; die Schwingungen der Erdatmosphäre unterhalb und oberhalb der Knotenebene schwingen also mit entgegengesetzter Phase.

Fallen nun die Primärteilchen der kosmischen Ultrastrahlung in den Luftmantel der Erde ein, so bilden sie nach Durchsetzen einer bestimmten Luftschicht Mesotronen. Bei der Vertikalschwingung der Isobarenflächen wird der Entstehungsort der Mesotronen über der Erdoberfläche im Mittel ebenfalls als Doppelwelle schwingen, und die Mesotronen haben somit durch die Luft und den Absorber mehr oder weniger Gelegenheit, auf ihrem Wege zu zerfallen oder absorbiert zu werden. Aus der Phase der Intensitätsschwankung muß geschlossen werden, daß die energiereichen Mesotronen, die noch unter 50 m Wasseräquivalent gemessen werden, oberhalb der Knotenebene der Schwingung der Erdatmosphäre, also in Höhen oberhalb 30 km gebildet werden. J. Js.

DK 534.143

**Ultraschallgeneratoren.** [Nach A. Ciaccia, Veröff. Nr. 143 des Istituto El. e delle Comm. della Marina, Livorno, Sept. 1938; 17 S., 14 B.]

Der Verfasser behandelt in der vorliegenden Abhandlung die Ausbreitung von Ultraschallwellen und untersucht in diesem Zusammenhang besonders die sich aus diesen Gesetzmäßigkeiten ergebenden Möglichkeiten der Erzeugung gerichteter Ultraschallstrahlen. Nachdem kurz die verschiedenen bisher verwendeten Ultraschallgeneratoren besprochen sind, werden neue Vorrichtungen zur Erzeugung von sehr intensiven gerichteten Ultraschallstrahlen angegeben, wobei im besonderen eine eingehende Beschreibung eines nach dem Magnetostruktionsverfahren arbeitenden Generators folgt und die Leistungsfähigkeit dieses Gerätes mit der eines nach dem piezoelektrischen Verfahren arbeitenden Generators verglichen wird. Für einige geeignete Werkstoffe werden die in Betracht kommenden magnetostruktiven Werte angegeben. Abschließend wird eine Echoloteinrichtung mit magnetostruktivem Ultraschallgenerator beschrieben. Bmk.

DK 534.143

**Nutzanwendungen des Ultraschalls.** [Nach G. Oggioni, Veröff. Nr. 144 des Istituto El. e delle Comm. della Marina, Livorno Sept. 1938; 17 S., 8 B.]

Nach einer einleitenden zusammenfassenden Darstellung der physikalischen Eigenschaften des Ultraschalls werden die verschiedenen praktischen Anwendungen, die der Ultraschall in der Optik, in der Metallurgie, in der Chemie und vor allem in der Schifffahrt in den letzten Jahren gefunden hat, behandelt. In der Schifffahrt wird der Ultraschall neuerdings mit Erfolg an Stelle normaler Schallsignale bei der Echolotung verwendet. Die Überlegenheit des Ultraschalls gegenüber normalen Schallwellen zeigte sich besonders, seitdem es durch Verwendung verbesserter piezoelektrischer und magnetostruktiver Verfahren möglich ist, Ultraschallintensitäten bis zu  $10 \text{ W/cm}^2$  technisch herzustellen. Zum Vergleich sei hier bemerkt, daß die Schallintensität eines Kanonenschusses, von der Größenordnung  $10^{-3} \text{ W/cm}^2$  ist. Die bei den Echolotungen benutzte Ultraschallfrequenz beträgt etwa 29 000 bis 37 000 Hz. Mittels einer neuzeitlichen Anlage können Wassertiefen von weniger als 1 m bis zu mehr als 4000 m mit einer Genauigkeit von etwa 1% gemessen werden. Ähnliche Ultraschallgeneratoren wie bei der Echolotung werden auch zur Erzeugung von Unterwasser-Schallsignalen, insbesondere zur Verständigung von Unterseebooten untereinander und mit Schiffen an der Wasseroberfläche benutzt. Je nach der Anordnung der Ultraschallsender können dabei nach einer bestimmten Richtung gebündelte oder

gleichmäßig nach allen Seiten sich ausbreitende Ultraschallwellen ausgestrahlt werden. Bei Schiffen an der Wasseroberfläche konnte nach den neuesten Versuchen eine Verständigung bis auf eine Entfernung von 15 km durchgeführt werden. Eine interessante Kombination von Unterwasser-Ultraschallsignalen und telegraphischen Zeichen zum Zwecke der Schiffsnavigation im Nebel wurde an der Hafeneinfahrt von Calais erprobt. Der Unterwasser-Ultraschallsender sowie der Funksender werden zusammen gesteuert. Aus der Richtung der maximalen Intensität der Zeichen und aus der Zeitdifferenz zwischen dem Radio- und dem Ultraschallempfang kann das vor der Hafeneinfahrt befindliche Schiff Richtung und Entfernung der Einfahrt feststellen. Vor einigen Jahren wurden auch Versuche gemacht, die Reflexion von Ultraschallwellen an im Wasser befindlichen Fremdkörpern zur Erkennung von Schifffahrtshindernissen auszunutzen. Allerdings kommt dieses Verfahren gerade bei dem wichtigsten Problem dieser Art, der Sicherung gegen Zusammenstöße mit Eisbergen, nicht in Betracht.

Die Anwendungen des Ultraschalls in der Optik beruhen auf der bekannten Erscheinung, daß die ein durchsichtiges Medium durchsetzenden Ultraschallwellen in diesem periodische Dichteschwankungen hervorrufen, die auf Lichtstrahlen wie ein Beugungsgitter wirken. Aus der Ausmessung der an solchen Ultraschallbeugungsgittern erhaltenen optischen Beugungsbilder lassen sich wichtige Rückschlüsse auf die mechanischen Eigenschaften des vom Ultraschall durchsetzten festen Körpers ziehen, u. a. die Elastizitätskonstante und der Poissonbeiwert bestimmen. Ferner ist vor einigen Jahren von Okolessanyi die Lichtbeugung an von Ultraschall geeigneter Frequenz durchstrahlten Platten mit Erfolg an Stelle von Drehsiegeln zur räumlichen Zerlegung der einzelnen Bildpunkte in Fernsehempfängern benutzt worden.

Auf dem Gebiet der Metallurgie haben sich seit dem Vorgang von Sokoloff (1934) dem Ultraschall wichtige Anwendungsmöglichkeiten bei der Feststellung von Hohlräumen, Fehlerstellen oder Fremdstoffeinschlüssen in metallischen Werkstücken erschlossen. In der Chemie haben sich bereits sehr zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für den Ultraschall ergeben. Beispielsweise gelingt es bei Einwirkung von Ultraschall, stabile Emulsionen von Quecksilber und von Öl in Wasser herzustellen. Ebenso konnten kürzlich Mischungen von Alkalimetallen und Öl bzw. Paraffin mit Wasser hergestellt werden. In der Galvanoplastik wird die Ultraschallbestrahlung der Elektroden zur Erzielung eines besonders feinkörnigen Metallniederschlags benutzt. Bei der Herstellung von photographischen Emulsionen kann bei Anwendung von Ultraschall die Herstellungszeit außerordentlich abgekürzt werden, während gleichzeitig die Homogenität und Feinkörnigkeit der Schichten gesteigert wird. Interesse verdient auch die Möglichkeit, den Siedepunkt von zahlreichen Flüssigkeiten durch Ultraschalleinwirkung um einige °C herabzusetzen. Ferner können Flüssigkeiten und geschmolzene Metalle mittels Ultraschallbestrahlung weitgehend von eingeschlossenen Gasresten befreit werden. Ebenso ist es gelungen, bestimmte Metallegierungen, die sonst nur durch langdauernde Behandlung bei hohen Temperaturen erhalten werden können, bei Ultraschalleinwirkung in viel kürzerer Zeit und bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen herzustellen. Schließlich ergeben sich auch medizinische Anwendungsmöglichkeiten auf Grund der Feststellungen von Freundlich, Söllner und Rogowski, wonach es möglich ist, im Ultraschallfeld das Knochenmark im Innern der Knochen ohne gleichzeitige Erwärmung der übrigen Knochen-substanz zu erhitzen. Bmk.

## AUS LETZTER ZEIT

**Reichsarbeitsgemeinschaft „Windkraft“.** — Im Oktober 1939 ist in Berlin-Steglitz, Grunewaldstraße 43, die Reichsarbeitsgemeinschaft „Windkraft“ (RAW) gegründet worden, um für eine geplante Windkraftversuchsanlage größerer Leistung vorbereitend zu wirken. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden den interessierenden Stellen unterbreitet. Die ETZ hat bereits häufiger dieses technisch reizvolle und wirtschaftlich wichtige Problem behandelt<sup>1)</sup>. Aus diesen Arbeiten gingen auch die Schwierigkeiten technischer Art hervor, die sich bei der Errichtung einer derartigen Anlage ergeben und die nun von der RAW eingehend durch Sachkundige geprüft werden.

<sup>1)</sup> H. Witte, ETZ 50 (1938) S. 1373 u. 1404. — ETZ 60 (1939) S. 629. — ETZ 59 (1938) S. 17. — ETZ 57 (1936) S. 1237. — ETZ 56 (1935) S. 107 u. 525.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

**Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)**

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31. — Postscheckkonto: Berlin: 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

#### Installationsmaterial

Auf Grund von Beratungen des Unterausschusses Verlegungsmaterial hat sich die Notwendigkeit ergeben, eine Änderung von

VDE 0610 U „Umstell-Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung“

in bezug auf verbleite Abzweigdosen vorzunehmen. Dem neuen Wortlaut von § 90 dieser Umstell-Vorschriften wird u. a. die Fassung von § 13 d) und e) des in ETZ 60 (1939) S. 809 veröffentlichten Entwurfes zu VDE 0606 „Vorschriften für Abzweig- und Verbindungsdosen, Hauptleitungsabzweigdosen sowie Leuchtenklemmen“ und § 7 des in ETZ 61 (1940) H. 11, S. 281 veröffentlichten Entwurfes zu VDE 0605 U „Umstell-Vorschriften für Installationsrohre für elektrische Anlagen“ zugrunde gelegt. Der neue Wortlaut von § 90 ist in ETZ 61 (1940) H. 21, S. 470 veröffentlicht.

Diese Änderung von VDE 0610 U wurde vom Vorsitzenden des VDE im April 1940 genehmigt und tritt mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

### Sonderdrucke von neuen VDE-Arbeiten

Bei der ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 — VDE-Haus, sind die Sonderdrucke der folgenden neuen VDE-Arbeiten zu den dabei genannten Preisen erhältlich:

VDE 0250 Ka/I. 40 „K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“, 1. Änderung, gültig ab 1. Februar 1940	RM 0,10
VDE 0260 a/II. 40 „Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern in Starkstromanlagen“, 1. Änderung, gültig ab 7. März 1940	0,10
VDE 0260 Ua/II. 40 „Umstell-Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern bis 6 kV“, 1. Änderung, gültig ab 7. März 1940	0,10
VDE 0265 a/II. 40 „Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen“, 1. Änderung, gültig ab 7. März 1940	0,10
VDE 0265 Ua/II. 40 „Umstell-Vorschriften für Gummibleikabel in Starkstromanlagen“, 1. Änderung, gültig ab 7. März 1940	0,10
VDE 0270 Ua/II. 40 „Umstellvorschriften für Starkstrom-Innenraumkabel ohne Bleimantel bis 1 kV“, 1. Änderung, gültig ab 7. März 1940	0,10
VDE 0283/I. 40 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“, Erstfassung, gültig ab 1. Februar 1940	0,10
VDE 0570 b/I. 40 „Regeln für Klemmenbezeichnungen“, 2. Änderung, gültig ab 1. Februar 1940	0,10
VDE 0530 U/I. 40 „Umstell-Vorschriften für elektrische Maschinen“, Erstfassung, gültig ab 1. Februar 1940	0,10
VDE 0532 U/III. 40 „Umstell-Vorschriften für Transformatoren“, Erstfassung, gültig ab 15. April 1940	0,10
VDE 0635 a/XII. 39 „Vorschriften für Leitungsschutzsicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz 500 V bis 200 A“, 1. Änderung, gültig ab 1. Januar 1941	0,10
VDE 0660 b/IX. 39 „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung“, 3. Änderung, gültig ab 1. Januar 1941	0,10

### Gültigkeit der VDE-Bestimmungen im Protektorat Böhmen und Mähren

Vor etwa einem Jahr wurden zwischen dem Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) und dem Böhmischem-Mährischen Elektrotechnischen Verband (ESČ) Verhandlungen über künftige Zusammenarbeit aufgenommen. Diese Verhandlungen wurden jetzt in bezug auf die elektrotechnischen Vorschriften mit folgendem Ergebnis abgeschlossen:

Ein Jahr nach Friedensschluß sollen im Protektorat Böhmen und Mähren ausschließlich die VDE-Bestimmungen gültig sein. In der Zwischenzeit führen der ESČ und der VDE in gegenseitigem Einvernehmen laufend eine Abgleichung der zur Zeit gültigen ESČ-Vorschriften mit den VDE-Vorschriften durch. Ebenso haben die Prüfstellen des ESČ und des VDE eine Vereinheitlichung ihrer Prüfverfahren in die Wege geleitet. Neue Vorschriften, Umstellvorschriften und dergleichen werden in Zukunft für das Deutsche Reich und für das Protektorat unter beiderseitiger Mitwirkung einheitlich aufgestellt.

Herstellern und Verbrauchern im Protektorat ist es freigestellt, sich schon jetzt nach den VDE-Bestimmungen zu richten, sofern deren Anwendung im Protektorat in Übereinstimmung mit beiden Verbänden erfolgt. Aufklärung hierüber erteilen im gegenseitigen Einvernehmen die Geschäftsstellen beider Verbände:

Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)  
Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstraße 33

Böhmischem-Mährischen Elektrotechnischen Verband (ESČ)  
Prag XII, Vocelova 3

### Übersetzungen von VDE-Arbeiten

Die ETZ-Verlag GmbH., Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 — VDE-Haus, hat kürzlich die folgenden fremdsprachlichen Arbeiten von VDE-Bestimmungen herausgebracht, die zu den angegebenen Preisen bei ihr erhältlich sind:

Spanisch:	
VDE 0663/1933 „Leitsätze für Schutzschalter gegen unzulässig hohe Berührungsspannung“ (Cuaderno 2032)	RM 0,70
VDE 0610/V. 38 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung“ (Cuaderno 2037)	1,40
W. Kaufmann: „Die neuen Prüfvorschriften für Hochleistungsschalter“ aus ETZ 59 (1938) Seite 553 (Cuaderno 2040)	0,70
Englisch:	
VDE 0140/1932 „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V“ (Publication 3035)	0,70
VDE 0318/II. 38 „Leitsätze für Hartpapier und Hartgewebe“ (Publication 3038)	0,70

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

**Bezirk Berlin**

vorm. Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

**Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)**

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Stromrichter.** Leiter: Dipl.-Ing. J. Killinger VDE.

24. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Stromrichter-anlagen für Elektrolyse“. Vortragender: Dipl.-Ing. A. Pascher VDE.

**Fernmeldetechnik.** Leiter: Dipl.-Ing. K. Wagner VDE.

29. Mai 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer: „Die Nachrichtenmittel für den Fernmelde- und Alarmdienst im Werkluftschutz“. Vortragender: Obering. Fr. W. Gust. (Der Vortrag wird erläutert durch Vorführung von Anlagen und Lichtbildern.)

VDE Bezirk Berlin

vormalis Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer

Burghoff

**Sitzungskalender**

**VDE Bezirk Danzig.** 27. 5. (Mo), 20<sup>00</sup>, T. H.: „Derzeitige Leistungsgrenzen von Glühkathoden-Stromrichtern“ (m. Lichtb. u. Vorführ.). Dr.-Ing. Kluge VDE.

**Deutsche Lichttechnische Gesellschaft, Bezirksgruppe Berlin.** 23. 5. (Do), 17<sup>30</sup>, T. H.: „Beleuchtungsstudien am Arbeitsplatz“. Dipl.-Ing. K. Saatmann.

**Bezirksgruppe Frankfurt a. M.** 24. 5. (Fr), 19<sup>30</sup>, Phys. Verein, Robert-Mayer-Str. 2: „Film und Stroboskop in Physik und Technik“. Dr. Th. Meyer VDE.

**Bezirksgruppe Karlsruhe.** 28. 5. (Di), 20<sup>00</sup>, T. H.: „Lichtwirtschaft im Kriege“. Dipl.-Ing. J. Schaer.

**PERSÖNLICHES**

**H. Blendermann †.** — Am 14. Mai verschied in Berlin nach schwerem Leiden im 51. Lebensjahr Herr Dipl.-Ing. Heinrich Blendermann VDE, Geschäftsführer des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Wir werden seiner demnächst ausführlich gedenken.

**J. W. Hissink †.** — Am 1. Mai d. J. starb Herr Generaldirektor a. D. Dr. Ing. h. c. J. W. Hissink VDE auf seinem Landgut in Gatow bei Berlin. Geboren am 8. März 1874 zu Zutphen in Holland, studierte er auf den Hochschulen Aachen und Darmstadt. Im Alter von 20 Jahren bestand er 1894 in Darmstadt die Diplomprüfung und war damit einer der ersten in Deutschland, die das Diplom für das Fachgebiet Elektrotechnik erwarben. 1895 war der junge Hissink bei der Firma Schuckert & Co. in Nürnberg tätig, im Jahre 1896 Assistent der T.H. Darmstadt bei Erasmus Kittler und trat 1897 zur AEG. über, wo er mehrere Jahre engster Mitarbeiter des unvergesslichen M. Dolivo Dobrowolsky war. Im Dezember 1902 wurde Hissink Chef-elektriker bei der Bergmann-Elektrizitätswerke AG., bereits ein Jahr später in den Vorstand berufen und übernahm 1922 die Leitung als Generaldirektor. Die TH. Darmstadt ehrte ihn 1922 durch die Verleihung des Dr.-Ing. E. h. in Anerkennung seiner Verdienste um die Förderung der Elektrotechnik. Mit voller Unterstützung des Herrn Geheimrat Bergmann, mit dem Hissink in treuer Freundschaft und restlosem Vertrauen verbunden war, war es in erster Linie das Verdienst des nunmehr Verblichenen, daß sich die Bergmann-Elektrizitätswerke AG. unter seiner Führung aus



J. Hissink †

bescheidenem Anfang mit glänzenden Erfolgen zu einer Großfirma entwickelte. 1931 legte er sein Amt als Generaldirektor nieder, trat in den Aufsichtsrat über und zog sich 1938 ganz ins Privatleben zurück. Auch als Förderer des VDE hat sich Hissink große Verdienste erworben. Seit 1907 war er ordentliches Mitglied, von 1920 bis 1925 Vorstandsmitglied und anschließend bis 1931 Mitglied des Ausschusses.

Mit Dr. Hissink ist ein selten begabter Ingenieur, der zugleich umsichtiger Kaufmann und fähiger Organisator war, von uns gegangen. Um die Entwicklung der Elektrotechnik hat er sich bleibende Verdienste erworben. Alle, die ihn als Mitarbeiter oder als Untergebener kennen lernten, behalten einen Menschen mit lauterster Gesinnung im Gedächtnis, denn nicht nur in beruflichen, sondern auch in alltäglichen Dingen stand er allen stets mit Rat und Tat zur Seite. Unendliches Leid ist ihm in den letzten Jahren seines Lebens zugestoßen; so aber, wie er die schweren Schicksalsschläge getragen hat, ist er zum Vorbild für uns alle geworden. Er wird allen, die ihn kannten, unvergessen bleiben. Br. Lammers VDE

**BUCHBESPRECHUNG**

DK 621.317.85

**Die Prüfung der Elektrizitäts-Zähler.** Meßeinrichtungen, Meßmethoden und Schaltungen. Von Dr.-Ing. K. Schmiedel. 3. neubearb. Aufl. Mit 160 B., X u. 179 S. im Format 165 x 240 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geh. 15,— RM, geb. 16,50 RM.

Seit dem Erscheinen der 2. Aufl. des Werkes von Schmiedel im Jahre 1924 hat sich der Kreis der Stellen, denen die Überwachung und Prüfung der Elektrizitätszähler obliegt, in größtem Umfange erweitert. Auch mittlere und kleinere Elektrizitätsversorgungsunternehmen widmen heute in der Erkenntnis der Bedeutung dieser Aufgabe der Kontrolle ihrer Elektrizitätszähler größte Sorgfalt. Auch die anfangs verhältnismäßig kleine Gruppe der auf dem Gebiet der Zählerwartung tätigen Spezialisten wuchs gleichlaufend hiermit innerhalb weniger Jahre stark an. Leider fehlte jedoch bisher für dieses Sondergebiet, nachdem die 2. Aufl. des Werkes von Schmiedel schon seit Jahren vergriffen war, ein für den Praktiker geeignetes zusammenfassendes und auf den neuesten Stand gebrachtes Handbuch. Mit der vorliegenden Neuauflage des Werkes von Schmiedel wird diese Lücke geschlossen. Das Werk behandelt mit den notwendigen theoretischen Erklärungen, ohne daß weitergehende mathematische Vorkenntnisse vorausgesetzt werden, die Meßgeräte, Regeleinrichtungen, Prüfschaltungen und Meßverfahren, die für die Einregelung, die Prüfung und die genauere Untersuchung moderner Zähler in Betracht kommen, wobei auf Tarifzähler und sonstige Spezialzähler mit Recht bewußt verzichtet ist, jeweils mit Angaben über die erreichbare Meßgenauigkeit. Etwas knapp behandelt sind trotz ihrer Verbreitung und ihrer Bedeutung für die Erhöhung der Meßgenauigkeit die Spannungs-Gleichhalte-Einrichtungen. Gegenüber den früheren Auflagen wurden auch die in den letzten Jahren, in den Zeitschriften veröffentlichten Aufsätze über Einrichtungen und Verfahren, soweit sie praktische Bedeutung erlangt haben, berücksichtigt, wie z. B. das Gleichlast-Verfahren, neuere Einrichtungen für die Prüfung von Strom- und Spannungswandlern, Verfahren zur Prüfung der Kurzschlußsicherheit und der Spannungsfestigkeit u. a. Die Schaltbilder und Diagramme sind unter Verwendung der neuen Symbole und Bezeichnungen umgearbeitet. Das Buch bietet allgemein eine Fülle von wertvollen Hinweisen für die exakte Durchführung der Messungen. Die Neuauflage des ausgezeichneten Werkes wird von jedem Zähler-Fachmann begrüßt werden. H. Märtens VDE

**Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:**

Dr.-Ing. F. Borgnis, Berlin-Schöneberg, Badensche Str. 54/2  
Obering. Dipl.-Ing. F. Kaßling, Bitterfeld, Deutsche Grube, Kirchstraße 6

Dipl.-Ing. Otto Müller, Berlin-Siemensstadt, Lenthalsteig 20

Dr.-Ing. A. Roggendorf VDE, Ignaz-Stroof-Str. 1b

Obering. H. Thomas, Duisburg

Dr.-Ing. H. Titze VDE, Potadam-Rehrücke, Beethovenstr. 15

Abschluß des Heftes: 17. Mai 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 30. Mai 1940

Heft 22

## Heinrich Blendermann †

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat den Verlust einer Persönlichkeit zu beklagen, deren lauterer und ritterliches Wesen Ansporn und Vorbild zugleich war. Am 14. Mai d. J. ist sein Geschäftsführer, Direktor Dipl.-Ing. Heinrich Blendermann, einem längeren Leiden allzufrüh im 51. Lebensjahre erlegen.

Am 11. 6. 1889 in Bremen geboren, übernahm er nach Abschluß seines Studiums an der T. H. Stuttgart vom Frühjahr 1913 bis zum Ausbruch des Weltkrieges die Assistentenstelle für Elektrotechnik und Maschinenbau an der Bergakademie Clausthal bei Prof. Süchting, um dann anschließend als Leutnant der Reserve bis Ende 1915 an den Kämpfen der Ostfront mit Auszeichnung teilzunehmen. Nach seiner Verwundung im Herbst 1916 fand seine Versetzung ins Kriegsministerium statt, wo er zuerst im Ingenieur-Komitee und später in der Kriegs-Rohstoff-Abteilung tätig war. Im Juni 1918 trat er in die Abteilung Zentralstationen der AEG ein. Nach vorübergehender Tätigkeit als Zivilingenieur und Gutachter in wirtschaftlichen, technischen und tariflichen Fragen finden wir ihn wiederum bei der AEG in der Technischen Beratungsstelle der Abteilung Zentralstationen und der Geschäftsstelle der Vereinigten Baufirmen des Bayernwerks. Im Herbst 1924 ging er als Vorstand der Abteilung für Zentralstationen nach Kassel und übernahm im Herbst 1927 den gleichen Posten in Dortmund.

Seit dem 1. 12. 1931 war Blendermann zuerst als technischer Vertreter des Generalsekretärs des VDE tätig und übernahm ab 1. 1. 1934 die Geschäftsführung des VDE. Seine ganze Kraft und seine reichen Erfahrungen setzte er für die Belange des VDE unermüdet ein. Es galt vor allen Dingen, eine Vereinheitlichung und Gliederung der VDE-Bestimmungen herbeizuführen, wobei es ihm in verhältnismäßig kurzer Zeit gelang, wesentliche Erfolge zu erzielen. Bei der feierlichen Verpflichtung der Vorsitzenden der neu gebildeten VDE-Ausschüsse am 25. 5. 1934 machte er grundlegende Ausführungen über die technisch-wissenschaftlichen Aufgaben des VDE, die den Arbeiten der nächsten Jahre als Richtlinie dienen. Es galt ferner, die gesetzliche Anerkennung der VDE-Bestimmungen zu erwirken, ein Ziel, dessen Erreichung hauptsächlich seiner Initiative zu verdanken ist. Neben der Erledigung dieser umfangreichen technischen Arbeiten war es seine Aufgabe, bei der von ihm mit heißem Herzen herbeigesehnten politischen Wende den VDE entsprechend neu zu gestalten und auszurichten und ihn später in den NSBDT. einzugliedern. Mit großem Eifer und Erfolg unterzog sich Blendermann diesen Aufgaben und gab dem VDE die durch den Umbruch notwendig gewordenen neuen technisch-wissenschaftlichen Arbeitsgebiete.



Den vielseitigen Aufgaben eines Geschäftsführers entsprechend war der Verstorbene in zahlreichen Organisationen und Ausschüssen tätig. So oblagen ihm die Arbeitsgebiete des Geschäftsführers der Fachgruppe Energiewissenschaft im NSBDT., der ETZ-Verlag G. m. b. H., der deutschen Ausschüsse der IEC, CIGRE und IFK. Ferner war er stellvertretender Obmann des Ausschusses für die Übersetzung deutscher Normen und Lieferbedingungen und gehörte ferner zahlreichen Ausschüssen technisch-wissenschaftlicher Vereinigungen und Institute an. Nach der Eingliederung der Ostmark setzte ihn der Leiter des Hauptamtes für Technik, Professor Dr.-

Ing. Todt, zur Mitarbeit bei der Einrichtung der Gau-fachgruppen des NSBDT. in der Ostmark ein.

Heinrich Blendermann war ein aufrechter deutscher Mann. Durch seine vornehme Art hat er es stets verstanden, Gegensätze auszugleichen und mit Humor über schwierige Situationen hinwegzukommen. Auch für persönliche Nöte seiner Gefolgschaft hatte er als Betriebsführer mit der Wärme seines menschlichen Fühlens stets Verständnis und half, wo es in seinen Kräften stand.

Erholung von seiner vielseitigen beruflichen Tätigkeit fand der Verstorbene im Kreise seiner Familie, mit der er sehr glücklich lebte und mit der er sich gerne den schönen Künsten, besonders der Musik, widmete. Mit seiner Gattin und seinen Kindern trauern seine Mitarbeiter, die große Zahl der Mitglieder des VDE sowie zahlreiche technisch-wissenschaftliche Organisationen und Vereine um den viel zu früh Dahingegangenen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

## Gleichlastverfahren zur Prüfung von Drehstromzählern

Von Hans Nützelberger VDE, Nürnberg

DK 621.317.785.025.3

**Übersicht.** Es wird ein neues Verfahren beschrieben, welches gestattet, Drehstrom-Drei- und Vierleiterzähler bei gleichseitiger oder annähernd gleichseitiger Belastung mittels eines einphasigen Gleichlastzählers zu prüfen, wobei der Prüfling in seiner betriebsmäßigen Schaltung angeschlossen ist. Außer dem einphasigen Gleichlastzähler ist noch ein Hilfsgerät mit zwei auf ein Differentialgetriebe arbeitenden Wechselstromsystemen erforderlich. Nimmt der Zeiger dieses Hilfsgerätes am Ende der Meßperiode wieder die gleiche Lage ein wie am Anfang der Messung, so sind die Angaben des einphasigen Gleichlast-Prüfzählers auch bei beliebigem Spannungsdreieck dem gesamten Drehstromverbrauch proportional.

### 1. Einleitung

Bevor auf die Drehstromzählermessung mittels Gleichlastzähler näher eingegangen wird, soll ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Prüfung von Wechselstromzählern gegeben werden. Diese Zähler wurden früher ausschließlich mit Leistungsmesser und Stoppuhr geprüft. Man erkannte jedoch bald, daß man hierbei von den unvermeidlichen Schwankungen von Strom und Spannung abhängig ist, und daß sich leicht Fehler beim Ablesen der Meßgeräte sowie bei der Auswertung der Messungen einschleichen können. Um die Schwankungen von Strom und Spannung unwirksam zu machen, ging man auf die Messung mittels Eich- oder Prüfzähler über. Da dieser Zähler ein Zählwerk mit rasch laufenden Zeigern besitzt, ist es selbst bei kleiner Belastung durch längere Zeitmessung möglich, die Ablesegenauigkeit genügend zu erhöhen und damit die Ablesefehler auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Die Rechenfehler bei der Auswertung der Messungen kann man vermeiden, indem man die erforderliche Rechenarbeit durch besondere Tafeln und Rechenschieber erleichtert. Zu dem durch obige Mittel bestimmten Fehler muß man allerdings noch den Fehler des Eich- oder Prüfzählers, der bei allen vorkommenden Strombelastungen natürlich verschieden groß ist, hinzufügen, um den tatsächlichen Fehler des Prüflings zu erhalten. Durch die Entwicklung des von Hommel angegebenen Gleichlastverfahrens<sup>1)</sup>, nach welchem der Prüfzähler bei allen Belastungspunkten mit gleicher Last arbeitet, konnte die Genauigkeit bei der Prüfung von Wechselstromzählern weiter erhöht werden. Die ersten auf dem Markt erschienenen Gleichlast-Prüfzähler hatten jedoch außer der Unübersichtlichkeit infolge Anordnung mehrerer Skalen den Nachteil, daß sie keine größere Ablesegenauigkeit als die eines Leistungsmessers aufwiesen, da der Zeiger dieser Prüfzähler in einer Minute je nach Konstante des Prüflings nur 0,75 bis 1,5 Umdrehungen machte. Erst der nach diesen Erkenntnissen geänderte Gleichlastzähler mit vier Zeigerumdrehungen in 50 bis 75 s und damit vierfacher Ablesegenauigkeit vermeidet sämtliche Mängel, so daß hiermit eine genaue Prüfung von Wechselstromzählern gewährleistet ist.

### 2. Arten der Prüfung von Drehstromzählern

Bei der Prüfung von Drehstromzählern kommt zunächst wieder der Leistungsmesser in Betracht. Es wurde nun auch ein Verfahren entwickelt, das die Prüfung von Drehstromzählern bei ein- und gleichseitiger Belastung mit dem genaueren Gleichlastzähler gestattet. Dies ist deswegen sehr erwünscht, weil gerade bei gleichseitiger Be-

lastung die wattmetrischen Messungen besondere Schwierigkeiten bereiten und durch das Ablesen von zwei oder drei Leistungsmessern größere Fehler entstehen können als beim Prüfen von Wechselstromzählern. Auch machen sich hierbei die unvermeidlichen Schwankungen von Strom und Spannung in viel höherem Maße bemerkbar.

Die genaue Prüfung von Drehstromzählern kann auf verschiedene Weise vorgenommen werden. Das Naheliegende ist, die Messung mit zwei oder drei Leistungsmessern in der Prüfstation dadurch zu verbessern, daß man versucht, die auftretenden Schwankungen von Strom und Spannung durch eine Konstanthalteeinrichtung zu beseitigen. Dieses Verfahren hat außer hohen Kosten noch den Nachteil, daß sich Fehler bei der Ablesung der Meßinstrumente und bei der Berechnung des Zählerfehlers einschleichen können. Ersetzt man die drei Leistungsmesser durch Gleichlastzähler, so müssen die Leistungen der einzelnen Phasen stets genau gleich eingestellt werden, da man sonst drei verschiedene Fehlerablesungen erhält, deren arithmetischer Mittelwert erst gebildet werden muß, was wiederum zeitraubend ist und zu Rechenfehlern Anlaß geben kann. Das gleiche gilt bei Verwendung von zwei Gleichlastzählern. Will man die Bildung des arithmetischen Mittelwertes vermeiden, so kommt man auf den Vorschlag von H. Jürgens, nach welchem die Angaben von drei Einphasen-Gleichlastzählern durch ein besonderes Summierungsgetriebe addiert werden<sup>2)</sup>. Allerdings ist diese Einrichtung, die außer den bereits erwähnten drei Gleichlastzählern und dem Summierungsgetriebe noch eine Menge anderer Apparate, wie Photozellen, Verstärker und Konstantengetriebe erfordert, ebenfalls sehr kompliziert. Auch die Umarbeitung eines Präzisions-Drehstromzählers in einen Drehstrom-Gleichlastzähler mit zwei oder drei auf einen Anker wirkenden Systemen würde nicht zum Ziele führen, da ein solcher Zähler wie jeder Drehstromzähler bei einseitiger Belastung infolge Fehlens der Stromdämpfung der anderen Systeme unzulässig hohe Plusfehler zeigen würde und außerdem die Meßzeit, die beim Drehstromzähler bei gleichseitiger Belastung zu etwa 1 min gewählt würde, bei einseitiger Belastung um den 3- bzw.  $\sqrt{3}$ -fachen Betrag erhöht werden müßte, da die Fehlerskala des Gleichlastzählers, wie schon erwähnt, nur für eine bestimmte Anzahl Zeigerumdrehungen Gültigkeit hat.

### 3. Drehstromzählerprüfung nach dem Gleichlastverfahren

Zur Lösung der gestellten Aufgabe wurde daher ein ganz neuer Weg beschritten, indem die gesamte Drehstromenergie einer Drei- oder Vierleiteranlage mit nur einem einphasigen Gleichlastzähler erfaßt wird. Zur näheren Erläuterung des Verfahrens soll von der Wirkleistung einer Vierleiter-Drehstromanlage ausgegangen werden.

Bezeichnet man die Sternspannungen mit  $U_R$ ,  $U_S$  und  $U_T$ , die verketteten Spannungen mit  $U_{RS}$ ,  $U_{ST}$  und  $U_{TR}$ , die Phasenströme mit  $I_R$ ,  $I_S$  und  $I_T$ , so ergibt sich nach der Vektoralgebra die gesamte Drehstrom-Wirkleistung  $N_S$  als die Summe der skalaren Produkte von Spannung und Strom einer jeden Phase zu

$$N_S = U_R I_R + U_S I_S + U_T I_T.$$

<sup>1)</sup> Arch. techn. Messen J. 0740 - 2.

<sup>2)</sup> ETZ 61 (1940) H. 8, S. 161.

Da im Dreileiternetz die Summe der drei Phasenströme Null ist, ergibt sich nach einigen Umformungen auch bei beliebigem Spannungsdreieck die Leistung  $N_S$  zu

$$N_S = U_{RS} I_R + U_{TS} I_T. \quad (1)$$

Diese Beziehung können wir auch für die Prüfung von Vierleiterzählern zugrunde legen, da solche Zähler ebenso wie die Dreileiterzähler bei gleichseitiger oder annähernd gleichseitiger Belastung am Prüfstand mit Drehstrom ohne Nulleiter geprüft werden können. Damit nun die Drehzahl des Gleichlastzählers dieser Leistung proportional ist, speisen wir seine Spannungsspule über zwei in „V“ geschaltete Wandler mit dem Übersetzungsverhältnis  $\sqrt{3}:1$ , wobei die Sekundärwicklung des einen Wandlers umgepolt ist. Die Spannungsspule erhält somit die Summe der Spannungsvektoren  $U_{SR}$  und  $U_{ST}$  (s. Bild 1). Läßt man weiterhin den in Phase S liegenden Stromwandler

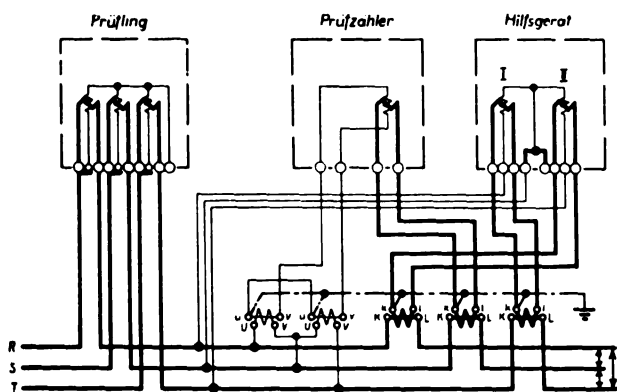


Bild 1. Grundsätzliche Schaltung zur Drehstromzählereichung nach dem Gleichlastverfahren mit integrierendem Hilfsgerät.

auf die Stromspule des Gleichlastzählers wirken, so ist der von letzterem angezeigte Verbrauch proportional der Leistung  $N$

$$N = (U_{SR} + U_{ST}) I_S. \quad (2)$$

Da aber die Summe der drei Phasenströme gleich Null ist, wird  $I_S = -I_R - I_T$  und der vom Gleichlastzähler angezeigte Verbrauch proportional der Leistung

$$\begin{aligned} N &= (U_{SR} + U_{ST}) (-I_R - I_T) \\ &= (U_{RS} + U_{TS}) (I_R + I_T) \\ &= U_{RS} I_R + U_{RS} I_T + U_{TS} I_R + U_{TS} I_T. \end{aligned} \quad (3)$$

Bildet man nun die Differenz von  $N$  und  $N_S$ , so erhält man

$$N - N_S = U_{RS} I_T + U_{TS} I_R. \quad (4)$$

Gelingt es, die Summe dieser beiden Vektorprodukte durch ein besonderes Hilfsgerät zu erfassen, und sie während der Meßperiode Null werden zu lassen, so ist der vom einphasigen Gleichlastzähler angezeigte Verbrauch proportional der gesamten Drehstromleistung. Das Hilfsgerät erfüllt diese Aufgabe in der in Bild 1 dargestellten nach Gl. (4) sich ergebenden Schaltung. Ist das Hilfsgerät ein integrierendes Instrument, also ein Zähler, so braucht dessen Anker durchaus nicht während der ganzen Messung stillzustehen; es genügt vielmehr, wenn man durch Nachregeln einer einzigen Spannung oder eines einzigen Stromes dafür sorgt, daß der Anker des Hilfsgerätes am Ende der Meßzeit wieder die gleiche Lage einnimmt wie zu Anfang der Messung. Auf Grund dieser Erkenntnis wird das Verfahren einfach und leicht durchführbar. Die erforderliche hohe Ansprechempfindlichkeit von etwa 0,1% kann man durch besonders hohe Drehmomente der Einzelmesswerke und durch Fortlassen der Bremsmagnete

erreichen. Versuche haben aber gezeigt, daß bei hohen Drehmomenten der Einzelmesswerke geringe Unregelmäßigkeiten in der Stärke der Ankerscheiben Leertriebe verursachen, die die Einstellung des Hilfsgerätes erschweren. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, wenn man jedes Meßwerk auf einen besonderen durch Dauer-

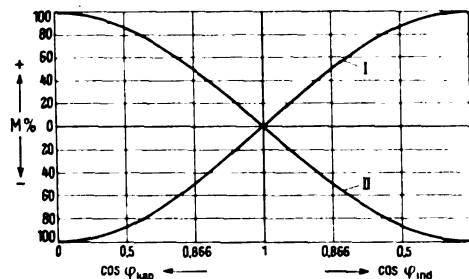


Bild 2. Drehmomentverlauf der Einzelmesswerke des Hilfsgerätes in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor.

magnet gedämpften Anker arbeiten läßt und die Summe über ein Differentialgetriebe bildet, auf dessen Planetenradachse ein Zeiger sitzt, der nun am Ende der Messung die gleiche Lage einnehmen muß wie am Anfang. Für diesen Fall dürfen aber die Einzeldrehmomente bei keinem vorkommenden Leistungsfaktor Null sein. Betrachtet man nun Bild 2, das den Drehmomentverlauf der Einzelmess-

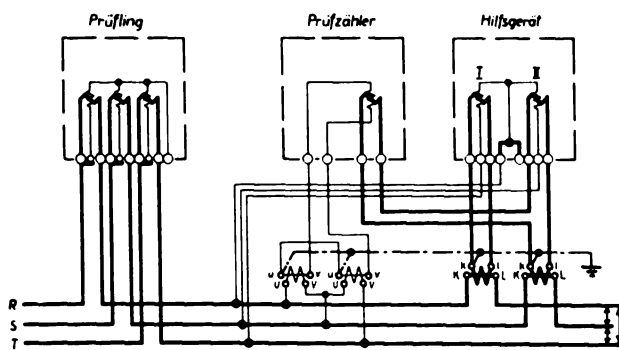


Bild 3. Verbesserte Prüfschaltung für Drehstromzähler nach dem Gleichlastverfahren mit Hilfsgerät.

werke in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor darstellt, so sieht man, daß gerade bei  $\cos \varphi = 1$  die Einzeldrehmomente Null werden, was zu einer Verringerung der Meßgenauigkeit bei Verwendung eines Differentialgetriebes führen

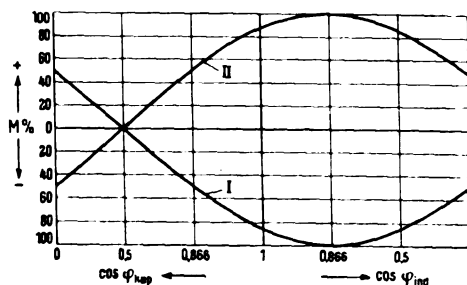


Bild 4. Drehmomentverlauf der Hilfsgerätemesswerke bei der Schaltung nach Bild 3.

würde. Um nun allen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, wird die Gleichung für das Hilfsgerät nochmals umgeformt. Bekanntlich ist

$$I_T = -I_R - I_S$$

Dies in Gl. (4) eingesetzt, ergibt auch bei beliebigem Spannungsdreieck

$$\begin{aligned} N - N_S &= U_{RS}(-I_R - I_S) + U_{TS} I_R \\ &= (-U_{RS} + U_{TS}) I_R - U_{RS} I_S \\ &= U_{TR} I_R - U_{RS} I_S \\ &= U_{TR} I_R + U_{SR} I_S. \end{aligned} \quad (5)$$

Die nach Gl. (5) sich ergebende verbesserte Schaltung zeigt Bild 3, während der Drehmomentverlauf der Einzelmeßwerke in Bild 4 dargestellt ist. Die Einzeldrehmomente werden jetzt bei  $\cos \varphi = 0,5$  kapazitiv gleich Null, also bei einem Leistungsfaktor, der für die Praxis kaum in Betracht kommt. Will man jedoch trotzdem bei



Bild 5. Neuer Gleichlastprüfzähler für Drehstrommessungen.

kapazitiver Belastung und  $\cos \varphi = 0,5$  mit der gleichen Genauigkeit messen wie bei den übrigen Leistungsfaktoren, so braucht man nur strom- und spannungsseitig am Hilfsgerät die Phasen  $R$  und  $T$  miteinander zu vertauschen. In dieser Schaltung entwickeln dann die Meßwerke des Hilfsgerätes Drehmomente, die einen zur Ordinatenachse spiegelbildlichen Verlauf in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor aufweisen, d. h. es sind dann die Einzeldrehmomente bei  $\cos \varphi = 0,5$  induktiv gleich Null.

#### 4. Gleichlast-Prüfzähler für Drehstrommessungen

In Bild 5 ist der Gleichlast-Prüfzähler für Drehstrommessungen wiedergegeben. Er unterscheidet sich von dem

entsprechenden Wechselstrom-Gleichlastzähler lediglich durch eine von außen zugängliche Feineinstellung der  $90^\circ$ -Abgleichung und durch Änderung der Anzapfung des Spannungswandlers, wodurch auch die Prüfung des

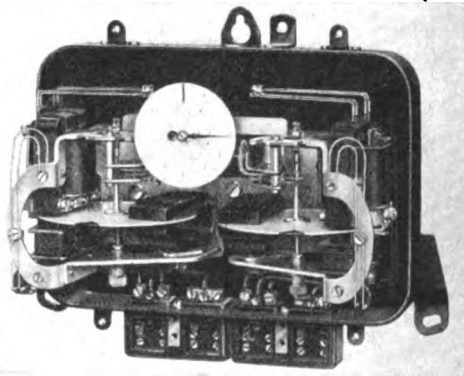


Bild 6. Hilfsgerät mit den beiden auf ein Differentialgetriebe arbeitenden Meßwerken.

Zählern mit sehr langsam laufendem Anker ermöglicht ist. Bild 6 zeigt das Hilfsgerät mit den beiden auf ein Differentialgetriebe arbeitenden Meßwerken.

#### Zusammenfassung

Die Messung von Drehstromzählern bei gleichzeitiger oder annähernd gleichzeitiger Belastung mit Hilfe eines einphasigen Gleichlastzählers und eines Hilfsgerätes entspricht allen technischen Anforderungen in bezug auf Meßgenauigkeit bei geringstem Aufwand an Meßeinrichtungen. Das Verfahren erfordert weder Konstanthalteeinrichtungen noch irgendwelche Geräte zur Symmetrierung des Spannungsdreieckes. Der Zähler besitzt wie der bereits auf dem Markt befindliche Wechselstrom-Gleichlastprüfzähler nur eine Prozentskala und einen eingebauten Spannungswandler zur Einstellung auf die Konstante des Prüflings. Die Meßeinrichtung benötigt somit kein Konstantengetriebe; auch Summierungsgetriebe, Photozellen und Verstärkerröhren fallen weg. Selbstverständlich lassen sich mit dem gleichen Zähler auch Drehstromzähler bei allen einseitigen Belastungen sowie Wechselstromzähler prüfen.

## Diffusion von Wasserstoff durch Eisen

Da Eisen bei gewöhnlicher Temperatur wohl für Wasserstoffatome, nicht dagegen für Wasserstoffmoleküle durchlässig ist, kann der Wasserstoff durch Eisen nur dann hindurchdiffundieren, wenn er ihm in Form von Atomen dargeboten wird<sup>1)</sup>. Das kann durch Elektrolyse oder durch eine Gasentladung geschehen. Wird das Eisen zur Kathode einer Glühentladung in Wasserstoff gemacht<sup>2)</sup>, so werden durch die Entladung Protonen ( $H_1^+$ ) und Molekülonen  $H_2^+$  gegen das Eisen geschossen. Dabei läßt sich genau feststellen, welcher Bruchteil des Gesamtstromes an der Kathode aus Elektronen, die von der Kathode wegfliegen, und welcher aus Wasserstoffionen besteht, die auf die Kathode zufliegen. Nur dieser letzte Bruchteil ist für die Diffusion in Rechnung zu setzen. Es ergibt sich dann,

<sup>1)</sup> A. Güntherschulze, Z. Phys. 112 (1939) S. 648.

<sup>2)</sup> Güntherschulze, Betz, Kleinwächter, Die Diffusion von Wasserstoff und Deuterium durch Eisen. I. Das Eisen als Kathode einer Glühentladung. Z. Phys. 111 (1939) S. 657.

Güntherschulze, Winter, Die Diffusion von Wasserstoff und Deuterium durch Eisen. II. Glühentladung in Gemischen von Wasserstoff mit anderen Gasen. Z. Phys. 112 (1939) S. 648.

Güntherschulze, Betz, Die Temperaturabhängigkeit der Diffusionskonstante des atomaren Wasserstoffes und der Protonen im Eisen. Z. Phys. 114 (1939) S. 82.

DK 546.11 : 539.6 : 546.7

daß für  $1 \text{ mA} \cdot \text{min}$   $5,68 \text{ cm}^3 \cdot \text{Torr}$  Wasserstoffionen auf die Eisenoberfläche geschossen werden, wenn die Ionen sämtlich Protonen sind und die doppelte Menge, wenn sie sämtlich  $H_2^+$  Ionen sind. Bei Verwendung einer 12 mm dicken Eisenplatte ist nach genügend langer Einschaltdauer die im Eisen aufgespeicherte Wasserstoffmenge so groß und diffundiert so langsam nach dem Ausschalten wieder heraus, daß genaue Messungen möglich sind. Sie ergeben, daß auf der Eintrittsseite nach dem Ausschalten der Entladung genau doppelt so viel Wasserstoff erscheint als auf der Austrittsseite des Eisens. Daraus folgt, daß die normalen Diffusionsgesetze gelten, d. h. daß im Gleichgewichtszustand die Konzentration des Wasserstoffes im Eisen linear von einem Maximalwert auf der Eintrittsseite zu einem wenig von Null verschiedenen Werte auf der Austrittsseite abnimmt.

Weiter ergab eine genaue Analyse der Abklingkurve des Wasserstoffaustritts, daß sich im Eisen folgende drei Vorgänge abspielen. 1. Durch das Eisen diffundieren Protonen ( $H^+$ ) mit der von der Eisensorte abhängigen sehr großen Diffusionskonstanten von 5 bis  $10 \text{ cm}^2/\text{Tag}$ , die von der Temperatur des Eisens nicht merklich abhängig ist. 2. Durch das Eisen diffundieren gleichzeitig Wasserstoffatome ( $H$ ). Die Diffusions-

konstante  $Da$  dieses Vorganges ist eine e-Funktion der Temperatur und folgt der Gleichung (für eine Eisensorte)  $\log Da = 0,0193 \vartheta - 5,66$  ( $\text{cm}^2/\text{Tag}$ ); bei der Temperatur  $\vartheta$  etwa gleich  $80^\circ \text{C}$  diffundieren Protonen und Atome gleich schnell. 3. Wenn  $\text{H}^+$  und  $\text{H}$  an Lockerstellen im Innern des Eisens gelangen, so dringen sie in diese unter Umwandlung in  $\text{H}_2$  ein. Da  $\text{H}_2$  im Eisen nicht zu wandern vermag, reichert es sich in den Lockerstellen solange an, bis bei sehr hohen Drucken die Dissoziation seltener energiereicher  $\text{H}_2$ -Moleküle nach  $\text{H}_2 \rightarrow \text{H} + \text{H}$  an der Lockerstellenoberfläche dazu führt, daß ebensoviele Wasserstoffatome aus den Lockerstellen wieder verschwinden, wie eintreten. Der dafür erforderliche Druck liegt um so höher, je größer die Dichte des Wasserstoffes im Eisen ist. Der Druck setzt das Eisen in einen Zustand mechanischer Spannung. Bei großer Wasserstoffdichte im Eisen, wie sie durch elektrolitische Einführung des Wasserstoffes leicht zu erreichen ist, wird der Druck so groß, daß die Elastizitätsgrenze des Eisens überschritten wird und die Lockerstellen blasig aufgetrieben werden. Wird die Entladung ausgeschaltet, so bildet der Wasserstoff in den Lockerstellen einen Vorrat, aus dem ein lange dauernder, schleicher Austritt von Wasserstoff aus dem Eisen gespeist wird.

Wird die Ionenstromstärke der Glimmentladung konstant gehalten und der Kathodenfall gesteigert, so ist die durch das Eisen diffundierende Wasserstoffmenge dem Kathodenfall proportional. Bei einer Platte aus vakuumgeschmolzenem Elektrolyseisen von 0,1 mm Dicke gelang es bei 4000 V Kathodenfall,  $26 \text{ cm}^3 \text{ Torr}/\text{mA min}$  durch die Eisenplatte hindurchzubekommen, obwohl nach dem Vorstehenden äußersten Falles nur  $11,36 \text{ cm}^3 \text{ Torr}/\text{mA min}$  als Ionenstrom in das Eisen geschossen werden. Es gelingt, mit dieser Anordnung den Entladungsraum

soweit zu evakuieren, daß die Entladung aus Mangel an Gas erlischt. Diese große Diffusionsmenge kommt wahrscheinlich daher, daß bei der Entladung nicht nur Ionen gegen das Eisen geschossen werden, sondern auch von den Ionen mitgerissene neutrale Moleküle, deren Energie so groß ist, daß sie auf der Eisenoberfläche in Atome oder Protonen gespalten werden.

Schon die geringsten Spuren von Sauerstoff in der Glimmentladung setzen die Diffusion des Wasserstoffes durch das Eisen sehr stark herab. Zusatz geringer Mengen von Argon zum Wasserstoff vergrößert die diffundierende Menge. Bei hohem Kathodenfall und großem Argongehalt, beispielsweise 20% Ar und 2000 V, wird das Eisen durch die gleichzeitig hineingeschossenen Ar-Ionen vollständig für die Wasserstoffdiffusion verstopft. Nach dem Ausschalten verliert das Eisen seine Undurchlässigkeit im Verlauf von etwa zehn Stunden allmählich, ein Zeichen, daß auch die Ar-Ionen, wenn auch äußerst langsam, im Eisen wandern. Wird das Eisen auf  $-185^\circ \text{C}$  abgekühlt, so wird es durch die hineingeschossenen Wasserstoffatome für Protonen verstopft und undurchlässig. Bei Erwärmung auf  $-110^\circ \text{C}$  kommt der festgefrorene Wasserstoff wieder heraus und das Eisen wird wieder durchlässig. In schwerverständlicher, noch nicht genügend aufgeklärter Weise ist die diffundierende Wasserstoffmenge von der Oberflächenbeschaffenheit der Eintrittsseite abhängig. Am günstigsten verhält sich eine glatt gewalzte Oberfläche. Wird eine solche mit Schmirgel gekratzt, so sinkt die Durchlässigkeit auf wenige % der ursprünglichen. Dagegen ist es auf der Austrittsseite ganz gleichgültig, ob sie gewalzt oder geschmirgelt ist. Auch der Härtezustand, also abgeschreckte oder angelassene Oberfläche, sind von großem Einfluß, doch sind die Versuche darüber noch nicht genügend weit gediehen, um sichere Angaben machen zu können. *Gsch.*

## Gleich- oder Wechselstrom für Steuerstromkreise, insbesondere für Aufzüge

Von Paul Donath VDE, Berlin

DK 621.876 : 621.3.024/.025

**Übersicht.** Zur Durchführung eines geräuscharmen Betriebes ist die Gleichstromerregung der Wechselstromerregung vorzuziehen. Weiterhin wird ausgeführt, daß die Gleichstromerregung wesentliche Vorteile hinsichtlich der Betriebssicherheit mit sich bringt und im Gesamtverbrauch an Werkstoff und Leistung nicht ungünstiger als die Wechselstromerregung ist.

### Brumm- und Schaltgeräusche

Im Laufe des letzten Jahrzehntes hat die Geräuschbekämpfung auf allen Gebieten des technischen Lebens erhöhte Bedeutung gewonnen. Auch der Bau von Aufzugssteuerungen ist von dieser Entwicklung beeinflusst worden, und geräuscharme Motoren und Steuergeräte werden in steigendem Maße für Aufzüge in Wohn- und Krankenhäusern, Hotels u. dgl. verwendet. Die von den Steuergeräten verursachten Geräusche unterscheiden sich in Brumm- und Schlaggeräusche. Erstere treten im Betriebszustand und letztere hauptsächlich beim Einschalten auf. Zu ihrer Bekämpfung werden verschiedene Wege benutzt.

Bei einphasigen Wechselstrommagnetsystemen, wie sie z. B. in Schütze eingebaut sind, wird durch Kurzschlußbringe der Kraftfluß in 2 phasenverschobene Teilflüsse aufgespalten. Diese sind von gleicher Größe sein und eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  haben, damit eine konstante Zugkraft entsteht. Leider läßt sich die hierzu notwendige Phasenverschiebung von  $90^\circ$  durch den Kurzschlußring nicht erreichen<sup>1)</sup>, so daß die Zugkraft des Einphasen-Magnetsystems trotz des Kurzschlußringes starken Schwankungen unterworfen ist. Bild 1 zeigt die Zugkraftschwankungen eines solchen Magnetsystems, das mit einem Kurzschlußring versehen war. Die Größe der ausnutzbaren Zugkraft wird durch die Schraffur angegeben; bei Entnahme einer höheren Zugkraft tritt sofort Brummen auf. Die Kurve veranschaulicht das Verhältnis der

stark schwankenden Gesamtkraft zu der zu entnehmenden, zulässigen, brummfreien Zugkraft in naturgetreum Maßstab. Die Aufzeichnung der pulsierenden Gesamtkraft war durch Auswertung der oszillographisch gemessenen Induktionsspannungen der einzelnen Teilflüsse möglich.

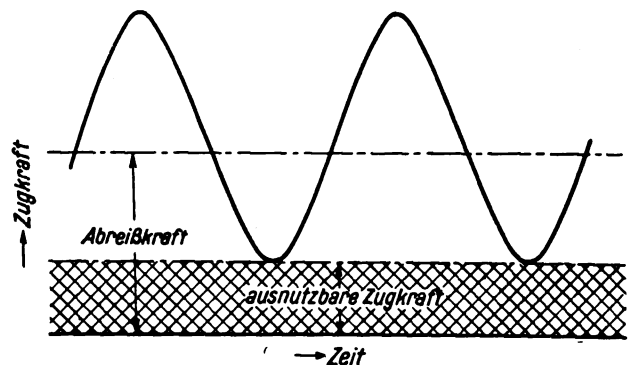


Bild 1. Zugkraftschwankungen eines wechselstromerregten Magnetsystems mit Kurzschlußring.

Bei Drehstrommagnetsystemen, wie sie z. B. als Bremslüfter verwendet werden, entsteht durch die aus dem Netz kommenden phasenverschobenen Erregerströme in den 3 Magnetschenkeln von selbst eine annähernd konstante Zugkraft, so daß für mehrphasige Magnetsysteme Kurzschlußbringe nicht erforderlich sind. Obwohl Einphasen- als auch Mehrphasenmagnete mit großer Sorgfalt hergestellt und nur soweit ausgenutzt werden, daß sie in fabrikanem Zustand als praktisch brummfrei bezeichnet werden können, ist allgemein bekannt, wie schwierig es ist, Wechsel- und Drehstrommagnetsysteme im Betrieb auf die Dauer brummfrei zu erhalten. Luftspalte in der Größenordnung von hundertstel Millimetern, namentlich

<sup>1)</sup> Unger, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) S. 85.



einseitige, wie sie im praktischen Betrieb durch Verschmutzen, Verrosten, Verspannen bei der Montage usw. jederzeit auftreten können, stören das richtige Verhältnis der phasenverschobenen Flüsse und führen zu sehr unangenehmen Brummgeräuschen.

An Wechsel- und Drehstrommagneten stört aber nicht nur das Brummen, sondern auch der Einschaltsschlag. Dieser ist um so heftiger, je höher die vom Magnetsystem erzeugte über der vom Gerät verbrauchten Zugkraft liegt. Ein zu hoher Kraftüberschuß beschleunigt den Anker unzulässig stark und erzeugt beim Aufeinanderschlagen der Polflächen ein störendes Geräusch. Eine Anpassung des Zugkraftverlaufes des Wechselstrommagneten an die Zugkraftkennlinie des Gerätes läßt sich kaum erreichen, da aus fabrikatorischen Gründen nur der stumpf aufeinander liegende Polkern in Betracht kommt. Nur bei diesem ist eine genügende Genauigkeit in der Bearbeitung der Polflächen sowie das einwandfreie Einbringen von Kurzschlußbrüngen möglich. Da der stumpf aufeinander liegende Polkern das Auftreten eines harten Einschaltsschlages verursacht, erfordern höhere Ansprüche an Schlagfreiheit bei Wechselstromerregung stets den Einbau einer Dämpfungspumpe.

Ganz anders verhält sich demgegenüber ein mit Gleichstrom erregter Magnet. Brummgeräusche können, da kein Wechselfluß vorhanden ist, naturgemäß nicht auftreten, und der Einschaltsschlag ist gering, da durch die richtige Ausbildung der Polform die erzeugte Zugkraft dem Zugkraftbedarf des Gerätes angepaßt werden kann. Die freie, zur Beschleunigung des Ankers verwendete Zugkraft bleibt daher in zulässigen Grenzen, so daß ein Gleichstrommagnet bei richtiger Polform viel weicher als ein wechselstromgespeister arbeitet. Zur Aufnahme des letzten Endschlages wird bei Gleichstrommagneten lediglich ein kleiner Gummipuffer zwischen Kern und Anker angebracht, der das metallische Aufeinanderschlagen der Polflächen verhindert. Diese einfache Schlagdämpfung durch Gummipuffer ist mit dem Auftreten eines Luftspaltes zwischen Kern und Anker verbunden. Sie ist nur bei Gleichstromerregung möglich, weil hier bei Vorhandensein eines Luftspaltes keine Brummgeräusche entstehen können. Der Luftspalt ist im Gegensatz zum Wechselstrommagneten unbedenklich, weil die Stromaufnahme durch den unveränderlichen ohmschen Widerstand der Wicklung bestimmt wird. Ein Ansteigen des Erregerstromes bei Vergrößern des Luftspaltes und das damit zusammenhängende Verbrennen der Spulen kann bei Gleichstrom nicht vorkommen.

Die unbestreitbaren Vorzüge des Gleichstromes für Zwecke der Magneterregung haben in Drehstromanlagen zur Gleichrichtung des Steuerstromes geführt. Hierbei wird oft nicht die Netzspannung selbst gleichgerichtet, sondern über einen Kleintransformator einem Trockengleichrichter zugeführt, wodurch eine starke Herabsetzung der Scheibenanzahl des Trockengleichrichters eintritt. Der scheinbare Mehraufwand für den Transformator bedeutet also in Wirklichkeit eine Ersparnis, weil der Gesamtpreis von Transformator und Trockengleichrichter für Kleinspannung in bestimmten Leistungsgrenzen niedriger ist als für einen Trockengleichrichter allein, wenn er für die volle Netzspannung bemessen werden muß.

Der Vorteil des Berührungsschutzes, der bei Steuerungen vorhanden ist, die für die Kommandostromkreise niedrig gespannten Gleichstrom verwenden, ergibt sich zwangsläufig, war aber nicht der Grund zur Anwendung der Kleinspannung.

Der aus Trockengleichrichtern bezogene Strom erhält eine gute Glättung des gleichgerichteten Stromes durch die induktive Belastung der Magnetspulen. Ein zusätzlicher Aufwand von Drosselspulen oder Kondensatoren zum Zwecke der Stromglättung ist für die Speisung von Magnetspulen also überflüssig<sup>2)</sup>; dies zeigt das Oszillo-

gramm Bild 2. Wie ersichtlich, besitzt der Erregerstrom und damit der Magnetfluß eine fast gleichmäßige Stärke. Die noch vorhandene geringe Welligkeit hat eine Amplitude von nur wenigen Hundertteilen des Erregerstromes; der über Trockengleichrichter gespeiste Magnet ist also praktisch brummfrei. Vor allen Dingen bleibt die Brumfreiheit auch bei allen Betriebszuständen bestehen; gleichgültig, ob das Gerät von Verschmutzung, Verrostung, roher Behandlung oder fehlerhafter Montage betroffen wird.

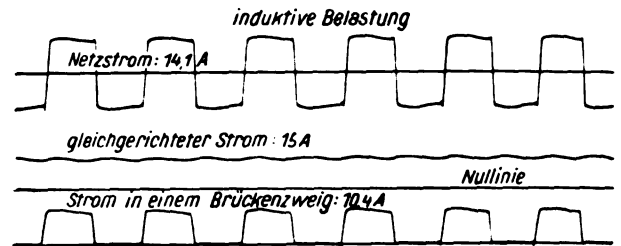


Bild 2. Strom- bzw. Zugkraftschwankungen eines über Gleichrichter erregten Magnetsystems ohne Kurzschlußbrügge.

### Wirtschaftlichkeit von Gleich- und Drehstrommagneten

Um die Frage des Werkstoffaufwandes zu entscheiden, erregt man zweckmäßig die gleiche Magnetkonstruktion einmal mit Drehstrom und dann mit Gleichstrom. Der Drehstrommagnet richtet seinen Strombedarf nach der Größe des Luftspaltes ein; er hat im Betrieb den Nachteil größerer Störanfälligkeit, weil bei mechanischer Überlastung oder Klemmungen im Gestänge die Spulen infolge des Bestehenbleibens eines Luftspaltes verbrennen.

Wird der Magnet mit Gleichstrom erregt, so kann auf Grund des konstanten, ohmschen Widerstandes der Wicklung nur ein Strom konstanter Größe aufgenommen werden. Der Strom muß bei großem Luftspalt zur Entwicklung der gleichen Zugkraft ebenso groß sein, als wenn der Magnet mit Drehstrom gespeist wird, und bleibt auch nach Beendigung des Hubes in voller Höhe bestehen. Da dieser Strom jedoch zum Halten der Last viel zu groß ist, kann am Hubende die Wicklung durch einen Sparschalter an eine entsprechend kleine Spannung gelegt und so das selbsttätige Zurückgehen des Erregerstromes bei Verringerung des Luftspaltes, wie es der drehstromgespeiste Magnet aufweist, grobstufig nachgeahmt werden. Der gleichstromerregte Magnet ist dann in seinen Verlusten und im Werkstoffaufwand dem drehstromerregten nicht nur gleichwertig, sondern überlegen, weil die Eisenverluste wegfallen.

Wenn ein Magnet sehr hoch ausgenutzt werden soll oder muß, ist die Gleichstromerregung stets vorteilhafter, da die Verluste von Drehstrommagneten bei hoher Eisen-sättigung sehr hoch sind. Solche Hochleistungs-Magnete werden dann mit Sparschalter und stumpf aufeinander liegenden Polkernen ausgeführt und ergeben je nach Größe etwa 10 bis 20  $\frac{\text{cmkg Hubarbeit}}{\text{kg Gesamtgewicht}}$ , während ein Drehstrommagnet für gleiche Einschaltdauer nur etwa 3 bis 6  $\frac{\text{cmkg Hubarbeit}}{\text{kg Gesamtgewicht}}$  erreicht. Der Werkstoffaufwand beträgt also bei gleicher Leistung beim Drehstrommagneten etwa das dreifache des Gleichstrommagneten.

Der so gebaute Gleichstrommagnet arbeitet aber sehr hart, da die hohe Überschubkraft gegen Hubende eine starke Beschleunigung der bewegten Massen verursacht. Eine betriebssichere und auf die Dauer wirksame Dämpfung des Einschaltsschlages läßt sich wegen der auftretenden großen Kräfte nur schwer erreichen. Aus diesem Grunde macht man von derartig gebauten Gleichstrommagneten, so wirtschaftlich sie in bezug auf Werkstoffaufwand auch sind, nur in Ausnahmefällen Gebrauch.

<sup>2)</sup> K. Pieck, ETZ 60 (1939) S. 1297.

Man geht also bewußt von der Magnetkonstruktion mit Sparschalter und stumpfem Kern, die den geringsten Werkstoffaufwand ergibt, ab und benutzt die konische Polform. Diese ergibt bei richtiger Wahl des Konus eine nur wenig ansteigende Zugkraft und arbeitet daher weich. Weiterhin wird der magnetische Widerstand des Luftspaltes und damit der zum Anziehen erforderliche Strom sehr stark herabgesetzt, so daß auch der Sparschalter wegfallen kann. Die Widerstandsverringerung des magnetischen Kreises durch den Konus beruht einestheils auf der Vergrößerung des Luftquerschnittes und andernteils auf der Verkürzung des Kraftlinienweges beim Durchfließen des Luftspaltes. Als Regel ergibt sich: je schlanker der Konus, um so niedriger der magnetische Widerstand sowie der erforderliche Strom und umgekehrt. Da die Stromaufnahme die prozentuale Einschaltdauer des Magneten bestimmt, so folgt weiter, daß streng genommen für jede prozentuale Einschaltdauer ein anderer Konus verwendet werden müßte.

Aus Gründen der Fabrikation und Lagerhaltung sind die Hersteller aber nicht in der Lage, ihre Magnete je nach der Einschaltdauer mit anderen Konuswinkeln zu versehen. Man geht den Mittelweg und führt nur einen Konus aus, der für eine mittlere prozentuale Einschaltdauer bemessen ist, andererseits aber noch soviel Endzugkraft besitzt, daß bei sehr hoher Einschaltdauer eine Sparschaltung möglich ist.

Für Betätigungsmagnete von Gleichstromschützen und Relais, bei denen sich konische Magnetkerne nur schwer unterbringen lassen, wird die Beeinflussung der Zugkraftkurve durch Polplatten vorgenommen, die eine ähnliche Wirkung wie der konische Kern ausüben.

Um den Werkstoffaufwand festzustellen, wurde eine Reihe luftgekühlter Gleich- und Drehstrombremslüfter miteinander verglichen. Dabei ergab sich, daß das Gesamtgewicht beider Bauarten keinen nennenswerten Unterschied aufweist, daß aber das Kupfergewicht und auch die Verluste der Drehstrombremslüfter bei angezogenem Kern nur etwa halb so groß als die der entsprechenden Gleichstrombremslüfter sind. Durch den

außerordentlich hohen Anzugsstrom des Drehstrombremslüfters muß aber die Zuleitung zum Motor und Bremslüfter mit größerem Querschnitt ausgeführt werden, und die Durchrechnung von Beispielen hat ergeben, daß das an der Wicklung ersparte Kupfer bzw. Aluminium durch die stärkere Zuleitung wieder verausgabt wird.

Ebenso ist es mit dem Energieaufwand. Auch hier entsteht bei der genormten Schaltzahl von 120/h durch die außerordentlich hohen Verluste bei abgefallenem Kern ein durchschnittlicher Stromverbrauch, der den des Gleichstrombremslüfters mindestens erreicht.

Die Praxis hat der Tatsache, daß Gleichstrom für Steuerungszwecke günstiger als Wechselstrom ist, auch schon immer — manchmal vielleicht unbewußt — Rechnung getragen. Wer beide Stromarten zur Verfügung hatte, wie z. B. beim Leonardbetrieb, hat die Steuerung seit jeher an Gleichstrom gelegt. Wo eine Gleichrichtung ohne erheblichen wirtschaftlichen Mehraufwand möglich ist, wie z. B. bei Aufzugschützen, bei denen die sonst erforderlichen Dämpfungspumpen der Schütze wegfallen und damit die Kosten der Gleichrichteranordnung tragen, sollte auch in Drehstromanlagen für die Magneterregung nur Gleichstrom verwendet werden.

#### Zusammenfassung

Die Vorteile des Gleichstrommagnetsystems gegenüber dem Wechselstrommagnetsystem sind folgende:

1. Keine Geräusche, weil praktisch brumm- und schlagfrei.
2. Größere Betriebssicherheit, weil Luftspalte nicht zum Verbrennen der Spulen führen. Schonung des Gerätes durch sanfte Arbeitsweise, magnetisches Kleben nicht möglich.
3. Keine Wartung, weil massives Magnetsystem verwendbar, keine Nietung bzw. isolierte Nietung von Einzelblechen, keine Kurzschlußbringe.
4. Gesamtaufwand an Werkstoff und Leistung bei richtig bemessenen Gleichstrommagneten nicht höher als bei Wechselstrommagneten.

## Bestimmung des Grenzfallspitzenzuges prismatischer Einspannfundamente von Freileitungen

Von Karl Kohler VDE, Karlsruhe

DK 621.315.17

**Übersicht.** Ein auf Grund erddrucktheoretischer Überlegungen entwickeltes Berechnungsverfahren<sup>1)</sup> prismatischer Einspannfundamente wird erläutert; für schwierigere funktionelle Zusammenhänge werden Rechentafeln angegeben.

### 1. Einführung

Zwei grundsätzliche Schwierigkeiten sind wohl die Ursache, daß die auf Coulomb zurückgehende Erddrucktheorie bei der Behandlung von Einspannfundamenten wenig erfolgreich war. Einerseits kennt die klassische Erddruckdarstellung lediglich einen einzigen Belastungszustand, den sogenannten Grenzfall des Gleichgewichts; treten daher bei Zugversuchen an Mastfundamenten keine erkennbaren Sonderpunkte der Bodenbeanspruchung auf, so kommt eben dieser Theorie wenigstens bei den Einspanngründungen keine prüfbare Bedeutung zu. Andererseits läßt sich das sogenannte Gleitprisma bzw. die entsprechende Gleitgerade nicht für die Darstellung der hier zu untersuchenden Vorgänge verwenden,

da die räumlichen Voraussetzungen der in Betracht kommenden Fundamentformen nicht einfach genug sind.

In einer besonderen Arbeit<sup>1)</sup> konnte gezeigt werden, daß sowohl die von H. Fröhlich veröffentlichten Reichspostversuche als auch die Beobachtungen von G. Sulzberger in den Zug-Blockneigungs-Schaubildern deutlich feststellbare Knickpunkte aufweisen, die die Vermutung zulassen, daß die dadurch gekennzeichneten Belastungen dem Grenzfallzustand der Erddrucktheorie entsprechen. Die Einführung von Gleitkeilen bzw. Gleitdreiecken in der räumlichen bzw. ebenen Darstellung ermöglichte andererseits eine geschlossene Behandlung des Gleichgewichts an Einspannfundamenten. Die angewandten Hilfsvorstellungen finden hierbei durch Extremwertuntersuchungen im Sinne der Variationsrechnung eine eingehende Begründung.

Die Ergebnisse berücksichtigen die Unterschiede zwischen bindigem und nicht bindigem Boden, so daß neben dem inneren Reibungswinkel des durch die Gründung beanspruchten Erdreichs auch dessen Schubfestigkeit in die Rechnung eingeht. Eine Sonderbetrachtung der Einflüsse

<sup>1)</sup> K. Kohler, Dtsch. Wasserw 34 (1930) S. 9, 71 u. 131.

verschiedener Fundamentquerschnitte ermöglicht ferner die Entwicklung von Formfaktoren. Für den meist vorliegenden Fall prismatischer Fundamente mit längs der Einspannung gleichbleibendem Querschnitt werden dann die allgemeinen Systembedingungen in eine Form gebracht, die eine Auflösung nach dem Spitzenzug mit üblichen Rechenbehelfen ermöglicht.

2. Die Systemgleichungen und ihre graphische Darstellung

a) Erläuterung der Kurzzeichen

Die zur Aufstellung der Hauptgleichungen verwendeten Kurzzeichen haben folgende Bedeutung.

Bodenwerte:

- $\mu$  Tangens des inneren Reibungswinkels  $\varrho$  des Bodens,
- $\mu_1$  Tangens des Reibungswinkels  $\varrho_1$  des Bodens gegenüber Fundamentbaustoff,
- $K_s$  Schubfestigkeit des Bodens in  $\text{kg/m}^2$ ,
- $\gamma$  spezifisches Gewicht des Erdreiches in  $\text{kg/m}^3$ ,
- $a$  Formfaktor des Fundamentquerschnitts,
- $\bar{\varepsilon}, \bar{\mu}_1, T_0$  Hilfwerte nach besonderer Definition,  $T_0$  in m.

Systemmaße:

- $b$  größte waagerechte Ausdehnung des Fundamentquerschnitts senkrecht zum Spitzenzug in m,
- $c$  wie zuvor, jedoch parallel zum Spitzenzug,
- $t_0$  Abstand des Blockdrehpunktes im Grenzfall von der Erdoberfläche in m,
- $t_1$  Einspanntiefe in m,
- $h$  Höhe des Angriffspunktes des Spitzenzuges über Erde in m,
- $q$  Flächeninhalt des Fundamentquerschnitts in  $\text{m}^2$ ,
- $\lambda', n', t_1$  Hilfwerte nach besonderer Definition.

Kräfte:

- $Z$  Spitzenzug in kg,
- $R_s$  Sohlenreibung in kg,
- $G_0$  Gewicht der auf dem Fundament lastenden Trag- und Zugorgane einschließlich der Leitungen in kg,
- $G_f$  Gewicht des Fundamentblocks in kg,
- $\gamma_B$  spezifisches Gewicht des Fundamentbaustoffs in  $\text{kg/m}^3$ ,
- $Q', Q_0$  Erdpressungen in kg nach besonderer Definition,
- $k_z$  Gründungskennziffer nach besonderer Definition,
- $K, v'$  Hilfwerte nach besonderer Definition.

b) Die Hauptgleichung

Der Grenzfallspitzenzug ist allgemein  $Z = k_z Q'$ . Die fiktive Gesamtpressung  $Q'$  bestimmt sich hierbei aus der Gleichung  $Q' = a \bar{\varepsilon} \gamma b t_1'^2/2$ . Damit wird

$$Z = \frac{1}{2} k_z a \bar{\varepsilon} \gamma b t_1'^2. \tag{1}$$

Der Hilfwert  $\bar{\varepsilon}$  steht mit  $\mu$  in folgendem funktionellen Zusammenhang:

$$\bar{\varepsilon} = \text{tg}^2 \left( 45^\circ + \frac{\varrho}{2} \right) - 1 = 2 \mu (\mu + \sqrt{1 + \mu^2}). \tag{2}$$

Die fiktive Einspanntiefe  $t_1'$  weicht nur beim Vorhandensein bindigen Bodens von der tatsächlichen  $t_1$  ab; es ist

$$t_1' = t_1 + T_0. \tag{3}$$

$T_0$  ist ein reiner Bodenwert nach der Beziehung

$$T_0 = \frac{K_s}{\mu \gamma}. \tag{4}$$

Bei Kenntnis des unter Abschnitt c erläuterten Formfaktors  $a$  ist man in der Lage, die Gesamtpressung  $Q'$  zu bestimmen. Für bindige Böden tritt noch zusätzlich die fiktive Pressung  $Q_0$  auf; es ist

$$Q_0 = \frac{1}{2} a \bar{\varepsilon} \gamma b T_0^2. \tag{5}$$

c) Der Formfaktor des Querschnittes

Der Formfaktor  $a$  ist für die verschiedenen Querschnittsarten verschieden und hängt außerdem von  $\mu$  und  $\mu_1$  ab. Die letztere Abhängigkeit wird durch den Gleitwinkel  $\delta_\mu$  gekennzeichnet, dessen Tangens  $\mu_1$  sich nach der Beziehung

$$\mu_1 = \frac{\bar{\varepsilon} \mu}{\bar{\varepsilon} + 1 + \mu^2} \tag{6}$$

bestimmt, wobei lediglich die kleinere der beiden Wurzeln in Betracht zu ziehen ist. Dieser Gleichung entspricht die Determinante

$$\begin{vmatrix} 0, & +1, & \bar{\varepsilon} \\ \bar{\mu}_1, & -1, & (1 + \bar{\mu}_1^2) \\ -\mu_1, & 1, & 0 \end{vmatrix} = 0,$$

die in bekannter Weise<sup>3)</sup> die Konstruktion von drei Teilungsträgern in einem Linienkoordinatensystem gemäß Bild 1 ermöglicht. Die  $\bar{\varepsilon}$ -Achse wird hierbei unter Verwendung der Gl. (2) nach  $\mu$  unterteilt. Ein Zahlenbeispiel möge zur Erläuterung dienen: Für  $\mu = 0,4$  und  $\mu_1 = 0,2$  erhält man durch die Tafel  $\bar{\mu}_1 = 0,4$ .

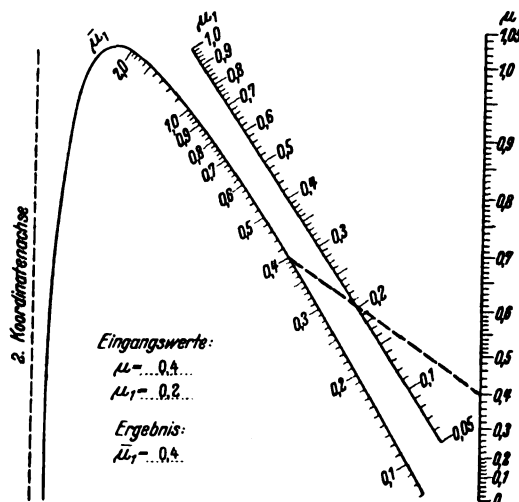


Bild 1. Tafel zur Bestimmung des Wertes  $\mu_1$ .

Mit dem nun leicht bestimmbareren Wert von  $\bar{\mu}_1$  erhält man folgende Beziehungen für die Formfaktoren:

Für den rechteckigen Querschnitt (Seiten parallel oder senkrecht zum Spitzenzug ausgerichtet):

$$a_{\square} = 1 + \frac{c}{b} \sin 2 \delta_\mu = 1 + 2 \frac{c}{b} \frac{\bar{\mu}_1}{1 + \bar{\mu}_1^2}. \tag{7}$$

Mit  $c = b$  wird hiermit auch das nach den Seiten orientierte Quadrat erfaßt. In einem Linienkoordinatensystem stellt Gl. (7) mit den unabhängigen Veränderlichen  $(c/b)$  und  $a$  einen Skalenträger für  $\mu_1$  dar; die Teilungslinie  $l$  in Bild 2 gestattet dann, die Gleichung in üblicher Weise aufzulösen. Der  $(c/b)$ -Achse ist noch eine  $Z$ -Tafel zur Ermittlung von  $c/b$  aus den Grundwerten  $c$  und  $b$  angegliedert. (Zahlenbeispiel: Mit  $b = c = 1$  m, und  $\bar{\mu}_1 = 0,4$  liefert die Tafel  $a = 1,69$ ).

Für den rhombischen Querschnitt (Diagonale parallel oder senkrecht zum Spitzenzug ausgerichtet):

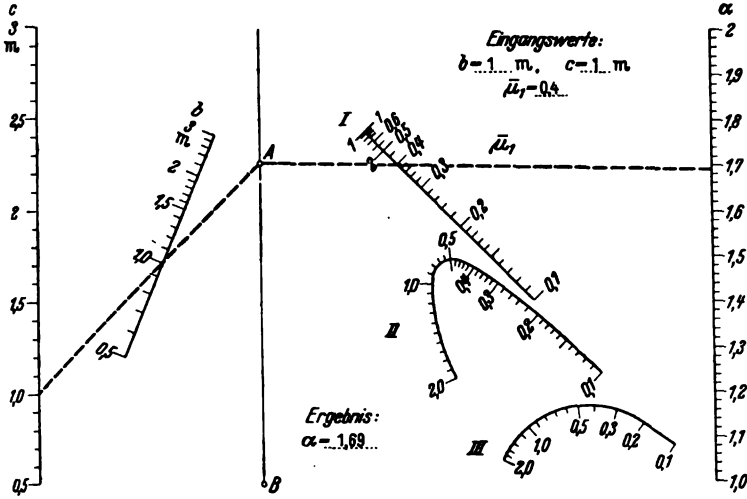
Hier ist  $a_{\diamond} = (1 + \text{tg} \beta \bar{\mu}_1) / (1 + \bar{\mu}_1^2)$ , wenn der halbe Winkel der Seitenkante  $\beta \geq \delta_\mu$  ist. Ist  $\beta$  kleiner als  $\delta_\mu$ ,

<sup>3)</sup> Vgl. C. Runge, Graphische Methoden, S. 85; B. G. Teubner, Leipzig 1915.

dann ist allgemein  $\alpha = 1$ . Nun ist  $\text{tg } \beta = (c/2)/(b/2) = c/b$ , also auch

$$\alpha_{\square} = \frac{1 + \frac{c}{b} \bar{\mu}_1}{1 + \bar{\mu}_1^2} \quad (8)$$

Mit  $(c/b)$  und  $\alpha$  als unabhängige Veränderliche erhält



I rechteckiger, II rhombischer und Punkt B mit III kreisrunder Querschnitt  
Bild 2. Tafel zur Bestimmung des Formfaktors.

man im gleichen Linienkoordinatensystem wie zuvor einen weiteren Teilungsträger für  $\bar{\mu}_1$  (II in Bild 2), der auch hier die übliche Auflösung der Gl. (8) zuläßt. Ergibt nun die Tafel im Einzelfall einen kleineren Wert von  $\alpha$  als 1, dann ist  $\alpha$  auf Grund obiger Eingrenzung gleich 1 zu setzen. Mit  $c = b$  liegen wieder die Verhältnisse des quadratischen Querschnitts vor, der aber hier nach den Diagonalen orientiert ist.

Für den Kreisquerschnitt:

Es ist  $\alpha_{Kr} = \sin \delta_p + \cos^2 \delta_p$  bzw. nach Umformung der Winkelausdrücke

$$\alpha_{Kr} = \frac{1 + \bar{\mu}_1 \sqrt{1 + \bar{\mu}_1^2}}{1 + \bar{\mu}_1^2} \quad (9)$$

Soweit man nur die beliebige Größe  $X$  gleich 1 setzt, ist auch  $\alpha_{Kr} = (1 + X \bar{\mu}_1 \sqrt{1 + \bar{\mu}_1^2}) / (1 + \bar{\mu}_1^2)$ . Bei veränderlichem  $X$  ergibt diese Gleichung im Linienkoordinatensystem von Bild 2 für  $\bar{\mu}_1$  den Teilungsträger III. Hierbei ist die  $X$ -Achse mit der  $(c/b)$ -Achse gleichgesetzt; für die Auflösung der Gl. (9) steht aber ausschließlich Punkt B ( $X = 1$ ) zur Verfügung.

d) Die Gründungsziffer

Mit den Kürzungen

$$f_1 = \sqrt{\frac{1,15 + v'}{2}}$$

und

$$f_2 = \frac{2}{3} \left[ (0,925 + v') \sqrt{\frac{1,15 + v'}{2}} - 1 \right]$$

lautet die Beziehung für die Gründungsziffer

$$k_z = \frac{K v' - f_2}{n' + f_1} \quad (10)$$

$f_1$  und  $f_2$  sind also hierbei ausschließlich Funktionen der Hilfsgrößen  $v'$ . Mit  $K$  und  $k_z$  als unabhängige Veränder-

liche ergibt Gl. (10) in einem Linienkoordinatensystem die Netztafel Bild 3. Soweit also die Hilfswerte  $n'$  und  $v'$  bekannt sind, liegt durch den Schnitt der dadurch gekennzeichneten Kurven ein Punkt fest, der zusammen mit dem dem Wert  $K$  entsprechenden Punkt auf der  $K$ -Linie die Lösungsgerade für  $k_z$  ergibt. Zahlenbeispiel: Mit  $n' = 2$ ,  $v' = 0,105$  und  $K = 0,63$  erhält man für  $k_z$  den Wert 0,067.

Für  $n'$ ,  $v'$  und  $K$  liegen nun folgende Beziehungen vor:

$$n' = \frac{h - T_0}{t_1 + T_0} \quad (11)$$

$$v' = \frac{R_s + Q_0}{Q'} \quad (12)$$

und

$$K = \frac{2}{3} T_0 + \left( t_1 + \frac{T_0}{3} \right) \frac{R_s}{R_s + Q_0}; \quad (13)$$

hierbei ist

$$R_s = (G_0 + G_f) \mu_1 = (G_0 + q t_1 \gamma_B) \mu_1 \quad (14)$$

Zum Schluß sei erwähnt, daß das Verfahren nur anwendbar ist, wenn das Drehpunktverhältnis

$$\lambda'_0 = (T_0 + t_0) / (T_0 + t_1)$$

gleich oder kleiner als 1 ist.

Zur Prüfung dieser Nebenbedingung ist bereits in der Hauptarbeit<sup>3)</sup> eine Tafel angegeben.

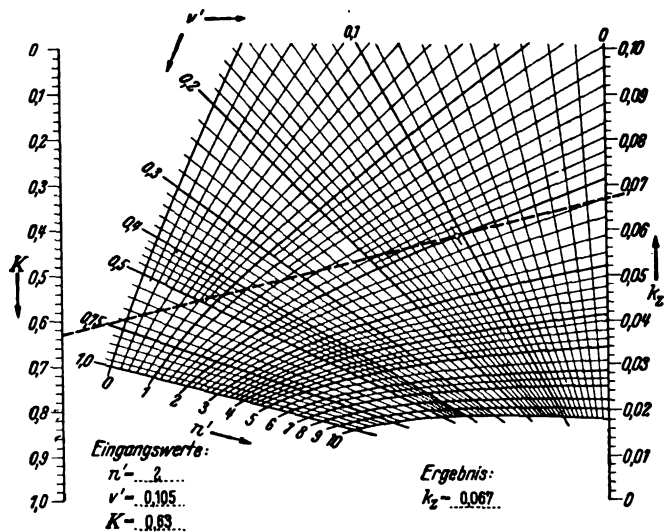


Bild 3. Tafel zur Bestimmung der Gründungsziffer  $k_z$ .

3. Zusammenfassung

Über ein neues erddrucktheoretisches Verfahren zur Berechnung prismatischer Einspannfundamente wird berichtet. Die Hauptgleichungen, die sowohl bindige als auch nicht bindige Böden erfassen, werden wiedergegeben; der Formeinfluß verschiedener Fundamentquerschnitte findet hierbei besondere Berücksichtigung. Schwierigere mathematische Beziehungen werden dann mit Hilfe von Linienkoordinaten dargestellt, aus denen für die gewünschten Fälle die Werte bequem entnommen werden können.

<sup>3)</sup> Siehe Fußnote 1.

## Einführung zum Entwurf von DIN VDE 685 „Keramische Isolierstoffe“

Von G. Pfestorf VDE u. W. Steger VDE, Berlin

DK 621.315.612 (083.133.1)

Die Grundlage des neuen Normblattes für keramische Isolierstoffe, dessen Entwurf auf S. 496 veröffentlicht ist, bildet die „Übersichts- und Eigenschaftstafel keramischer Werkstoffe für die Elektrotechnik“<sup>1)</sup>, die im Jahre 1935 vom Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken (VDEP) geschaffen worden ist, um besonders den Verbraucherkreisen einen Überblick über die verschiedenartigen keramischen Werkstoffe zu geben, die für die Elektrotechnik in Betracht kommen. Die Hochfrequenzkeramik war damals bereits soweit entwickelt, daß einige keramische Werkstoffe für diesen Zweig der Elektrotechnik schon berücksichtigt werden konnten. Die schnellen Fortschritte auf diesem Gebiet haben jedoch bald eine Überarbeitung durch den VDEP nötig gemacht, deren Niederschlag der nun vorliegende Normblatt-Entwurf ist. Er bringt gegenüber der ersten Eigenschaftstafel nicht nur eine Erweiterung der Gruppen keramischer Isolierstoffe, sondern außerdem auch zahlreiche neue Eigenschaftswerte. Es ist vorgesehen, zu dieser Eigenschaftstafel eine Zusammenstellung der Prüfverfahren in einer Neubearbeitung von VDE 0335 „Leitsätze für keramische Isolierstoffe“ herauszugeben. Als vorläufige Grundlage für den Normblatt-Entwurf haben die „Prüfvorschriften zur Eigenschaftstafel keramischer Isolierstoffe für die Elektrotechnik“ gedient<sup>2)</sup>.

In dem Normblatt-Entwurf sind die keramischen Isolierstoffe für die Elektrotechnik in fünf Gruppen aufgeteilt, wobei als Einteilungsgrundsatz im wesentlichen die Auswahl der keramischen Rohstoffe gewählt worden ist. Die Gruppe I enthält die seit langem von der Elektrotechnik verwendeten Hochbrand-(Hart-)porzellanerzeugnisse sowie die neueren steinzeugartigen Massen mit meist dunkler Färbung. In Gruppe II sind die dichten keramischen Isolierstoffe zusammengefaßt, die als wesentlichen Bestandteil Speckstein enthalten. Die Gruppe III ist durch die Verwendung von Titanverbindungen im Masseversatz gekennzeichnet. In Gruppe IV finden sich die Sondermassen mit besonders kleiner Wärmedehnung, die auf der Anwesenheit von Cordierit, einem Stoff von der chemischen Zusammensetzung  $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ , beruhen. Zur Gruppe V gehören keramische Massen, die außer Ton und z. T. Magnesiumsilikaten auch Zusätze von gut wärmeleitenden Stoffen, wie Elektrokorund und Siliziumkarbid enthalten können.

Zur weiteren Kennzeichnung der fünf Gruppen sind die Brenntemperaturen der Massen, ihre richtunggebenden Eigenschaften und ihre Anwendung in der Elektrotechnik aufgenommen. Bei den Gruppen I und II mußte eine Unterteilung der Eigenschaftszahlen vorgenommen werden, je nachdem, ob die Prüfkörper durch Drehen, Gießen und Strangpressen oder durch Pressen hergestellt werden. Diese Unterschiede in der Art der Formgebung treten besonders bei den mechanischen Eigenschaften in Erscheinung.

Die Grenzwerte der Eigenschaftstafel sind aus den Ergebnissen von Prüfungen an den Erzeugnissen der elektrokeramischen Werke zusammengestellt. Die Prüfungen wurden von drei staatlichen Anstalten, und zwar der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, dem Staatlichen Materialprüfungsamt und der Chemisch-Technischen Versuchsanstalt bei der Staatlichen Porzellan-Manufaktur Berlin in enger Zusammenarbeit mit den Laboratorien der elektrokeramischen Großfirmen ausgeführt. Soweit ältere

Prüfverfahren strenger neuzeitlicher Kritik nicht standhielten, wurden sie durch neue ersetzt, nachdem sie in umfangreichen Gemeinschaftsversuchen in verschiedenen Prüfanstalten erprobt worden waren.

Die Eigenschaftstafel enthält Zahlenwerte oder Angaben für 24 Eigenschaften; die folgenden Bemerkungen zu den Eigenschaften und Prüfverfahren sollen zum Verständnis der Tafel beitragen.

1. Saugfähigkeit. Für die Bestimmung der Saugfähigkeit wurde die Vorschrift nach § 12 a von VDE 0446/1929 übernommen.

2. Wasseraufnahmevermögen. Für die Ermittlung des Wasseraufnahmevermögens wurde ein neues Verfahren angewandt, welches gestattet, auch das geringe Wasseraufnahmevermögen, z. B. von feucht gepreßtem Porzellan, mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen. In einem Gefäß wird ein keramisches Formstück luftleer gepumpt und danach mit Wasser gesättigt, das mindestens 12 Stunden Zeit haben muß, in die engen Poren einzudringen.

3. Raumgewicht. Dieses wird in einfachster Weise durch Ausmessen und Wägen eines regelmäßig geformten Körpers bestimmt.

4. Zugfestigkeit. Für die Bestimmung der Zugfestigkeit sind neue Prüfkörper von kreisförmigem Querschnitt geschaffen worden, die gegenüber der älteren Form der „Achterkörper“ technisch leichter herzustellen sind. Dementsprechend sind auch die Einspannvorrichtungen für die Prüfkörper in der Zugprüfmaschine abgeändert worden.

5. Druckfestigkeit. An Stelle der früher allgemein gebräuchlichen Zylinder von 16 mm Durchmesser und Höhe wurden solche von 25 mm Durchmesser und Höhe angewandt.

6. Biegefestigkeit. Die Prüfkörper sind im Querschnitt etwas verschieden, je nachdem sie stranggepreßt und gegossen oder gepreßt werden. Der Schneidenabstand bei der Prüfung beträgt 100,0 mm.

7. Schlagbiegefestigkeit. Die Bestimmung der Schlagbiegefestigkeit von keramischen Isolierstoffen wurde beibehalten, obwohl aus der Hersteller-Industrie Bedenken gegen ihre Anwendung auf keramische Isolierstoffe geäußert worden waren. Es bleibt weiteren Arbeiten vorbehalten, für die Bestimmung der dynamischen Festigkeit von keramischen Proben ein passenderes Verfahren auszuarbeiten.

8. Härte. Bei der großen Härte von keramischen Stoffen erschien die Benutzung der Ritzhärteprüfung nach der Mohsschen Skala ausreichend.

9. Lineare Wärmedehnzahl. Eine Erweiterung des Temperaturbereiches über  $100^\circ$  und unter  $20^\circ$  wurde bei keramischen Isolierstoffen nicht für nötig gehalten.

10. Spezifische Wärme. Trotz der großen Ähnlichkeiten der spezifischen Wärmen aller keramischen Massen wurde ihre Bestimmung aufgenommen, weil sie bei der Berechnung der Wärmeleitfähigkeit (vgl. Ziffer 11) gebraucht wird.

11. Wärmeleitfähigkeit. Für die Messung der Wärmeleitfähigkeit von keramischen Werkstoffen stehen gute Meßverfahren zur Verfügung. Alle Einrichtungen hierfür sind aber so verwickelt und die Messungen so schwierig, daß sie nur wissenschaftlichen Instituten vorbehalten bleiben. Um auch einfacher eingerichteten Industrielaboratorien die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit zu ermöglichen, wurde die Berechnung der

<sup>1)</sup> ETZ 56 (1935) S. 915.

<sup>2)</sup> Bellage zu Ber. dtsh. keram. Ges. 20 (1939) H. 9 und Keram. dsch. 48 (1940) H. 4, S. 28; H. 5, S. 38; H. 7, S. 56; H. 10, S. 88.

Wärmeleitfähigkeit aus der Temperaturleitfähigkeit (s. unter Ziffer 12), der spezifischen Wärme (s. unter Ziffer 10) und dem Raumgewicht (s. unter Ziffer 3) vorgesehen, nachdem ein sehr einfaches Verfahren zur Messung der Temperaturleitfähigkeit im Fachschrifttum beschrieben worden ist (s. unter Ziffer 12).

12. **Temperaturleitfähigkeit.** Durch die Veröffentlichung von S. Pyk und B. Stålhane<sup>3)</sup> wurde ein sehr einfaches Prüfgerät für die Temperaturleitfähigkeit bekannt. Es hat gegenüber älteren Apparaten so große Vorzüge, daß es in die Prüfvorschriften aufgenommen wurde.

13. **Temperaturwechselbeständigkeit.** Für die Bestimmung des Widerstandes keramischer Stoffe gegen schroffen Temperaturwechsel ist ein neues Gerät vorgesehen, mit dem die Prüfkörper in einem Luftbade auf eine bestimmte, bei jedem neuen Versuch zu steigende Temperatur erhitzt und dann in fließendem kaltem Wasser abgeschreckt werden, bis sie Risse erhalten. Die Zahlen der Eigenschaftstafel sind abweichend hiervon unter Erhitzung der Prüfkörper in einem Flüssigkeitsbad gewonnen worden.

14. **Feuerfestigkeit.** Die Bestimmung der Feuerfestigkeit nach Segerkegeln, ein altbewährtes Verfahren zur Feststellung des Schmelzpunktes von keramischen Rohstoffen und Erzeugnissen, wurde in der Fassung nach DIN 1063 übernommen.

15. **Korrosionsfestigkeit.** Ein besonderes Prüfverfahren zur Bestimmung der Korrosionsfestigkeit keramischer Isolierstoffe ist nicht vorgesehen. Die Angaben im Normblatt-Entwurf beruhen auf Betriebs-erfahrungen.

16. **Durchschlagsfestigkeit.** Als Durchschlagsfestigkeit gilt der Quotient aus der gemessenen Durchschlagsspannung und der Plattendicke, gemessen an der Durchschlagsstelle in einem homogenen Feld. Durchschlagsfestigkeiten, die an verschiedenen Meßstellen des gleichen Werkstoffes ermittelt werden, sind nur vergleichbar, wenn die äußeren Versuchsbedingungen bekannt und genau die gleichen sind. Obwohl die Durchschlagsspannung im allgemeinen nicht linear mit der Dicke des Isolierstoffes ansteigt und eine genaue theoretische Berechnung der Feldverteilung im Dielektrikum wegen der unbekanntenen Ionenverteilung nicht möglich ist, wird als Durchschlagsfestigkeit im allgemeinen die Festigkeit für 1 cm, und zwar in kV/cm berechnet. In der Zahlentafel ist die Durchschlagsfestigkeit in kV/mm = 10 kV/cm angegeben; die Messungen wurden an keramischen Platten mit eingearbeiteten kugelförmigen Elektroden bei einem mittleren Elektrodenabstand von 1,5 mm ± 10 % durchgeführt<sup>4)</sup>. Die angegebenen Zahlenwerte können nicht ohne weiteres für die Errechnung der Durchschlagsspannung zwischen beliebigen Elektroden und bei beliebiger Dicke des Isolierstoffes benutzt werden<sup>5)</sup>.

17. **Dielektrizitätskonstante.** Die Werte für die Dielektrizitätskonstante schwanken bei Werten unter 10 bei den verschiedenen Proben etwa um eine Einheit. Sie sind ermittelt an unvorbehandelten Prüfkörpern. Bei Verlustfaktoren größer als 0,1 ( $100 \cdot 10^{-4}$ ) ist die Dielektrizitätskonstante nicht mehr definiert, sondern von Voraussetzungen über das Ersatzschaltbild des verlustbehafteten Kondensators abhängig. Bei keramischen Erzeugnissen, die einen hohen dielektrischen Verlustfaktor aufweisen ( $\text{tg } \delta > 0,1$ ), wird für die Errechnung der Dielektrizitätskonstanten als Ersatzschaltung ein verlust-

freier Kondensator mit einem parallel geschalteten Widerstand zugrunde gelegt.

18. **Temperaturkoeffizient der Dielektrizitätskonstanten.** Dieser ist bei den Erzeugnissen der Gruppe III stark frequenz- und temperaturabhängig<sup>6)</sup>.

19. **Dielektrischer Verlustfaktor bei 20°.** Der dielektrische Verlustfaktor ist eine dimensionslose Zahl und bedeutet das Verhältnis der im Isolierstoff verausgabten Wirkleistung zur Blindleistung.

Bei kleinen Verlustfaktoren hat sich seine Angabe als Vielfaches von  $10^{-3}$  entsprechend dem Tausender-System eingebürgert, bei Hochfrequenz-Isolierstoffen ist auch eine Angabe als Vielfaches von  $10^{-4}$  noch üblich. Die Messungen des dielektrischen Verlustfaktors sind im allgemeinen spannungs- und zeitabhängig. Auch die Art und Aufbringung der Elektroden ist auf das Meßergebnis von Einfluß.

20. **Dielektrischer Verlustfaktor bei höheren Temperaturen.** Der dielektrische Verlustfaktor wächst im allgemeinen mit der Temperatur<sup>7)</sup>. Bei Verlustfaktoren größer als 1 ( $1000 \cdot 10^{-4}$ ) — das bedeutet eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung von 45° — wird der elektrische Scheinwiderstand (vgl. Ziffer 21) ermittelt; dies ist bei einigen Gruppen von etwa 200° an möglich.

21. **Durchgangswiderstand.** Bei tiefen Temperaturen sind keramische Werkstoffe ausgezeichnete Isolierstoffe, bei höheren und höchsten Temperaturen gehen sie vorwiegend infolge Ionenleitung in Leiter zweiter Klasse über. Dementsprechend nimmt der Durchgangswiderstand mit steigender Temperatur ab. Bei hohen Temperaturen ist der spezifische Wechselstromwiderstand praktisch gleich dem Scheinwiderstand ( $\text{tg } \delta > 1$ ). Bei tiefen Temperaturen wird der Wechselstromwiderstand nach der Gleichung  $\rho = \frac{1,8}{f \epsilon \text{tg } \delta} \cdot 10^{12}$  aus der gemessenen Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  und dem dielektrischen Verlustfaktor  $\text{tg } \delta$  errechnet. In der Formel bedeutet  $f$  die Frequenz in Hz<sup>8)</sup>.

22. **Oberflächenwiderstand.** Der Oberflächenwiderstand sauberer, mit Benzin gereinigter, dichter keramischer Körper ist sehr hoch und unterschreitet nicht die Vergleichszahl 11 nach dem Entwurf zu VDE 0303<sup>9)</sup>. Diese Proben sind in ihrem Oberflächenverhalten praktisch unabhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit. Verschmutzte und nicht dichte keramische Werkstoffe ergeben eine Abhängigkeit des Oberflächenwiderstandes von der relativen Luftfeuchtigkeit. Die Vergleichszahl 10 wird im allgemeinen nicht unterschritten und steigt auch hier nach Trocknung und Messung bei 65 % und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit auf die Vergleichszahl 11 bis 12.

23. **Verhalten gegen Kriechstrom.** Für die Ermittlung der Kriechstromfestigkeit sind Prüfverfahren in Entwicklung.

24. **Lichtbogenfestigkeit.** Zur Erfassung der Lichtbogenfestigkeit keramischer Stoffe der Gruppen I bis III wurde in dem zweiten Entwurf zu VDE 0303<sup>10)</sup> eine neue Stufe L2 der Lichtbogenfestigkeit eingeführt. Bei den Stoffen dieser Gruppen bewirkt der teilweise nicht über 20 mm lang ausziehbare Lichtbogen eine teilweise leitende Brücke im Isolierstoff, die nach dem Erkalten ihre Leitfähigkeit verliert. Der Werkstoff zerspringt jedoch unter der thermischen Beanspruchung.

<sup>6)</sup> Der Temperaturgang ist einer Arbeit von E. F. Richter, Phys. Z. 41 (1940) S. 229 zu entnehmen.

<sup>7)</sup> Siehe Fußnote 6.

<sup>8)</sup> G. Pfestorf u. E. F. Richter, Phys. Z. 39 (1938) S. 141 und E. F. Richter, Phys. Z. 40 (1939) S. 597.

<sup>9)</sup> Siehe Fußnote 4.

<sup>10)</sup> ETZ 61 (1940) H. 20, S. 447.

<sup>3)</sup> Tekn. T. 62 (1932) S. 285 und Ber. dtsh. keram. Ges. 16 (1935) S. 596.

<sup>4)</sup> Vgl. auch Entwurf zur Neubearbeitung von VDE 0303, ETZ 60 (1939) S. 1155.

<sup>5)</sup> R. Nitsche u. G. Pfestorf, „Prüfung und Bewertung elektrotechnischer Isolierstoffe“, Berlin 1940.

Normen für

VDE-Ausschuß

Anwendung des noch nicht

DK 621.315.612(083.133.1)

Keramische

Alle Zahlenwerte sind ermittelt an besonders hergestellten, den Prüfvorschriften genau entsprechenden Prüfkörpern. Die Angaben können nicht ohne sämtlicher zu der betreffenden Spalte gehörigen Erzeugnisse. Die Werte eines bestimmten Erzeugnisses liegen im allgemeinen in engeren Als Bezeichnung eines keramischen Isolierstoffes dient die Gruppenkennziffer unter Hinweis

	Bezeichnung	Maßeinheit	Prüfbestimmung <sup>1)</sup>	Gruppe I		
				Dichte Erzeugnisse aus vorwiegend tonsubstanzhaltigen Massen		
				A. Hochbrandporzellan (Hartporzellan)		B. Steinzeugartige Massen bis zu dunkler Färbung
Fertigung				1. Gedreht, gegossen oder stranggepreßt	2. Feucht gepreßt	Gepreßt
Brenntemperatur nach Segerkegeln Grad		SK °C	—	13...15 1380...1435		4a...6a 1160...1200
Richtung gebende Eigenschaften	Ausgeglichene mittlere Eigenschaften					
Anwendung				Hoch- und Niederspannungsisolatoren und -Isolierteile	Niederspannungsisolatoren und -Isolierteile	
1. Saugfähigkeit bei 600 at h	SF	—		0	—	—
2. Wasseraufnahmevermögen (Gewichtszunahme)	WA	%		0	0,1...0,5	0,4...0,8
3. Raumgewicht	$\gamma$	g/cm <sup>3</sup>		2,3...2,5		2,5
4. Zugfestigkeit: glasiert unglasiert	$\sigma_{zB}$	kg/cm <sup>2</sup>		300...500 250...350	—	—
5. Druckfestigkeit: glasiert unglasiert	$\sigma_{dB}$	kg/cm <sup>2</sup>		4500...5500 4000...4500	3000...4000 2500...3500	2500...3500
6. Biegefestigkeit: glasiert unglasiert	$\sigma_{bB}$	kg/cm <sup>2</sup>		600...1000 400...700	— 300...600	400...700
7. Schlagbiegefestigkeit, unglasiert	SBF	cmkg/cm <sup>2</sup>		1,8...2,2	1,3...1,6	1,7...2,1
8. Härte (Ritzhärte)	H <sub>R</sub>	—		7 bis 8		
9. Lineare Wärmedehnzahl je °C zw. 20 u. 100°	$\alpha_t$	—		3,5...4,5 · 10 <sup>-6</sup>		4,7 · 10 <sup>-6</sup>
10. Spezifische Wärme zw. 20 u. 100°	c <sub>m</sub>	kcal/kg °C		0,19...0,21		0,20
11. Wärmeleitfähigkeit zw. 20 u. 100°	$\lambda_m$	kcal/h m °C		1,3...1,4		1,4
12. Temperaturleitfähigkeit zw. 20 u. 100°	a <sub>m</sub>	m <sup>2</sup> /h		0,0021...0,0029		0,0028
13. Temperaturwechselbeständigkeit (Widerstand gegen schroffen Temperaturwechsel)	TWB	Vergleichszahl in °C		170 <sup>2)</sup>	—	—
14. Feuerfestigkeit (Kegelschmelzpunkt) nach Segerkegeln Grad	KSP	SK °C		30 1670	—	—
15. Korrosionsfestigkeit (Beständigkeit geg. chem. Angriff)	KP	—		Beständig		
16. Durchschlagfestigkeit b. 50 Hz: geschliffen, unglasiert	E <sub>d</sub>	kV/mm		30...35	—	—
17. Dielektrizitätskonstante	$\epsilon$	—		≈ 6	—	—
18. Temperaturkoeffizient der Dielektrizitätskonstante je °C zwischen 20 u. 60° (meist stark frequenzabhängig)	TK <sub><math>\epsilon</math></sub>	—		bei 50 Hz + 550... + 600 · 10 <sup>-4</sup>		—
19. Dielektrischer Verlustfaktor bei 20° bei 50 Hz bei 800 Hz bei 10 <sup>4</sup> ...10 <sup>7</sup> Hz	tg $\delta$	tg $\delta$ in 10 <sup>-4</sup>		170...250 60...120	— —	— —
20. Dielektrischer Verlustfaktor bei höheren Temperaturen bei 60° bei 80° bei 100°	tg $\delta$	tg $\delta$ in 10 <sup>-4</sup>		bei 50 Hz 400 600 1200	bei 10 <sup>4</sup> Hz — — —	— — —
21. Durchgangswiderstand (Spezifischer Wirkwiderstand) in Abhängigkeit von der Temperatur, abgerundet auf Zehnerpotenzen, bei Wechselspannung von 50 Hz bei 20° bei 100° bei 200° bei 300° bei 400° bei 500° bei 600°	$\rho$	$\Omega \cdot \text{cm}$		10 <sup>11</sup> 10 <sup>10</sup> ...10 <sup>11</sup> 10 <sup>7</sup> ...10 <sup>9</sup> 10 <sup>8</sup> ...10 <sup>7</sup> 10 <sup>8</sup> ...10 <sup>6</sup> 10 <sup>4</sup> ...10 <sup>5</sup> 10 <sup>4</sup> ...10 <sup>5</sup>	— — — — — — —	— 10 <sup>4</sup> 10 <sup>7</sup> 10 <sup>6</sup> 10 <sup>4</sup> 10 <sup>5</sup>
22. Oberflächenwiderstand b. 80% relativ. Luftfeuchtigkeit	R <sub>o</sub>	—	VDE 0303 <sup>3)</sup>	Bei 1 cm		
23. Verhalten gegen Kriechstrom	—	—	—	Dichte keramische Isolierstoffe erleiden unter Einwirkung		
24. Lichtbogenfestigkeit	LBF	—	VDE 0303 <sup>3)</sup>	—		

<sup>1)</sup> Die noch fehlenden Prüfvorschriften (z. Zt. in Neubearbeitung) werden später eingefügt. <sup>2)</sup> Die angeführten Werte sind unter Anwendung <sup>3)</sup> Angaben hierüber können z. Zt. noch nicht gemacht werden. <sup>4)</sup> Siehe Entwurf in ETZ 60 (1939) S. 1171. <sup>5)</sup> Siehe Entwurf 2 in

**keramische Isolierstoffe**

für Isolierstoffe

endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr.

Mai 1940

Einspruchsfrist: 20. Juni 1940

DIN

Entwurf 1  
VDE 685

**Isolierstoffe**

Elektrotechnik

weiteres auf Prüfkörper und Fertigstücke anderer Form und Größe übertragen werden. Falls Grenzwerte angegeben sind, umfassen sie die Streuungen Grenzen. — Nicht ausgefüllte Zahlenwerte bedeuten im Einzelfall, daß diese für die technische Verwendung der Stoffe ohne Belang sind. auf dieses Normblatt; Beispiel für Preßporzellan: Keramischer Isolierstoff I A 2 VDE 685.

Gruppe II			Gruppe III				Gruppe IV		Gruppe V
Dichte Erzeugnisse aus vorwiegend magnesiumsilikathaltigen Massen			Dichte Erzeugnisse aus Massen mit hohem Gehalt an Titanverbindungen				Erzeugnisse aus tonsubstanzmagnesiumsilikathaltigen Massen		Poröse Erzeugn. aus tonsubstanzhaltigen z. T. auch magnesiumhaltigen Massen mit verschiedenen Zusätzen
A. niedrig gebrannte Massen	B. Steatite		A. Vorwiegend rutilhaltige Massen		B. Magnesiumtitanathaltige Massen	A. Dichte Massen	B. Nicht vollkommen dichte Massen	Verschieden	
	1. Normales Steatit	2. Sondermassen	1.	2.					
Gepreßt	Gedreht, gegossen, gepreßt oder stranggepreßt		Verschieden				Verschieden		Verschieden
5a ... 6a	13 ... 14		11 ... 13		13 ... 15	13 ... 14	11 ... 14	4a ... 15	
1180 ... 1200	1380 ... 1410		1320 ... 1380		1380 ... 1435	1380 ... 1410	1320 ... 1410	1160 ... 1435	
Gute Maßhaltigkeit, große mechanische Festigkeit	Kleiner Verlustfaktor, gute Maßhaltigkeit, große mechanische Festigkeit		Große Dielektrizitätskonstante, kleiner Verlustfaktor		Mittlere temperaturunabhängige Dielektrizitätskonstante, sehr kleiner Verlustfaktor	Kleine Wärmedehnung, hohe Temperaturwechselbeständigkeit		Große Hitze- u. Temperaturwechselbeständigkeit	
			1) $\epsilon > 50$	2) $\epsilon < 50$					
Niederspannungsteile	Hoch- und Niederspannungsisolatoren und -isolierteile, besonders auch für Hochfrequenz		Kondensatoren, besonders für Hochfrequenz				Isolatoren und Isolierteile hoher Temperaturwechselbeständigkeit und Formteile für Funken- und Lichtbogenschutz	Heizleiterträger für Elektrowärmegeräte	Heizleiterträger für Elektrowärmegeräte
—	0	0	0	0	0	0	—	—	
0,1 ... 0,8	0	0	0	0	0	0	1 ... 5	3 ... 15	
2,8	2,6 ... 2,8		3,5 ... 3,9		3,1 ... 3,2	2,1 ... 2,2	2,1	1,6 ... 2,5	
—	550 ... 850	550 ... 950	300 ... 800		600 ... 700	250 ... 350	150 ... 250	90 ... 160	
—	550 ... 850	550 ... 950	300 ... 800		600 ... 700	250 ... 350	150 ... 250	90 ... 160	
8000 ... 9000	8500 ... 9500	9000 ... 10000	3000 ... 9000		5000 ... 6000	3000 ... 5000		500 ... 2500	
—	8500 ... 9500	9000 ... 10000	3000 ... 9000		5000 ... 6000	3000 ... 5000		500 ... 2500	
—	1200 ... 1400	1400 ... 1600	900 ... 1500		800 ... 1100	500 ... 850	500 ... 650	150 ... 500	
1000 ... 1200	1200 ... 1400	1400 ... 1600	900 ... 1500		800 ... 1100	500 ... 850	500 ... 650	150 ... 500	
3 ... 4	3 ... 5	4 ... 5	2,5 ... 3,3		2,6 ... 3,2	1,8 ... 2,2		1,0 ... 1,9	
(Vergleichszahlen: Feldspat = 6, Quarz = 7, Topas = 8, Korund = 9)									
6,8 · 10 <sup>-6</sup>	7,0 ... 9,0 · 10 <sup>-6</sup>	6,0 ... 8,0 · 10 <sup>-6</sup>	6,0 ... 8,0 · 10 <sup>-6</sup>		6,0 ... 10 · 10 <sup>-6</sup>	1,1 · 10 <sup>-6</sup>	1,2 ... 1,7 · 10 <sup>-6</sup>	1,8 ... 4,8 · 10 <sup>-6</sup>	
0,20	0,19 ... 0,22		0,17 ... 0,19	0,19 ... 0,21	0,22	0,20 ... 0,22	0,2	0,19 ... 0,20	
1,6	1,95	1,9 ... 2,2	3,0 ... 3,5	2,5 ... 3,0	3,2	1,7 ... 2,2	1,6	0,7 ... 1,7	
0,0029	0,0039	0,0039 ... 0,0040	0,0042 ... 0,0054	0,0040 ... 0,0042	0,0046	0,0040 ... 0,0041	0,0038	0,0024 ... 0,0038	
—	—	125 ... 155 <sup>*)</sup>	—	—	—	265 <sup>*)</sup>	—	sehr verschieden teilweise außerordentlich hoch	
—	—	—	—	—	—	—	15	12 ... 35	
—	—	—	—	—	—	—	1435	1350 ... 1770	
gegen alle Säuren außer Flußsäure; bei Raumtemperatur auch gegen alle Alkalien									
—	20 ... 30	30 ... 45	10 ... 20		10 ... 20	10 ... 20	—	—	
—	≈ 6	≈ 6	60 ... 80	30 ... 45	12 ... 16	≈ 5	—	—	
—	bei 10 <sup>6</sup> Hz	bei 10 <sup>6</sup> Hz	bei 10 <sup>6</sup> Hz	bei 10 <sup>6</sup> Hz	bei 10 <sup>6</sup> Hz	bei 10 <sup>6</sup> Hz	—	—	
—	+500 ... +600 · 10 <sup>-6</sup>	+120 ... +160 · 10 <sup>-6</sup>	-650 ... -750 · 10 <sup>-6</sup>	-250 ... -500 · 10 <sup>-6</sup>	+30 ... +50 · 10 <sup>-6</sup>	+500 ... +600 · 10 <sup>-6</sup>	—	—	
—	25 ... 30	10 ... 15	—	—	—	200	—	—	
—	—	8 ... 12	3 ... 10	3 ... 65	3 ... 20	—	—	—	
—	15 ... 20	3 ... 5	3 ... 8	3 ... 20	0,5 ... 3	40 ... 70	—	—	
—	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	b. 50 Hz b. 10 <sup>6</sup> Hz	
—	≈ 150	40 ... 60	3 ... 8	3 ... 20	—	1 ... 3	—	—	
—	≈ 350	70 ... 120	3 ... 8	3 ... 20	—	1 ... 3	—	—	
—	≈ 650	120 ... 150	3 ... 8	3 ... 20	—	1 ... 5	—	—	
—	10 <sup>10</sup>	10 <sup>11</sup> ... 10 <sup>12</sup>	10 <sup>10</sup> ... 10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup> ... 10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup> ... 10 <sup>12</sup>	10 <sup>11</sup>	—	—	
—	10 <sup>11</sup>	10 <sup>12</sup> ... 10 <sup>13</sup>	10 <sup>9</sup> ... 10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup> ... 10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup>	10 <sup>10</sup> ... 10 <sup>11</sup>	—	—	
10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup> ... 10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup> ... 10 <sup>12</sup>	10 <sup>8</sup> ... 10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup> ... 10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup> ... 10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup>	10 <sup>9</sup> ... 10 <sup>11</sup>	
10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup> ... 10 <sup>9</sup>	10 <sup>10</sup> ... 10 <sup>11</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> ... 10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>8</sup> ... 10 <sup>9</sup>	
10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> ... 10 <sup>8</sup>	10 <sup>9</sup> ... 10 <sup>10</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> ... 10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> ... 10 <sup>8</sup>	
10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> ... 10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup> ... 10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>5</sup> ... 10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup> ... 10 <sup>7</sup>	
10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup> ... 10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup> ... 10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup> ... 10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup> ... 10 <sup>6</sup>	

Elektrodenabstand und 10 cm Elektrodenlänge 10<sup>9</sup> bis 10<sup>12</sup> Ω (entspricht VDE-Vergleichszahlen 9 bis 12) eines elektr. Funken keine Veränderungen an ihrer Oberfläche, die zur Entstehung eines leitenden Kriechweges führen Stufe L 2 (zerspringt) Stufe L 6 (lichtbogenfest)

eines heißen Flüssigkeitsbades erhalten worden an Stelle des in den Prüfbestimmungen vorgesehenen heißen Luftbades. ETZ 61 (1940) S. 447.



# Vorschriften für die elektrische Ausrüstung gleisloser explosionsgeschützter Elektrofahrzeuge mit Akkumulatorenbetrieb

VDE-Ausschuß für Explosionsschutz

DK 629.113.65(083.133.1)

## VDE 0172

### Entwurf

Einspruchsfrist: 15. Juni 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

### Inhaltsübersicht

<b>I. Gültigkeit</b>	§ 6. Ladesteckdose
§ 1. Geltungsbeginn	§ 7. Gehäuse für Wider-
§ 2. Geltungsbereich	stand
<b>II. Baubestimmungen</b>	§ 8. Leuchten
§ 3. Allgemeine Bestimmungen	§ 9. Akkumulatoren
§ 4. Motoren	§ 10. Leitungen
§ 5. Fahrschalter	§ 11. Aufschriften
	<b>III. Typenprüfung</b>
	§ 12.

### I. Gültigkeit

#### § 1

#### Geltungsbeginn

a) Diese Vorschriften gelten für elektrische Betriebsmittel an Elektrofahrzeugen, mit deren Herstellung nach dem ..... begonnen wird<sup>1)</sup>.

#### § 2

#### Geltungsbereich

a) Die elektrische Ausrüstung von Elektrofahrzeugen ist nach VDE 0165 „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen“, VDE 0166 „Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben“ und VDE 0171 „Vorschriften für die Ausführung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel“ auszuführen, soweit nicht nachstehend Abweichendes bestimmt ist<sup>2)</sup>.

b) Für die mechanische Ausrüstung von Elektrokarren und Elektroschleppern gilt das Normblatt DIN VDE 3580<sup>3)</sup>, für Batterietröge das Normblatt DIN VDE 3572<sup>3)</sup>.

### II. Baubestimmungen

#### § 3

#### Allgemeine Bestimmungen

a) Alle elektrischen Teile, an denen betriebsmäßig Funken oder Temperaturen über 115° auftreten, sind in Bauart druckfeste Kapselung nach VDE 0171<sup>2)</sup>) auszuführen. Die Kapselung muß mindestens den Gasen und Dämpfen der Zündgruppe C und Explosionsklasse 2 gegenüber druckfest sein.

b) Der Verschuß bei druckfester Kapselung muß eine druckhafte Auflage der Flanschen gewährleisten, so daß das Eindringen von feinem Staub verhindert ist.

c) Alle elektrischen Teile sind nach Schutzart P 44 (nach DIN VDE 50) gegen das Eindringen von feinem Staub zu kapseln, sofern nicht nachstehend besondere Vorschriften gegeben werden.

#### § 4

#### Motoren

a) Bauart Ex d C 2, Schutzart P 43 (nach DIN VDE 50<sup>2)</sup>). Das Eindringen von feinem Staub muß durch zusätzliche Maßnahmen zuverlässig verhindert sein.

b) Die Spaltlänge bei Wellendurchführungen muß mindestens 40 mm betragen. Der Spalt muß in verschiedenen Ebenen verlaufen (siehe VDE 0171/....., § 5, Abb. 4). Der Spaltring muß zur Wartung leicht auswechselbar sein. Gleitlager sind unzulässig.

<sup>1)</sup> Genehmigt durch .....

<sup>2)</sup> Die nach diesen Vorschriften gebauten Elektrofahrzeuge dürfen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten und Lagerräumen nach VDE 0165 und in gefährdeten Räumen von Sprengstoffbetrieben nach VDE 0166 nur mit Zustimmung der Aufsichtsbehörden und der Berufsgenossenschaft verwendet werden.

<sup>3)</sup> In Vorbereitung.

<sup>2)</sup> Der 2. Entwurf wird in Kürze veröffentlicht.

<sup>3)</sup> Neubearbeitung in Vorbereitung.

#### § 5

#### Fahrschalter

a) Bauart Ex d C 2.

b) Die Spaltlänge bei Achsendurchführungen muß mindestens 40 mm, die Spaltweite darf höchstens 0,2 mm betragen. Bei Schaltgeräten, deren Achsen Drehbewegungen von weniger als 180° ausführen, sind Gleitlager zulässig.

Bei senkrechten Achsen sind zusätzliche Maßnahmen zu treffen, um zu verhindern, daß feiner Staub von oben in die Lager eindringt.

#### § 6

#### Ladesteckdose

a) Die Ladesteckdose muß mit Sonderverschuß versehen sein. Sie darf im Fahrbetrieb nicht zugänglich sein.

b) Explosionsgeschützte Ausführung nach VDE 0171/....., § 39, ist nicht erforderlich.

#### § 7

#### Gehäuse für Widerstand

a) Bauart Ex d C 2.

b) Die Temperatur der Kapselwand darf nach einer 30 min langen Fahrt des vollbelasteten Fahrzeuges auf ebener Strecke bei eingeschaltetem Widerstand 115° nicht überschreiten.

#### § 8

#### Leuchten

a) Bauart Ex d C 2.

b) Leuchten müssen so angebracht sein, daß sie gegen mechanische Beschädigungen möglichst geschützt sind.

#### § 9

#### Akkumulatoren

a) Der Batterietrog muß staubdicht verschleißbar sein. Für die Entlüftung sind leicht auswechselbare Filter anzubringen.

#### § 10

#### Leitungen

a) Gummischlauchleitungen starker Ausführung NSH nach VDE 0250 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ oder gleichwertiger Bauart.

b) Die Leitungen müssen entweder durch die Art der Verlegung oder durch besondere Schutzvorrichtungen gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein. Schutzvorrichtungen sind so anzubringen, daß die Leitungen jederzeit überwacht werden können.

#### § 11

#### Aufschriften

a) An gut sichtbarer, möglichst geschützter Stelle sind in deutlicher Schrift nach DIN 1451 und gut haltbar folgende Aufschriften anzubringen.

1. Kennzeichen für den Explosionsschutz nach VDE 0171: Ex d C 2 in roter Farbe, Farbton 7 RAL 840 B 2.
2. Kurze Bedienungsanleitung für das Fahrzeug.
3. Kurze Wartungsvorschrift für die Batterie nach VDE 0171/....., § 42 k).
4. Warnvorschrift in Größe A 5 mit folgendem Text:  
„Achtung!

Alle Arbeiten an der elektrischen Einrichtung in nicht gefährdeten Räumen vornehmen!

Vor dem Öffnen der Kapselungen sind diese sorgfältig zu entstauben!

Beim Verlassen des Fahrzeuges Schaltschlüssel abziehen. Die Geschwindigkeit darf auf Gefällestrecken nicht mehr als 15 km/h betragen.“

### III. Typenprüfung

#### § 12

a) Explosionsgeschützte Elektrofahrzeuge bedürfen einer Bescheinigung über eine von der Chemisch-Technischen Reichsanstalt vorgenommene Typenprüfung.

## RUNDSCHAU

### Elektrische Maschinen

DK 621.314.22 : 621.3.017.2

**Die Kupferverluste bei Gleichrichtertransformatoren.** [Nach H. G. Nolen, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 398; 3 S., 2 B.]

Der Verfasser setzt sich mit einer Arbeit von J. Kübler<sup>1)</sup> auseinander. Bei Gleichrichterbetrieb lassen sich die Kupferverluste durch eine Kurzschlußmessung nicht genau bestimmen. Hat der Gleichrichtertransformator mehrere Sekundärwicklungen, so kann man die Kurzschlußversuche in verschiedenen Schaltungen durchführen. Kübler hat nun das schweizerische Verfahren dem amerikanischen gegenübergestellt und kommt zu dem Ergebnis, daß bei dem amerikanischen Verfahren Zusatzverluste durch Querstreufelder gemessen werden, die bei Gleichrichterbetrieb nicht vorhanden sind. Demgegenüber sind nach Ansicht des Verfassers die Zusatzverluste bei Gleichrichterbetrieb noch größer, als sie nach dem amerikanischen Vorschlag gemessen werden. Er kommt daher zu einer Ablehnung des schweizerischen Verfahrens, das die Zusatzverluste nicht berücksichtigt.

Diese Ansicht wird wie folgt begründet: Bei einem sechsphasigen Gleichrichtertransformator sind meistens die beiden sekundären Teile in Spulen aufgeteilt, die abwechselnd auf der Säule angebracht sind. Bei der Kurzschlußmessung nach amerikanischem Vorschlag führt nur eine Hälfte der Spulen Strom, während die andere Hälfte stromlos ist. Damit werden durch die Querstreufelder Zusatzverluste im Kupfer erzeugt, die bei dem schweizerischen Verfahren, bei dem alle Spulen Strom führen, nicht auftreten. Bei dem wirklichen Gleichrichterbetrieb tritt nun zwar kein Querfeld der Grundwelle auf, aber die geradzahigen Oberwellen des Sekundärstromes rufen ein Querfeld hervor. Für eine Sechsfachschaltung mit rechteckförmigem Anodenstrom und für eine Doppel-Dreiphasenschaltung mit Saugdrossel wird nun berechnet, daß die Zusatzverluste durch die geradzahigen Oberwellen größer sind als die Zusatzverluste, die bei der Kurzschlußmessung mit 50 Hz nach amerikanischem Verfahren gemessen werden. Diesem wird daher, auch weil es einfacher ist, der Vorzug gegeben. *Scha.*

DK 621.313.13—181.4 : 621.3.016.2

**Ein neuer Weg zur Bestimmung der Leistung von Kleinstmotoren.** [Nach J. L. C. Löf, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 339; 2 S., 5 B.]

Die gebräuchlichen Verfahren zur Bestimmung der Leistung von Elektromotoren können für die Kleinstmotoren nicht mit der notwendigen Genauigkeit angewendet werden. Man hat

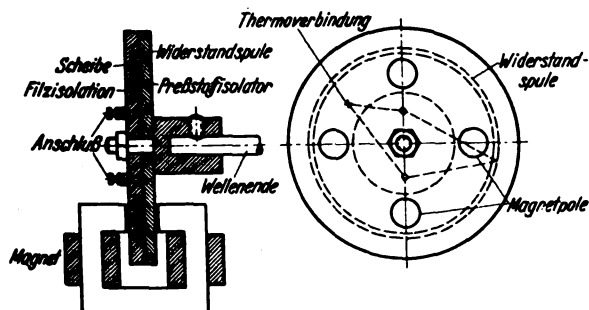


Bild 1. Abgeänderte Wirbelstrombremse zur Leistungsmessung bei Kleinstmotoren.

deswegen eine Vorrichtung geschaffen, bei der die Wirbelstrombremse in abgeänderter Form angewandt wurde. Bei ihr wird die durch den Wirbelstrom entstehende Wärme gemessen und zur Bestimmung der Leistung benutzt. Die Vorrichtung (Bild 1) besteht aus einem Messingring, der zur Verminderung der Wärmeverluste auf beiden Seiten mit Filz isoliert ist. Der Messingring mit der Filzisolierung ist zwischen

zwei Scheiben aus Preßstoff eingebettet, die auf eine Nabe aufgesetzt sind. Vier gleichmäßig verteilte Elektromagnete, die mit Gleichstrom erregt werden, erzeugen den Wirbelstrom in der Scheibe, der mithin auch den Motor belastet. Die Kraftabgabe des Motors ist dann gleich der durch den Wirbelstrom erzeugten Wärme in der Messingscheibe. Um die Wärmemenge bestimmen zu können, müssen die Erwärmung, das Gewicht der Scheibe und die Zeit, in der die Erwärmung stattfindet, gefunden werden. Man hat zwei Möglichkeiten, die Erwärmung zu bestimmen, und zwar durch den Gebrauch eines Widerstandsthermometers oder eines Thermoelements. Für das erste Verfahren ist am Umfang der Scheibe eine Rille eingedreht, in die ein sehr dünner, emailierter Kupferdraht mit  $58 \Omega$  gelegt ist. Die Enden des Drahtes sind an zwei Anschlußbolzen geführt. Die Temperaturveränderung kann dann durch Messen des Drahtwiderstandes vor und nach dem Lauf des Motors bestimmt werden. Bei dem zweiten Verfahren wird die Temperaturerhöhung durch ein an die Scheibe gelötetes Thermoelement ermittelt. Nach Messen der Temperaturerhöhung läßt sich die Leistung  $N$  des Motors durch nachstehende Gleichung errechnen:

$$N = \frac{G C \Delta t}{0,239 T} \text{ in Watt,}$$

dabei ist  $G$  das Gewicht der Scheibe in kg,  $C$  die spezifische Wärme des Metalls der Wirbelstromscheibe,  $\Delta t$  die Temperaturerhöhung in  $^{\circ}\text{C}$  und  $T$  die Zeit des einwirkenden Feldes in Sekunden. *ob.*

DK 621.313.1.001.24

**Grenzen der Theorie beim Entwurf elektrischer Maschinen.** [Nach G. H. Rawcliffe, J. Instn. electr. Engrs. 85 (1939) S. 156; 2 1/2 S.]

Der Entwurf elektrischer Maschinen ist nicht nur durch eine große Zahl von Veränderlichen erschwert, sondern außerdem durch einige Einzelprobleme, die sich zahlenmäßig bei der Festlegung der Abmessungen der Maschine noch nicht in allen Einzelheiten erfassen lassen. Der Verfasser gibt mit seiner Arbeit einen Überblick über die Möglichkeiten der Vorausberechnung und zählt Beispiele für das nicht vollständige Hinreichen der bisherigen theoretischen Erkenntnis auf. Die große Zahl der Veränderlichen bei der entwurfsmäßigen Bestimmung der Abmessungen erfordert eine erste Auswahl nach Wichtigkeit und Anlehnung an praktisch ausgeführte Beispiele ähnlicher Maschinen hinsichtlich der Hauptabmessungen. Fehler und Abweichungen sind durch vereinfachende Annahmen im Rechnungsgang und durch die Annahme von sinusförmigem Funktionsverlauf zeitabhängiger Größen zu erklären. Bei Gleichstrommaschinen wird die rechnerische Behandlung der Stromwendung meist nur unter sehr vereinfachenden Annahmen durchgeführt. Auch bei Maschinen mit Wendepolen und Kompensationswicklung werden beträchtliche Vereinfachungen beim Rechnungsgang vorgenommen. Oft muß beim Entwurf zwischen einander widersprechenden Einflußgrößen vermittelt werden. Besonders beim Entwurf von Compoundmaschinen wird deutlich, wie sehr sich die Theorie an praktische Erfahrungen anlehnen muß. Die Wirbelstrom- und Streuverluste sind der Berechnung sowohl bei Gleichstrommaschinen als auch bei Asynchronmaschinen kaum zugänglich; sie werden meist erfahrungsgemäß abgeschätzt. Ferner werden bei der Berechnung des magnetischen Kreises allgemein zur Rechnungsvereinfachung ziemliche Vernachlässigungen vorgenommen. Die Leerlauf-Eisenverluste und die Magnetisierungsströme sind bei Gleich- und Wechselstrommaschinen rechnerisch schwer erfassbar; die Pulsations- und Zahnfrequenzverluste werden meist durch geschätzte Zuschläge berücksichtigt. Die Streureaktanzen der Wechselstrommaschinen lassen sich wegen der herstellungsbedingten Unterschiede und Abweichungen bei der praktischen Ausführung nicht ausreichend berechnen. Auch die Vorausberechnung der Erwärmung ist bei den elektrischen Maschinen durchweg recht unsicher, obwohl ihr Ergebnis von überragender Bedeutung für den ganzen Entwurf ist. Hierbei sind ebenfalls praktische Erfahrungen von besonderem Wert. Allgemein führt eine rein analytische Behandlung nicht zum Ziele, und es müssen beim Entwurf elektrischer Maschinen theoretische Erkenntnisse und praktische Erfahrungen zusammengefaßt verwertet werden. *Tsch.*

<sup>1)</sup> J. Kübler, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 29 (1938) S. 273 u. 479.

## Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.211 2.004.64

**Betriebserfahrungen mit Endverschlüssen von Massekabeln.** [Nach F. Kaiser, Elektrizitätswirtsch. 38 (1939) S. 675; 2½ S., 3 B.]

Vor einigen Jahren traten kurz unterhalb der Endverschlüsse von 30 kV-Kabeln häufig Durchschläge auf. Bei Dreileiterendverschlüssen mit einer Füllung aus zähflüssiger bituminöser Vergußmasse wurde festgestellt, daß die Tränkmassse in tiefer gelegene Teile der Kabel abgelaufen war. Das hierdurch bedingte Glimmen in den masseleer gewordenen Räumen zwischen den Papierlagen und im Beilauf führte zu Verkohlungen der Isolation und schließlich zum Durchschlag. Aber auch bei Vergußmassen aus Öl und Harz wurden mehrere Fehler, besonders an Endverschlüssen von Einleiterkabeln, beobachtet, selbst wenn das Gefälle der Kabel nur 2 m betrug. Hier war unter dem Bleimantel und durch das Leiterseil die Füllmasse aus den Endverschlüssen ausgelaufen. Infolgedessen bildeten sich Hohlräume zwischen den einzelnen Drähten der Leiterseile und zwischen diesen und der Isolation. Das dort auftretende Glimmen führte zu punktförmigen Verkohlungen in den Papieren, die im Laufe der Zeit nadelförmig durch die Isolation in Richtung auf den Bleimantel vorwuchsen. Dabei entstanden gleichzeitig Gleitfunken zwischen den Papieren, die zur Kondensation und Verkohlung der Tränkmassse und schließlich zum Durchschlag führten. Im ersten Falle führte die Auswechslung der bituminösen Vergußmasse gegen eine solche aus Öl und Harz infolge einer Art Nachtränkung der Isolation des Kabels in kürzester Zeit zur Behebung der Mängel. Im zweiten Falle genügte dafür die Einhaltung einer ausreichenden Füllung der Endverschlüsse.

Aus den Beobachtungen läßt sich folgern, daß die VDE-mäßigen Vergußmassen für Betriebsspannungen bis etwa 10 kV gut geeignet sind, daß bei höheren Spannungen jedoch Öl-Harz-Mischungen als Vergußmassen notwendig werden, bei deren Verwendung eine laufende Kontrolle der Endverschlüsse und gegebenenfalls Nachfüllen der Vergußmasse notwendig ist. In diesem Zusammenhang ergibt sich bezüglich der Höhe der Spannung die gleiche Abgrenzung für die Verwendung von „Kleinendverschlüssen“, da diese in manchen Ausführungsformen eine Überwachung ihrer Füllung mit Vergußmasse nicht erlauben. Weiterhin erklären diese Beobachtungen vermutlich sehr viele, bisher unverständliche Fehler in der Nähe der Endverschlüsse von Hochspannungskabeln, im besonderen auch die Schäden an Mastendverschlüssen, die bisher fast ausschließlich auf Gewitterüberspannungen zurückgeführt wurden. Die mitgeteilten Erfahrungen, die im 30 kV-Netz der BEWAG gesammelt wurden, haben demgemäß sowohl für den Betrieb als auch für die Ausbildung der Endverschlüsse grundsätzliche Bedeutung. *eb.*

DK 621.315.211.4

**Innendruckkabel für geringen Gasdruck.** [Nach G. B. Shanklin, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 307; 12 S., 11 B.]

G. B. Shanklin berichtet über Versuchs- und Entwicklungsarbeiten an einem Hochspannungs-Innendruckkabel mit niederem Gasdruck. Er geht aus von den Anforderungen an eine Isolation aus getränktem Papier und behandelt kurz die Eigenschaften und natürlichen Grenzen der Masse- und Ölkabel. Ölkabel sind, gemessen an den gesamten Anschaffungskosten, für Spannungen über 38 kV wirtschaftlicher als gewöhnliche Massekabel. Bei der Entwicklung des Gasinnendruckkabels wurde davon ausgegangen, daß die unmittelbare Durchdringung der Papierisolation mit einem trockenen inerten Gas, das durch Längskanäle innerhalb des Kabels strömt, die größte Druckwirkung auf das Verhalten des Kabels gewährleistet. Nach der besonders untersuchten Abhängigkeit der Ionisations-Anfangsfeldstärke vom Gasdruck wurde ein Innendruck von 1 atü gewählt, der die Verwendung eines gewöhnlichen Bleimantels gestattete. Die Ionisations-Anfangsfeldstärke betrug dabei 3,2 kV/mm; ein danach gebautes Kabel hat eine höchste Betriebsspannung von 40 kV und wird hauptsächlich in dem Spannungsbereich wirtschaftlich, wo das Ölkabel zu teuer ist. Steigerung des Druckes auf 2,8 atü erfordert einen doppelt so starken Bleimantel, die Ionisations-Anfangsfeldstärke steigt damit jedoch nur auf 4,4 kV/mm.

Kabel diesen Prinzips, verschieden in Aufbau und Tränkung, wurden längeren Laboratoriumsversuchen unterworfen. Die Versuchskabel hatten einen Querschnitt von 175 mm<sup>2</sup>, die Einleiterkabel hatten einen zentralen Gaskanal

von 12,5 mm Dmr., bei Mehrleiterkabeln dienten die Trensräume mit Stützspirale versehen als Gaskanäle. Die Isolationsdicke war 5 bis 7,5 mm, die Bleimantelstärke 3 mm. Als Füllgas diente CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> und Freon. Aus den eingehend beschriebenen einzelnen Versuchen folgt, daß zur Vermeidung von Ionisation im Gasinnendruckkabel ein möglichst dünnes Isolationspapier ohne Faltenbildung und mit kleinsten Stoßstellen verwandt werden muß. Als Füllgas hat sich am besten Stickstoff bewährt, die Verwendung von Freon und anderen Gasen dieser Art wird näher untersucht. Das Gasinnendruckkabel ist viel stärker stabil gegen Ionisation als ein gewöhnliches Massekabel. Diese Eigenschaft beruht darauf, daß die Ionisation in den Hohlräumen bei höherem Druck ganz anders verläuft als bei Unterdruck. Dabei spielt die Zähigkeit der Tränkmassse eine wesentliche Rolle; sie soll möglichst dicke Filme in den Hohlräumen hinterlassen und diese durch schnelle X-Wachsbildung infolge der Ionisation ganz schließen. Der Wärmewiderstand eines Gasinnendruckkabels ist etwa 10 bis 15% höher als der eines Massekabels.

Weiter wird über zwei ausgeführte Kabelstrecken für 15 kV berichtet; es sind Dreileiterkabel von 400 mm<sup>2</sup> Querschnitt und 3300 bzw. 1650 m Länge. Eine dieser Strecken war durch Stopfmuffen mit einem Massekabel verbunden. Nur bei einem Kabel sind besondere Druckgasvorratsbehälter vorgesehen. Die Zubehörteile dieser Kabelanlage weichen nicht wesentlich von denen bei gewöhnlichen Massekabeln ab; zur Überwachung des Gasdrucks sind besondere Relais eingebaut. *Wrf.*

## Geräte und Stromrichter

DK 621.3.076.7

**Die Stabilisierung von Regelanordnungen mit Röhrenverstärkern durch Dämpfung oder elastische Rückführung.** [Nach E. H. Ludwig, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 5, S. 269; 16 S., 12 B.]

Regelsysteme, an die man hohe Genauigkeitsanforderungen stellt, werden häufig mit Röhrenverstärkern ausgerüstet. Dabei macht man die Beobachtung, daß der oftmals bedeutende Verstärkungsgrad das System instabil werden läßt. Zur Stabilisierung sind zwei Verfahren bekannt, erstens die Dämpfung des Systems durch Einfügen eines Gliedes mit entsprechend großer Zeitkonstante in den Regelkreis und zweitens die elastische Rückführung einer geeigneten Größe des Regelkreises zum Meßpunkt des Systems. Die Anforderungen, die man an einen Reglerverstärker stellen muß, sind hoher Verstärkungsgrad als Gleichstromverstärker und geringe Verstärkung im Bereich der Eigenfrequenz des unstabilierten Regelsystems.

Das Verfahren zur Berechnung der Stabilitätsgrenze aus dem Frequenzgang bzw. das zur Ermittlung der Stabilitätsgrenze aus der Übergangsfunktion der Regelanordnung wird so abgewandelt, daß der Einfluß von Dämpfung und elastischer Rückführung auf den Regelvorgang kennzeichnend erläutert werden kann. Bei einer reinen Dämpfung tritt — bei Betrachtung des Frequenzganges des Systems — neben der Amplitudenschwächung für den Bereich der Eigenfrequenzen eine Phasennacheilung ein, während bei einer elastischen Rückführung die Schwächung der Amplituden phasenrein erfolgt. Legt man den Stabilitätsbetrachtungen die Übergangsfunktion zugrunde, so verlängert die Dämpfung die Übergangszeit des Systems (von einem Gleichgewichtszustand in den anderen), wogegen die elastische Rückführung dem Regelsystem die ursprüngliche Zeitkonstante beläßt und dafür die Laufzeit (Ansprechzeit) herabsetzt.

DK 621.319.45

**Elektrolytkondensatoren.** [Nach Ph. R. Coursey u. S. N. Ray, J. Instn. electr. Engrs. 85 (1939) S. 107; 26 S., 22 B.]

Die Verfasser geben einen zusammenfassenden Überblick über die Entwicklung und den Stand der theoretischen Erkenntnisse, der Herstellungsweisen und Verwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Bauarten von Elektrolytkondensatoren, die insbesondere im Rundfunkempfänger- und Verstärkerbau im Laufe der letzten Jahre eine ausgedehnte Anwendung gefunden haben. Nach einem geschichtlichen Rückblick auf die ersten Versuche und die Fortschritte werden die neuzeitlichen Entwurfsrichtlinien und Bauarten angegeben, wobei eine Beschreibung des Aufbaues und der wichtigsten Eigenschaften der verschiedenen gebräuchlichen Arten der Elektrolytkondensatoren gegeben wird. Diese Eigenschaften beeinflussen in ganz besonderem Maße die Möglichkeit der wirtschaftlichen und technischen Verwendung. Die ent-

wickelten Theorien werden in einem Überblick kritisch gewürdigt, wobei die Polarisation, die Filmbildungen und der Molekularaufbau der Grenzschicht unter Berücksichtigung neuerer elektrochemischer Erkenntnisse behandelt wird. Einige dieser Theorien erscheinen noch ausbaufähig.

Die Herstellungsverfahren der nassen und trockenen Elektrolytkondensatoren werden mit Formierung und Tränkverfahren sowie Prüfung und Inbetriebnahme zusammen mit den Gesichtspunkten behandelt, die den Gebrauch dieser Kondensatoren bei verschiedenen Anwendungszweigen beeinflussen. Hierfür sind besonders die Werte der Kapazität, des Polarisationsstromes, der elektrischen Verluste, Lebensdauer und Abhängigkeit der Kondensatoreigenschaften von den Meß- und Gebrauchsbedingungen wichtig. An zahlreichen Kennlinien wird das Verhalten der einzelnen Bauarten erklärt und die besonderen Anwendungen für Gleichrichterkreise, bei unmittelbarem Gleichstromanschluß, zur Benutzung bei Wechselstromkreisen für Einphasenmotoren und zur Spannungsbegrenzung bei Gleichrichtern erörtert. Nach kurzem Hinweis auf spannungsfeste Sonderbauarten wird zum Abschluß außer einem reichen Schrifttumsverzeichnis im Anhang ein genormtes Prüfverfahren angegeben, um die Gleichartigkeit bei der Erfassung der Eigenschaften der Elektrolytkondensatoren zu gewährleisten. Die Aussprache und Stellungnahme der verschiedenen Beteiligten beziehen sich auf die theoretischen Grundlagen und elektrochemischen Vorgänge, die Anwendungsmöglichkeiten, die Herstellungsgenauigkeit, die Belastbarkeit, Lebensdauer, Korrosionserscheinungen, Formierung und weitere praktische Erfahrungen mit Elektrolytkondensatoren.

an.

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317-723

**Bestimmung der Kapazitätsänderung mit dem Fadenausschlag bei Fadenelektrometern.** [Nach J. Tagger, Phys. Z. 40 (1939) S. 408; 1½ S., 1 B.]

Bei einem Wulfschen Zweifadenelektrometer bilden Hilfskonduktor als Außenbelegung und Fadensystem einen Kondensator  $C_1$ , Zuführungsstift als Innenbelegung und Schutzgehäuse einen zweiten Kondensator  $C_2$ . Beide Kondensatoren sind hintereinander geschaltet. Wird nach Einstellung des Nullpunkts das Fadensystem isoliert und der Hilfskonduktor an ein hohes Potential  $V$  gelegt, so gibt der Ausschlag die Potentialdifferenz  $V - v$ , wenn  $v$  das Fadenpotential bedeutet. Die Kapazität des Fadensystems ist dann  $C_1 = C v/V$ , wenn  $C$  die Gesamtkapazität ist, und der konstante Kapazitätsanteil  $C_2 = C - C_1$ . Wählt man nun  $V$  kleiner, so erhält man absteigende Ausschläge, und die zugehörigen Kapazitätswerte sind

$$C_1 = C_2 \frac{v}{r - v}.$$

Auch die Kapazität der Elektrometerzusätze kann nach diesem Verfahren gemessen werden. Br.

DK 621.317-384.029.64

**Verlustmessungen bei Zentimeterwellen.** [Nach G. Báz, Phys. Z. 40 (1939) S. 394; 10 S., 10 B.]

Zur Berechnung der Verluste bei Zentimeterwellen bestimmt G. Báz das Durchlässigkeits- und Reflexionsvermögen bei verschiedenen Schichtdicken. Die Wellen werden mit einer Zweischlitzmagnetronröhre erzeugt, durch einen Hohlspiegel gebündelt und durch einen zweiten Hohlspiegel auf einen als Empfänger dienenden Silber-Silizium-Detektor geleitet. Die Verwendung von Metallspiegeln bedingt das Auftreten von stehenden Wellen, wodurch die Durchlässigkeit einer Schicht im Strahlengang ortsabhängig wird. Es ist zweckmäßig, sie in einem Minimum des Interferenzfeldes einzubringen, da dann maximale Durchlässigkeit für alle Schichtdicken erreicht wird. Die Bodenstärke des Gefäßes muß der Meßwellenlänge angepaßt werden, um zusätzliche Reflexionen zu vermeiden. Dies gelingt, wenn die Bodenstärke annähernd gleich der halben Wellenlänge ist. Die abgebeugte Intensität muß besonders bestimmt werden.

Von Flüssigkeiten wurden Wasser, Methylalkohol und Äthylalkohol untersucht. Die Messungen zeigen, daß die mit gedämpften Wellen gefundenen schmalen Dispersionsstreifen nicht vorhanden sind. Bild 2 zeigt für Wasser die Abhängigkeit des Reflexionsvermögens  $R$ , des Absorptionskoeffizienten  $n \times$  und der Dielektrizitätskonstanten  $n^2$  von der Frequenz. Die ausgezogene Kurve ist unter Benutzung der Debyeschen Formeln berechnet; die Abbildung enthält auch Ergebnisse anderer

Verfasser. Die Sprungwellenlänge liegt für Wasser bei 19° C bei 1,85 cm, für Methylalkohol bei 12,8 cm und für Äthylalkohol bei 28,4 cm. Nach denselben Verfahren wurden auch einige feste technische Isolierstoffe untersucht. Zusammen mit weiteren Messungen bei langen Wellen konnte der Verlauf im

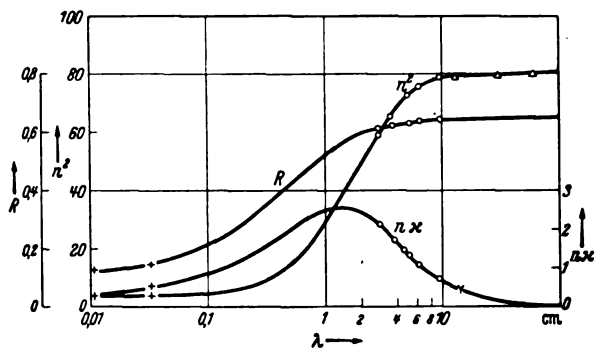


Bild 2. Die Dispersion und Absorption des Wassers bei 19° C.

gesamten elektrischen Spektrum nachgeprüft werden. Das Dispersionsgebiet liegt hier bei technischen Frequenzen. Bei Zentimeterwellen ist eine Dispersion nicht vorhanden; der Verlustwinkel nimmt mit der Frequenz zu. Br.

### Verkehrstechnik

DK 621.333

**Der Fahrmotor EKB 1000 der Reichsbahn-Schnellzuglokomotiven Reihe E 19 für 180 km/h Geschwindigkeit.** [Nach H. Hermle, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 191; 2½ S., 5 B.]

Der Motor EKB 1000 ist eine Weiterentwicklung des Motors EKB 860, der für die Lokomotiven der Reihe E 04, E 18 und E 63 verwendet wird. Die Polzahl wurde von 12 auf 14, der Ankerdurchmesser von 860 auf 1000 mm erhöht. Die Leistung des Motors beträgt nach R.E.B. 980 kW, 1860 A, 600 V, 1161 U/min eine Stunde lang, 905 kW, 1800 A, 570 V, 1161 U/min dauernd. Die Ankererwärmung wurde dabei durch Widerstandsmessung im Anker gemäß den IEC-Beschlüssen von 1938 bestimmt. Bei dem bisherigen Verfahren der Temperaturbestimmung durch Thermometer hätten sich noch höhere Leistungen ergeben. Der Fortschritt, der durch Anwendung der geschweißten Bauart, hochwertige Isolierstoffe und durch weitere Verbesserung der Lüftung erzielt werden konnte, kommt in dem geringen Leistungsgewicht von 5,65 kg/kW, bezogen auf die Stundenleistung, zum Ausdruck; der an sich schon hoch ausgenutzte Motor EKB 860 hatte ein Leistungsgewicht von 6,45 kg/kW. Infolge der Verschiedenheit der Temperaturbestimmung bei beiden Motoren geben diese beiden Kennzahlen die tatsächliche Steigerung der Ausnutzung aber nicht vollkommen wieder. Ständer und Läufer werden durch getrennte Luftströme gekühlt, die durch je einen von einem gemeinsamen Motor angetriebenen Lüfter erzeugt werden. Durch entsprechende Abgleichung der beiden Teilluftströme sowie durch möglichst störungsfreie Luftführung wird eine sehr gute Wärmeabfuhr erreicht. Der Ständer des Motors wird durch einen Luftstrom von 140 m³/min bei 150 mm Wassersäule, der Läufer von einem Luftstrom von 68 m³/min bei 64 mm Wassersäule gekühlt. Der Lüftermotor ist nicht mehr auf dem Motorgehäuse aufgeschraubt, sondern zwecks Fernhaltung von Erschütterungen getrennt in der Lokomotive aufgestellt.

Bedeutsam für die hohe Ausnutzung des neuen Motors war die günstige Nutausnutzung; diese wurde durch sparsame Bemessung der Isolationsstärken erreicht, die durch Fortschritte in der Entwicklung der Isolationstechnik ermöglicht wurde. Die Leiter der Erreger- und Kompensationswicklung haben Apyrolisolierung mit einseitigem Auftrag von 0,25 mm, die Stäbe der Wendepolwicklung sind mit Glimmer mit einseitigem Auftrag von 0,15 mm isoliert. Auch die Stabisolation im Läufer besteht aus Glimmer, und zwar ist die Stärke im Nutenteil 0,15 mm, in den Wickelköpfen 0,25 mm einseitig. Die Ausgleichverbindungen sind jetzt auf einem besonderen Wicklungsträger angebracht und bandagiert. Neben einer einwandfreien Festlegung der Wicklung wurden auch Herstellung und Einbau vereinfacht, weil der fertige Wicklungsring eingeschoben und dann verlötet werden konnte.

Besondere Sorgfalt wurde der Gestaltung und Fertigung des Stromwenders gewidmet. Seine Umfangsgeschwindigkeit beträgt bei 180 km/h Fahrgeschwindigkeit 46 m/s. Bei der Geschwindigkeit von 225 km/h, die die Lokomotive bei Versuchsfahrten erreichen kann, ist die Umfangsgeschwindigkeit des Stromwenders 57,5 m/s. Sein Segmentring besitzt auf der nach dem Anker zu liegenden Seite einen Schrupfiring, der einen Teil der Fliehkräfte aufnimmt. Das drehbare Bürstenjoch ist mit Rüsseldruckfingern und Silberkontakten versehen, die einen guten Stromübergang vom Druckfinger auf die nicht bewehrte Kohle gewährleisten. Die Bürstenhalter haben auswechselbare Bürstentaschen.

Die Zahnrad-Umfangsgeschwindigkeit ist bei 180 km Fahrgeschwindigkeit 35 m/s. Durch geeignetes Getriebeöl wird diese hohe Beanspruchung der Flanken ermöglicht. Die Verzahnung hat 93 und 49 Zähne, also eine Übersetzung von 1,898:1, Teilung  $11\pi$ , Schrägungswinkel  $22^\circ 36' 23''$ . Die Kleindräder sind aus im Einsatz gehärtetem Chromnickelstahl mit einer Kernfestigkeit von 130 bis 140 kg/mm<sup>2</sup> und die auf die Hohlwellenkörper aufgebrauchten Großradkränze aus vergütetem Chromnickelstahl mit 80 bis 90 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit gefertigt. Die bereits genannte kleine Übersetzung gab Anregung zu einer trieblosen Ausführung des Antriebes, wobei der Anker unmittelbar auf der Hohlwelle sitzen würde. Jedoch ergaben die Untersuchungen, daß damit erst bei weiterer erheblicher Steigerung der Fahrgeschwindigkeit Gewichtsvorteile zu erwarten sind. *eb*

**DK 621.335.2 (494)**

**Neue 8800 kW-Gotthardlokomotive.** [Nach C. Bodmer, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 406; 4 S., 4 B.]

Zur Vervollständigung einer eingehenderen Beschreibung<sup>1)</sup> der Lokomotive werden zunächst genauere Angaben über die Leistungsfähigkeit gemacht. Bei 72 km/h und 44 t Zugkraft am Rad beträgt die Motorleistung 8900 kW, bei der Höchstgeschwindigkeit von 110 km/h und 18,1 t Zugkraft am Rad beträgt die Motorleistung 6100 kW (Bild 3). Die Fortschritte

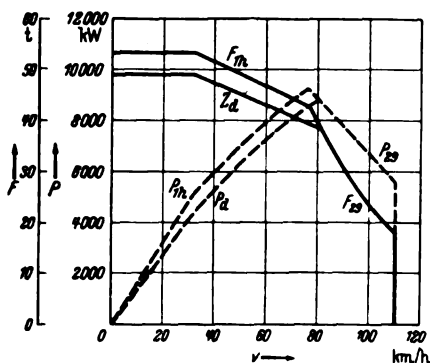


Bild 3. Leistungsschaubild der 8800 kW-Gotthardlokomotive.

gegenüber den 1928 gebauten Gotthardlokomotiven sind: Höhere elektrische und konstruktive Ausnutzung des Motors, z. B. durch Steigern der Ankerumfangsgeschwindigkeit um 18% auf 57 m/s; neue Schaltung mit zwei getrennten Transformatoren an Stelle des einen dreikernigen. Gegenüber dem gewöhnlichen Transformator mit Niederspannungs-Stufenschaltung ist dadurch das Mehrgewicht auf 27% gedrückt, so daß es durch Ersparnisse am Schaltgerät ausgeglichen ist. Die Betriebsaufgabe, Züge von 1000 t einschließlich Lokomotive über den Gotthard mit 75 km/h zu fahren, bedingt eine Motorleistung von 7900 kW. Der Leistungsrückhalt ist erwünscht für die zukünftige Entwicklung. Im Bau sind Flachlandlokomotiven, deren Ausrüstung dieselbe ist wie die einer Hälfte der Gotthardlokomotive. *Tf.*

**Fernmeldetechnik**

**DK 621.394.645-31**

**Empfangsverstärkung breiter Frequenzbänder (Antennenverstärker).** [Nach E. Alsleben, Hochfrequenztechn. 54 (1939) S. 44; 9 S., 13 B.]

Für verschiedene Zwecke, z. B. für Gemeinschaftsantennenanlagen, werden Hochfrequenzverstärker benötigt, in denen ein breites Hochfrequenzband etwa gleichmäßig verstärkt wird. Dem Streben nach geringen Unkosten durch Stromverbrauch

und Röhrenersatz steht die Notwendigkeit entgegen, Röhren größerer Leistung zu verwenden, wenn man eine größere Verstärkung des breiten Bandes erreichen und gleichzeitig das Auftreten nichtlinearer Verzerrungen vermeiden will. Die Verstärkung, die man mit einer Röhre bei gegebenem breiten Frequenzband erzielen kann, ist begrenzt durch die Kapazität  $C_a$  die parallel zum Anodenwiderstand  $R_a$  liegt. Bei Festsetzung des zulässigen Verstärkungsabfalls an der Grenze des Frequenzbereiches auf das  $1/\sqrt{2}$ fache ergibt sich die Grenzfrequenz zu

$$\omega_g = \frac{1}{R_a C_a}$$

Bei Anodenwiderständen, die klein gegenüber dem Innenwiderstand der Röhre sind (Widerstandsverstärkung), beträgt die bei gegebener Grenzfrequenz  $\omega_g$  in einer Röhre erzielbare Verstärkung  $V = \frac{S}{\omega_g C_a}$ . Für Verstärker mit Resonanzkreisen als Anodenwiderständen tritt an die Stelle der oberen Grenzfrequenz des Widerstandsverstärkers die Bandbreite  $\Delta\omega$ . Die übliche Hintereinanderschaltung mehrerer Verstärkerstufen, deren Verstärkung sich multipliziert, hat nur Sinn, wenn die Verstärkung der einzelnen Stufe größer als 1 ist. Bei Stufenverstärkungen, die kleiner als 1 sind, mitunter auch noch bei solchen, die etwas größer als 1 sind, läßt sich durch Parallelschalten der Röhren eine größere Verstärkung erzielen. Verbindet man die Parallelschaltung der Röhren mit einer Aufteilung des Bandes in mehrere Bereiche, in denen je eine Röhre arbeitet, so werden die Verstärkungsverhältnisse der Parallelschaltung günstiger. So ist z. B. die Parallelschaltung zweier Röhren mit einer Aufteilung des Bandes in zwei gleiche Bereiche, in denen je eine Röhre arbeitet, noch bei einer Röhrenverstärkung von  $V = 2$  der Hintereinanderschaltung der Röhren gleichwertig. In den bisherigen Rundfunk-Antennenverstärkern kommt man mit der Stufenverstärkung nahe an das Gebiet heran, in dem Hintereinander- und Parallelschaltung gleichwertig sind.

Die Anwendung der Parallelschaltung mit in Oktaven oder noch kleinere Bereiche aufgeteiltem Frequenzbereich verringert außerdem die Störmöglichkeit zwischen den Sendern. Sender aus dem einen Bereich können bei Verwendung geeigneter Filter in dem andern Bereich nicht stören; zwei Sender, deren Frequenzen innerhalb einer Oktave liegen, erzeugen Kombinationsfrequenzen 2. und 3. Ordnung außerhalb dieser Oktave. Erst bei drei Sendern innerhalb einer Oktave entstehen Störfrequenzen dritter Ordnung innerhalb derselben. Eine gleichmäßige Verstärkung in den einzelnen Bereichen läßt sich durch verschiedene Breiten oder durch die Verwendung von Röhren mit entsprechend verschiedenem Wert von  $S/C$  erreichen. Bei Aufteilung des Bandes in etwas kleinere Bereiche als Oktaven ist mit zweikreisigen Bandfiltern eine hinreichende Trennung der Bereiche voneinander zu erzielen. Verstärkungsunterschiede von  $\pm 50\%$  gegenüber Bandmitte werden als zulässig angesehen; die Berechnung eines solchen Bandfilters wird durchgeführt. Durch die Parallelschaltung der Bandfilter tritt eine gewisse gegenseitige Beeinflussung ihrer Resonanzkurven ein; sie wurde meßtechnisch untersucht, die Ergebnisse sind in mehreren Kurven dargestellt.

Den Schluß der Arbeit bildet ein Vergleich zwischen einem handelsüblichen zweistufigen Antennenverstärker mit Widerstandskopplung (REN 904 + RENS 1374 d) und einer Sonderausführung eines Antennenverstärkers mit 3 Pentoden EF 12 in Parallelschaltung und aufgeteiltem Frequenzbereich (Rundfunk-Langwellenbereich + 2 x Rundfunk-Mittelwellenbereich). Bei der Parallelschaltung ist im Langwellenbereich wesentlich höhere Verstärkung möglich, da der Bereich sehr schmal ist; im Mittelwellenbereich ist sie im Vergleich zu dem zweistufigen Verstärker etwas größer und gleichmäßiger. Messungen von Summen- und Differenzschwingungen, deren Ergebnisse in Form von Kurven konstanter Störspannung über der Empfangsfrequenz (Summen- und Differenzfrequenz) als Abszisse und der höheren der beiden Sendefrequenzen als Ordinate aufgetragen sind, zeigen, daß die Parallelschaltung mit aufgeteiltem Frequenzbereich trotz Verwendung kleinerer Röhren aus in bezug auf Verzerrungen günstiger ist als die Hintereinanderschaltung. *Mbs.*

Die Telegraphenverbindungen im englischen Reich. [Nach K. L. Wood, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 638; 24 S., 43 B., Disk. 10 S., 1 B.]

**DK 621.394-5**

**Die Telegraphenverbindungen im englischen Reich.** [Nach K. L. Wood, J. Instn. electr. Engrs. 84 (1939) S. 638; 24 S., 43 B., Disk. 10 S., 1 B.]

Der Weittelegraphieverkehr, ursprünglich von vierzehn verschiedenen Gesellschaften und ihren Tochtergesellschaften betrieben, wurde 1929 von einer einzigen Betriebsgesellschaft übernommen, die hierdurch über ein ausgedehntes Netz an

<sup>1)</sup> H. Süsli, Schweiz. techn. Z. (1939) Nr. 23/24.

Seekabeln, drahtlosen Verbindungen und Landverbindungen verfügt. Der technische Mitarbeiterstab der Gesellschaft gliedert sich in Leitung, Verwaltung und Betrieb, wobei zu den Aufgaben der Verwaltung u. a. die Planung und Unterhaltung der Verbindungen, die technische Entwicklung und die Ausbildung des Ingenieurwachstums gehören. Allein im Betrieb sind über 750 Techniker und Ingenieure beschäftigt.

Für den Verkehr auf Seekabeln wird fast allgemein das Kabelalphabet verwendet, das sich aus dem Morsealphabet dadurch herleitet, daß man einen Punkt durch einen Stromschritt der einen und einen Strich durch einen Stromschritt der anderen Richtung ersetzt, während der Zwischenraum durch eine gleichlange Pause dargestellt wird. Die Vorzüge des Kabelalphabetes gegenüber dem Fünferalphabet bestehen darin, daß durch zusätzliche oder ausgefallene Stromschritte hervorgerufene Fehler meist sofort als solche erkennbar sind, daß man bei gegebenem Frequenzband eine besonders große Nachrichtenmenge übertragen kann und daß die Anforderungen an die Duplexsymmetrie geringer sind.

Da die vorhandenen Seekabel für den vorliegenden Telegraphenverkehr ausreichen, sind in den letzten Jahren neue Kabel kaum verlegt worden. Die technische Entwicklung ging vielmehr dahin, den Betrieb auf den vorhandenen Kabeln zu verbessern. Hierzu diente in erster Linie der seit 1923 eingeführte umlaufende Entzerrer. Darüber hinaus wurden auch die Übertragungswege selbst verbessert. Als Sender werden fast durchweg Lochstreifensender benutzt. Die von ihnen ausgesendeten Zeichen werden abgeflacht und über eine Brückenschaltung, deren Zweige sich im wesentlichen aus dem Kabel, der Kabelnachbildung und zwei kapazitiven Gliedern zusammensetzen, auf das Kabel gegeben. Am Empfangsende gelangen sie über eine gleichartige Brückenschaltung auf einen Kapazitätsverstärker. Dieser enthält ein Drehspulsystem, dessen Bewegung auf einen Differentialkondensator übertragen wird. Die festen Belegungen dieses Kondensators liegen an dem Gitter zweier Gleichrichterröhren, die zusammen mit zwei festen Widerständen eine Brücke bilden. Je nach der Stellung der Drehspule erhält das eine oder das andere Rohr einen größeren Teil des Wechselstroms, der dem Differentialkondensator von einem Röhrensummer zugeführt wird. Der im Nullzweig der Brücke fließende Strom ist gegenüber dem Eingangsstrom der Drehspule im allgemeinen um den Faktor 7 bis 8 verstärkt. Dieser Strom wirkt auf ein besonders ausgebildetes Drehspulrelais, mit dem ein Gerät zusammen arbeitet, das dazu dient, die einseitige Verzerrung der Zeichen zu kompensieren; dies erfolgt durch Verstellung der Kontaktanordnung des Relais mit Hilfe eines magnetischen Systems, dessen Erregung von der Verzerrung der ankommenden Stromschritte gegenüber der Normallänge abhängt. Mit Hilfe dieser Anordnung kann man die Verzerrung durch Erdströme, die die Zeichenamplituden am Empfangsort um das Drei- bis Vierfache übersteigen, ausgleichen. Als Empfangsgeräte dienen vortzugsweise Schreiber, aber auch der Druckempfang führt sich mehr und mehr ein. Die Drucker sind Synchrongeräte und in ihrer Ausführung dem Kabelalphabet angepaßt. Sie arbeiten mit einer Geschwindigkeit von etwa hundert Worten in der Minute.

Der drahtlose Telegraphenverkehr spielt sich von England aus über fünf Sende- und vier Empfangsstationen ab, die alle von London aus betrieben werden. Die meisten Stationen arbeiten mit Lochstreifensendung und Schreibempfang, auf einigen Verbindungen ist jedoch Druckempfang möglich. Als Telegraphenalphabet dient im allgemeinen ein besonders abgewandeltes Kabelalphabet. Vielfach wird die Doppeltontelegraphie, bei der den Trenn- und Zeichenstromschritten getrennte Frequenzen zugeordnet werden, die in diesem Fall einen Abstand von 600 Hz haben, verwendet. Der Sender wird über seinen Hauptschwingungskreis durch Zu- und Abschalten einer Kapazität unter Verwendung eines Gleichrichterrohres verstimmmt. Die Empfänger bestehen aus einem Hochfrequenzteil mit selbsttätiger Pegelregelung und selbsttätiger Nachstimmung der Empfängerfrequenz unter Verwendung der gleichen Vorrichtung, die auch zum Bekämpfen der einseitigen Verzerrungen auf Seekabeln benutzt wird, und aus einem acht Röhren enthaltenden Niederfrequenzteil. Dieser kann mit Rücksicht auf den Einsatz des Verdán-Systems so betrieben werden, daß sich ausgefallene und zusätzliche Stromschritte im Ausgangskreis des Niederfrequenzteiles entweder nur als zusätzliche oder nur als ausgefallene Stromschritte auswirken. Schaltet man den Empfänger unmittelbar auf einen Tonfrequenzkanal eines WT-Systems, um die Nachricht an ihrem Bestimmungsort zu übertragen, so kann das ohne Zwischenschaltung von Relais mit einem röhrengetasteten Tonfrequenzsender erfolgen, der

die einseitige Verzerrung ausgleicht und die Zeichen versteilert. Mit den behandelten Systemen wurden, wie der Verfasser mitteilt, auch bei schwierigen Übertragungsbedingungen gute Erfolge erzielt.

In der umfangreichen Aussprache wurde u. a. die Frage angeschnitten, ob die eingesetzten technischen Mittel wirklich dem neuesten Stande der Nachrichtentechnik entsprechen. Der Verfasser hat die einzelnen beschriebenen Geräte gegenüber anderen Lösungsmöglichkeiten verteidigt. *che.*

### Theoretische Elektrotechnik

DK 517.512.2 : 621.3.012 : 621.3.045

**Über die Fourier-Entwicklung der Felderregerkurve von dreiphasigen Durchmesser-Ganzlochwicklungen.** [Nach H. Rothert, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 5, S. 285; 8 $\frac{1}{3}$  S., 8 B.]

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich darum, die im Schrifttum ziemlich zerstreut aufzufindenden Darstellungen der Felderregerkurve von Drehstromwicklungen zusammen unter einheitlichen Gesichtspunkten zu behandeln. Während im allgemeinen der Nutschlitz unendlich schmal vorausgesetzt wird, so daß sich in der Felderregerkurve Treppenstufen mit senkrechtem Anstieg ergeben, wird hier angenommen, daß der Anstieg linear über die endliche Nutschlitzbreite erfolgt, um den wirklichen Verhältnissen näher zu kommen. Ausgehend von der Einphasen-Durchmesserwicklung mit einer Nut wird anschließend ein geschlossener Summenausdruck der Einphasenwicklung mit  $g$  Nuten je Pol abgeleitet. Die Überlagerung von drei räumlich gegeneinander um je zwei Drittel der vollen räumlichen Periode  $2\tau_p$  versetzten Einphasenwicklungen mit  $g$  Nuten je Pol und Durchmesserwindungen, deren Spannungen entsprechend um je zwei Drittel der zeitlichen Periode verschoben sind, führt schließlich zu der gewünschten Reihenentwicklung der Felderregerkurve von Dreiphasenwicklungen. Der so erhaltene allgemeine Ausdruck ermöglicht es, durch geeignete Grenzübergänge die bisher im Schrifttum benutzten Sonderentwicklungen abzuleiten. Es wird weiter gezeigt, daß sich auch das sehr häufig angegebene Trapez und Fünfeck der Dreiphasenwicklungen zwanglos gewinnen lassen, indem man das Verhältnis Nutschlitzweite zu Nutteilung dem Werte Eins zustreben läßt. Ohne weiteres folgt hieraus die Gleichheit der Grundwellen dieser beiden bekannten Sonderfälle, die ja nur zwei besondere Augenblicke der allgemeinen Entwicklung darstellen. Die weitgehende Annäherung an Trapez und Fünfeck wird erwiesen, indem in zwei Abbildungen das Ergebnis der Berücksichtigung nur der ersten vier Reihenglieder dargestellt wird.

DK 538.561 : 538.567.4

**Schwingungserzeugung durch Geschwindigkeitsmodellierung.** [Nach W. C. Hahn u. G. F. Metclaff, Proc. Instn. Radio Engrs., N. Y. 27 (1939) S. 106; 11 S., 10 B., und R. H. Varian, J. Appl. Phys. 10 (1939) S. 321.]

Unter Anwendung der Heilschen Kammer<sup>1)</sup>, einer Zweifeldanordnung, wie sie Bild 4a zeigt, wird zunächst einer kontinuierlich eintretenden Elektronenstromung eine Geschwindigkeitsmodellierung erteilt. Von den vier gezeigten gitterförmigen Elektroden, die alle auf gleichem Potential liegen, sind die mittleren beiden miteinander verbunden; zwischen den zwei Plattenpaaren liegt eine hochfrequente Spannung. Die den Raum zwischen den Elektroden  $E_1$  und  $E_2$  zur Zeit des positiven Höchstwertes der Steuerspannung ( $I$ ) bei  $E_1$  betretenden Elektronen werden beschleunigt; sie gewinnen Bewegungsenergie; mit gesteigerter Geschwindigkeit fliegen sie durch den wechselfeldfreien Laufraum zwischen  $E_2$  und  $E_3$ , um dann beim Eintritt in den Raum zwischen den Elektroden  $E_3$  und  $E_4$  eine weitere ebenso große Geschwindigkeitssteigerung zu erfahren wie im Eintrittsraum, wenn die Winkellänge des Laufzeitraumes  $\pi$  beträgt. Betrachtet man alle Elektronen, die im Verlauf einer Periode der Steuerspannung die Heilsche Kammer bei  $E_1$  betreten, nach ihrem Austritt bei  $E_4$ , so kann man eine sinusförmig verlaufende Geschwindigkeitsschwankung im Strahl feststellen. Unter dem Einfluß der Steuerspannung  $u_s \sin \omega t$  wird den Elektronen einer Front eine Geschwindigkeitsänderung vom Betrag  $2 u_s \sin \omega t \sin \vartheta/2$  erteilt, wenn  $\vartheta$  die Winkellänge des Laufzeitraumes ist. Zur Ermöglichung einer nachweisbaren Induktionswirkung auf weitere Elektroden muß in der

1) Z. Phys. 95 (1935) S. 752.

Folge nun eine Ordnung zu Elektronenbündeln vorgenommen werden. Eine solche Dichtemodulation bildet sich im Laufrum hinter der Elektrode  $E_4$  aus. In diesem wechselfeldfreien Raum holen die beschleunigten Elektronen die langsameren ein; es entsteht eine Elektronenzusammenballung, die durch die Arbeiten von Brüche und Recknagel<sup>1)</sup> als Phasenfokussierung bekanntgeworden ist. Es läßt sich zeigen, daß die Differenz zwischen dem bei  $E_4$  in den Laufrum eintretenden und dem an dessen Ende austretenden Strom

$$i_D = \frac{\varphi i_0 u_m}{2 u_0} \cdot \cos(\omega t - \varphi)$$

ist, wenn  $i_0$  den bei  $E_1$  eintretenden Gleichstrom,  $u_m \sin \omega t$  die Geschwindigkeitsmodulationsfunktion und  $u_0$  die Gleichspannung im wechselfeldfreien Raum ist. Leistung wird dem dichtemodulierten Elektronenstrahl in einer zweiten Heilschen Kammer entnommen. Beim Durchfliegen des Eintrittsraumes fließt infolge Influenzwirkung in einem Kreis, der die begrenzenden Elektronen überbrückt, ein Wechselstrom.

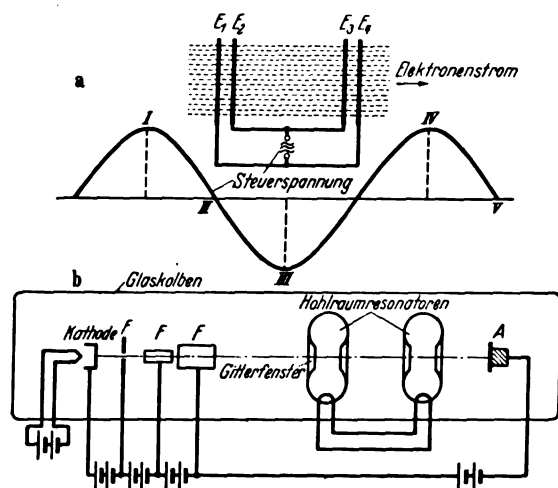


Bild 4. Heilsche Zweifeldanordnung (a) und Rhumbatron-Klystron (b).

Erfolgt der Eintritt während der negativen Halbperiode einer primären Schwingkreisspannung, so wird an den Kreis Energie abgegeben; der Kreis nimmt um so mehr Energie auf, je kleiner die Laufzeit zwischen den Elektroden ist, da dann die Elektronen praktisch nur gebremst werden und die positive Halbperiode der Schwingspannung, während der die Elektronen wieder beschleunigt würden, der Kreis die aufgenommene Energie also wieder abgeben müßte, nicht zur Wirkung kommt. Ist die Winkellänge  $\varphi$  der Entfernung des Eintrittsraumes vom Austrittsraum der Leistungskammer ein ungeradzahliges Vielfaches von  $\pi$ , so wiederholt sich der gleiche Vorgang der Energieabgabe im zweiten Elektrodenpaar. Eine Zweifeldanordnung allgemeinerer Art, bei dem das Eintritts- und das Austrittsfeld durch gesonderte Kreise vermittelt wird, stellt das (Rhumbatron-) Klystron dar; den Aufbau dieser Zweifeldanordnung veranschaulicht Bild 4 b. Zwischen den Elektroden  $F$ , die zur Strahlkonzentration dienen, und der Fangelektrode  $A$  liegen im Strahlengang zwei Hohlraumresonatoren<sup>2)</sup>, die der Strahl durch Gitterfenster durchsetzt. Werden diese Resonatoren erregt, so treten zwischen den Gitterfenstern Wechselspannungen der Resonatoreigenfrequenz auf. Eingangs- und Ausgangskreis lassen sich durch eine äußere Rückkopplung verbinden, wodurch ein selbsterregter Schwingungserzeuger entsteht. Nutzleistung kann entweder durch Einführung einer Kopplung aus dem Ausgangskreis ausgekoppelt oder einem Fangelektrodenkreis entzogen werden, wenn die Fangelektrode im Brennpunkt für den phasenfokussierten Elektronenstrahl steht. Erzeugeranordnungen der beschriebenen Art wurden besonders zur Herstellung von Dezimeterwellen benutzt. So konnte mit einem Klystron für 10 cm eine Nutzleistung von mehreren hundert Watt gewonnen werden. Der mit dem Klystron erreichbare Wirkungsgrad wird zu etwa 50% angegeben, während die Heilsche Kammer Wirkungsgrade von etwa 30% aufweist. E. C. M.

1) Z. Phys. 108 (1938) S. 459.

2) F. Borgnis, ETZ 61 (1940) H. 21, S. 461.

DK 537.29.025 : 537.226.3

**Berechnung des Anstieges der Temperaturverteilung bei Anlegen eines Wechselfeldes an ein Dielektrikum.** [Nach C. Copple, D. R. Hartree, A. Porter u. H. Tyson, J. Instn. electr. Engrs. 85 (1939) S. 56; 11 S., 10 B.]

Die bisherigen Berechnungen der Temperaturverteilung in einem Dielektrikum, das einem elektrischen Wechselfeld ausgesetzt wird, gehen von der Annahme eines linearen Anstieges der Verluste mit der Temperatur aus. Sie ergeben zwar kritische Temperaturen bzw. Feldstärken, oberhalb deren eine stabile Endtemperatur nicht mehr zustandekommt, zeigen jedoch hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs erhebliche Abweichungen von den praktischen Beobachtungen. Die Verfasser untersuchten den zeitlichen Verlauf der Temperatur in der Mitte einer unendlich ausgedehnten dielektrischen Scheibe in einem Plattenkondensator, für die die Verluste mit der Temperatur exponentiell ansteigen. Die Lösung der partiellen Differentialgleichung wird mit Hilfe eines mechanischen Integrators durchgeführt, das Verfahren selbst im Anhang ausführlich beschrieben. Für den Beginn des Vorganges wird eine analytische Näherungslösung für konstante Verluste benutzt, da in der Nähe der Anfangszeit die Integrationsmaschine nicht arbeitet. Die Ergebnisse der Integration sind durch geeignete Umformungen der Grundgleichung beliebiger Plattendicke, Feldstärke, Verlustkonstante usw. anzupassen. Die Berechnung, die zunächst nur qualitativ Anhaltspunkte liefern sollte, ergibt außer der Existenz einer kritischen Feldstärke auch einen zeitlichen Verlauf der Mittentemperatur, der ausgezeichnete Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund aufweist. Die Verfasser schließen aus der Tatsache, daß es bei rechtzeitigem Abbruch der Versuche möglich ist, den gleichen Kurvenverlauf nach Abkühlung des Versuchsstückes unverändert nochmals aufzunehmen, daß es zumindest bei Medien mit hohen dielektrischen Verlusten Durchschläge geben kann, die auf rein thermischer Instabilität beruhen und keine dauernde chemische Veränderung des Isolierstoffes, wie etwa Zersetzung oder Verkohlung, hervorrufen. Sgn.

## Physik

DK 537.527 : 536.2

**Über mehrere Arten von Quecksilber-Hochdrucksäulen und deren Wärmeleitung.** [Nach R. Rompe u. P. Schulz, Z. Phys. 112 (1939) S. 691; 13 S., und Z. Phys. 113 (1939) S. 10; 8 S.]

Wie aus einer Reihe von Arbeiten bekannt ist<sup>1)</sup>, kann für stationäre Entladungen bei Drücken über 1 at thermisches Gleichgewicht angenommen werden, und zwar in dem Sinne, daß der Unterschied zwischen Elektronen- und Gastemperatur sehr gering ist, und die Ausstrahlung und der Ionisationsgrad mit ausreichender Genauigkeit aus den für das thermische Gleichgewicht gültigen Strahlungsgesetzen bzw. der Saha-Formel berechnet werden können. Die Temperatur ist in der Achse der Entladung am höchsten (6000 bis 10000°) und fällt nach außen hin rasch ab; der Betrag der sich einstellenden Temperatur hängt von der zugeführten elektrischen Leistung einerseits, der räumlichen Erstreckung der Entladung, dem Strahlungs- und Wärmeleitungsvermögen des Gases andererseits ab. Aus der Energiebilanz eines Volumenelementes der Hochdruckentladung — unter der Annahme, daß die zugeführte Leistung durch unabsorbierte Ausstrahlung und Wärmeleitung abgeführt wird — läßt sich eine Differentialgleichung gewinnen, die für den Fall von Entladungen in zylindrischen Röhren von Elenbaas und Heller<sup>2)</sup> zur Aufstellung von Ähnlichkeitsgesetzen benutzt wurde. Diese Differentialgleichung stellt, im Rahmen der ihr zugrunde gelegten Voraussetzungen, eine vollständige Beschreibung der Hochdrucksäule dar. Sie läßt sich jedoch nicht völlig lösen. Um trotzdem zu Beziehungen zu gelangen, die die Temperatur der Entladung und damit ihre Ausstrahlung und elektrische Leitfähigkeit mit den direkt beobachteten Parametern Stromstärke und Druck bzw. Dichte verknüpft, werden die Mittelwerte, die durch gliedweise Integration der Differentialgleichung entstehen, als Parameter der Entladung eingeführt; diese sind:  $R_0$  als wirksame Breite der Entladung, für die nach den Messungen mit ausreichender Genauigkeit die Halbwertbreite der Intensitätsverteilung quer zum Bogen eingesetzt werden kann;  $T_0$  als die mittlere Temperatur der Entladung, die aus der Leuchtdichte ermittelt wird, und  $\Delta T_0$  ein

1) Vgl. R. Mannkopf, Z. Phys. 86 (1933) S. 161; W. Elenbaas, Physica 2 (1935) S. 169.

2) G. Heller, Physics 6 (1935) S. 389.

wirksamer Temperaturgradient, der die Wärmeleitung bestimmt. Ferner treten als Veränderliche in den Gleichungen der Gradient  $G$ , der Druck  $p$  und die Stromstärke  $I$  auf. Mit diesen Mittelwertgrößen lautet die Energiebilanz der Säule für  $p = \text{konst.}$

$$\pi R_0^2 S(T_0) G^2 = \pi R_0^2 F(T_0) + 2\pi R_0 \overline{\Delta T_0} \sigma(T_0). \quad (1)$$

Die linke Seite stellt die je cm Säulenlänge zugeführte Leistung  $L$  dar.  $S(T_0)$  ist die elektrische Leitfähigkeit der Entladung und wird im wesentlichen durch die Саха-Gleichung und die Elektronenbeweglichkeit bestimmt. Auf der rechten Seite steht die abgeführte Energie, und zwar ein dem Volumen proportionales Strahlungs- und ein der Oberfläche proportionales Wärmeleitungsglied. Im Strahlungsglied  $\pi R_0^2 F(T_0)$  ist der Ausdruck  $F(T_0)$  im wesentlichen die Boltzmann-

Funktion  $e^{-\frac{e \overline{V_A}}{kT}}$ , wobei  $\overline{V_A}$  die mittlere Anregungsenergie ist.  $\sigma(T_0)$  im Wärmeleitungsglied ist der Wärmeleitkoeffizient. Über die Art der Wärmeleitung wird zunächst in Anlehnung an die klassische Theorie angenommen, daß sie auf Übertragung von Translationsenergie beruht. Wegen  $L = IG$  kann die Gl. (1) aufgespalten werden in:

$$IG = \pi R_0^2 F(T_0) + 2\pi R_0 \overline{\Delta T_0} \sigma(T_0) \quad (2)$$

$$I = \pi R_0^2 S(T_0) G. \quad (3)$$

Dieses sind zwei Gleichungen für die fünf Größen  $R_0$ ,  $T_0$ ,  $\overline{\Delta T_0}$ ,  $G$  und  $I$ .  $I$  wird als willkürlicher Parameter angesehen, so daß also, um die restlichen vier Größen als Funktionen von  $I$  berechnen zu können, noch zwei weitere Bedingungen aufgesucht werden müssen. Diese werden als Minimumbedingungen angenommen<sup>1)</sup>, und zwar

$$\delta G = 0 \text{ und } \delta T = 0.$$

Man erhält so aus den Gleichungen (2) und (3)

$$R_0 \sim I^{1/2}$$

$$\overline{\Delta T_0} \sim I^{1/2}$$

$$W = 2\pi \sigma(T) R_0 \overline{\Delta T_0} \sim I.$$

Die Abhängigkeit  $R_0 \sim I^{1/2}$  ist im Druckbereich von 2 bis 15 at und 30 bis 80 W/cm experimentell bestätigt worden<sup>2)</sup>. Die Beziehung  $W \sim I$  steht zunächst im Widerspruch zu der Erfahrung, wenn  $W$  als der Anteil der klassischen Wärmeleitung angenommen wird. Da diese nur sehr schwach temperaturabhängig ist, etwa  $\sim T^{1/2}$ , und die Ausstrahlung exponentiell von der Temperatur abhängt, kann die klassische Wärmeleitung als praktisch konstant angesehen werden<sup>3)</sup>. Man befreit sich von diesem Widerspruch, wenn man auch andere, nicht klassische Wärmeleitungsmöglichkeiten berücksichtigt<sup>4)</sup>. Es kommen dafür Wärmeleitung durch Diffusion angeregter Atome, von Strahlung und durch Diffusion von Ionen in Betracht. Eine Abschätzung ergibt, daß die beiden erstgenannten Vorgänge bei den vorliegenden Drücken und Temperaturen noch nicht ins Gewicht fallen können, da sie Werte ergeben, die erheblich kleiner sind als die klassische Wärmeleitung. Die Ionisationswärmeleitung kann hingegen ausreichende Größen erreichen, so daß die Berücksichtigung dieses Energietransportes unbedingt erforderlich ist. Mithin muß also angenommen werden, daß  $W$  sich aus zwei Gliedern zusammensetzt, der konstanten klassischen Wärmeleitung und der der Stromstärke proportionalen Ionisationswärmeleitung. Experimentell ergibt sich für Quecksilber im genannten Druck- und Leistungsbereich:

$$S = L - 0,3L - 7 \text{ (W/cm)}. \quad (4)$$

Hier ist  $S$  die Strahlung,  $0,3L$  der Anteil der Ionenleitung und  $7 \text{ W/cm}$  der Betrag der klassischen Wärmeleitung.

Die Abhängigkeit  $R \sim I^{1/2}$  wird bei hohen Drücken und Leistungen ( $p > 20 \text{ at}$ ,  $L > 500 \text{ W/cm}$ ) nicht gefunden, vielmehr ergibt sich experimentell eine weitgehende Konstanz von  $R_0$  gegenüber Druck und Leistung<sup>5)</sup>. Dieses ist mit der Annahme der Gültigkeit der Minimumbedingungen  $\delta G = 0$  und  $\delta T = 0$  nicht zu vereinbaren und führt darauf, die Kanalbreite unter diesen Bedingungen als eine durch äußere Faktoren, z. B.

Konvektion<sup>1)</sup>, bestimmte Größe anzusehen. Setzt man in Gl. (2) die klassische Wärmeleitung konstant und nimmt den Anteil der Ionenleitung, die ebenso wie die Strahlung exponentiell von der Temperatur abhängt und zudem mit zunehmendem Druck sich ohnehin verkleinert, zum Strahlungsglied hinzu, so können mit Gl. (2) und (3) auch ohne weitere Annahmen  $G$  und  $T$  als Funktion von  $I$  berechnet werden. Die so erhaltenen Ergebnisse, z. B. die Abhängigkeit der Ausstrahlung von der Stromstärke und die positive Kennlinie derartiger Entladungen stehen in Übereinstimmung mit den Messungen. *mpe.*

DK 538.566 : 621.315

**Elektrische Wellen an einfachen Drähten und an Paralleldrahtsystemen.** [Nach K. F. Lindman, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 185; 3 1/2 S., und 21 (1940) S. 27; 3 S., 2 B.]

Gegen eine frühere Arbeit von K. F. Lindman<sup>2)</sup> war der Einwand erhoben worden, daß die benutzte Formel nur auf einen einfachen Draht und nicht auf ein Paralleldrahtsystem angewendet werden dürfe. Der Verfasser wiederholte daher die Messungen an einfachen Drähten und fand dieselben Wellenlängen, die sich an Paralleldrahtsystemen ergaben. Die früher berechneten Werte der Permeabilität von Nickel und Eisen<sup>2)</sup> gelten demnach unverändert. Wendet man allerdings auf die Versuche an parallelen Drähten eine Formel an, die von Laville aus der Mieschen Theorie abgeleitet wurde, so ergeben sich kleinere Werte für die Permeabilität. Auch diese Kurven zeigen aber einen bei abnehmender Wellenlänge erfolgenden steilen Abfall der Permeabilität, falls die normale Wellenlänge kleiner als etwa 50 cm wird. Die Ursachen der Abweichungen sieht der Verfasser darin, daß sowohl die Sommerfeldsche wie auch die Lavillesche Formel für zeitlich ungedämpfte Wellen abgeleitet sind, während die Versuche mit zeitlich gedämpften Drahtwellen ausgeführt wurden. *Br.*

DK 534.143.—6/.—8 : 629.12.018.2

**Unterwasserschallsignale.** [Nach S. Rosani, Veröff. Nr. 146 des Istituto El. e delle Comm. della Marina, Livorno. Sept. 1938; 14 S., 5 B.]

Der Verfasser gibt einen kurzen Überblick über die Grundlagen und den gegenwärtigen Stand der Unterwasserschallsignalverfahren, die zur Verständigung zwischen Schiffen untereinander, zwischen Schiffen und Küstenstellen und insbesondere zwischen untergetauchten Unterseebooten und Schiffen über Wasser angewendet werden. Insbesondere im letzteren Falle haben die Unterwasserschallsignale eine erhebliche Bedeutung, da die akustischen Signale leichter in größeren Wassertiefen dringen als elektromagnetische Wellen. Andererseits besitzen, wie betont wird, die Unterwasserschallverfahren auch erhebliche Nachteile, wie etwa den, daß die Geräusche der Schiffsschrauben und der Schiffsmaschinen sehr stören können, daß jeder Empfänger in der Nähe die Signale mit abhören kann und daß im allgemeinen die an sich wünschenswerte Sendung von gerichteten Schallstrahlen nicht durchführbar ist. Auf Grund der Tatsachen, daß langsame Schwingungen sich im Wasser mit geringerer Dämpfung fortpflanzen, daß andererseits aber nur bei höheren Frequenzen die gewünschte Telegraphiergeschwindigkeit von 70 bis 120 Zeichen je min erreichbar ist, wird bei neueren Unterwasserschallanlagen meist eine Frequenz von etwa 2000 Hz angewendet. Als Schallquellen kommen elektrodynamische, polarisierte sowie unpolarisierte elektromagnetische nach dem Prinzip der Lautsprecher und Telephone gebaute Generatoren in Betracht. Der benötigte Wechselstrom von etwa 2000 bis 2500 Hz wird mittels eines kleinen Maschinenumformers erzeugt. Im allgemeinen wird man, wie durch eine eingehende Betrachtung der Eigenschaften der verschiedenen Generatoren nachgewiesen wird, zur Erzeugung von niedrigen Frequenzen die elektrodynamischen Schallgeneratoren benutzen, während die elektromagnetischen mehr für die höheren Frequenzen von einigen tausend Hz geeignet sind. Diese Sendeorgane können, was sehr zur Vereinfachung der Anlage beiträgt, in den meisten Fällen auch gleichzeitig als Empfangsgeräte benutzt werden, indem dann die von dem Wasser auf die Generatoren übertragenen Schwingungen in deren Spulen entsprechende Wechselspannungen induzieren, die nach geeigneter Verstärkung mit Telephonen abgehört werden können. Sehr wichtig für das einwandfreie Arbeiten der Unterwasserschallgeräte ist das richtige Anbringen des Schallgenerators an der Bordwand, da andernfalls die Wasserströmungen und Wirbel

<sup>1)</sup> M. Steenbeck, Phys. Z. 33 (1932) S. 809.

<sup>2)</sup> J. Kern u. P. Schulz, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 148.

<sup>3)</sup> W. Elenbaas, Physica 4 (1937) S. 413.

<sup>4)</sup> K. H. Riewe u. R. Rompe, Z. Phys. 105 (1937) S. 478.

<sup>5)</sup> R. Rompe u. W. Thourret, Z. techn. Phys. 17 (1936) S. 377.

<sup>1)</sup> M. Steenbeck, Z. techn. Phys. 18 (1937) S. 543.

<sup>2)</sup> ETZ 59 (1938) S. 1308.



an den Schiffswänden große Störungen bewirken können. Sehr bewährt hat sich bei den Versuchen in Italien eine Konstruktion, bei der die Schallschwingungen auf das Wasser übertragende Generator nach Art eines Segelbooteswertes am Schiffskiel angebracht ist und bei Nichtgebrauch in das Schiffsinere hineingezogen werden kann. Bei Verwendung von zwei im Abstand von einer halben Wellenlänge am Schiffsboden angebrachten und in gleicher Phase schwingenden derartigen Schallgeneratoren gelingt es außerdem, eine Bündelung der ausgestrahlten Schallintensität in der Art zu erhalten, daß über 90% der Schallstrahlung sich in der durch die Wassertiefe der Schallsender gegebenen Ebene ausbreiten. Naturgemäß kann dieses Verfahren aber nur bei über Wasser fahrenden Schiffen verwendet werden. Am Schluß der Arbeit werden die durch die neuere Entwicklung der Unterwasserschallegraphie gegebenen Möglichkeiten erörtert, wobei der Verfasser zu dem Schluß kommt, daß die bisherigen Ergebnisse noch nicht den ursprünglich auf die Unterwasserschallverfahren gesetzten Erwartungen entsprechen, aber bei weiterer technischer Durchentwicklung dieser Verfahren noch beträchtliche Fortschritte erzielt werden könnten. *Bmk.*

### Werkstatt und Baustoffe

DK 621.791.7 : 621.774.2

**Die Herstellung elektrisch geschweißter Stahlrohre.** [Nach M. Sciaky, Bull. Soc. franç. Électr. 9 (1939) S. 569; 16 S., 14 B.]

Für Gas- und Dampfrohrlösungen werden meist aus Stahlbändern mittels Schweißung hergestellte Stahlrohre verwendet, deren Fertigung aus den Hauptarbeitsvorgängen der rohrartigen Formgebung, der Schweißarbeit, des Kalibrierens und Richtens sowie der Längsbeschneidung der Rohrabchnitte besteht. Die elektrische Verschweißung der Rohrnaht wird entweder als reine Widerstandsschweißung mit Erhitzen infolge des Stromüberganges durch die Nahtänder oder als Widerstandsschweißung unter Verwendung von in Nahtnähte aufgebrachten Kontaktelektroden bei hohen Stromdichten zwischen den Rohrnahtänder durchgeführt. Im ersten Falle werden besondere Kontaktstäbe auf die Rohrflächen aufgebracht, zusätzliche Rollenscheiben zur Erzeugung eines ausreichenden seitlichen Rohrdruckes und eine Niederspannung von 2 bis 6 V verwendet. Im zweiten Falle wurden unter Anwendung von Rollenelektroden zur Durchführung der Widerstandsschweißung mehrere Verfahren entwickelt, die sich durch die Art der verwendeten Elektrodenformen und deren Anordnung am Rohr unterscheiden. Mit derartigen Einrichtungen lassen sich beträchtliche Rohrmengen in kurzer Zeit herstellen, wie die angegebene Erzeugungsgeschwindigkeit in m/min, die stark vom Rohrdurchmesser abhängt, erkennen läßt. Der spezifische Energieverbrauch in kWh/m Rohr zeigt mit zunehmendem Rohrdurchmesser eine schwach ansteigende, in kWh/kg eine schwach abfallende Kennlinie. Für gute Kontaktausbildung sind große Anlageflächen, ausreichende Anpreßdrücke und niedrige Spannungen anzustreben; die speisenden Transformatoren werden am besten in der Nähe der stromverbrauchenden Elektroden angebracht und über kurze Leitungen angeschlossen, um die Verluste möglichst niedrig zu halten. Der Entwurf eines selbsttätig arbeitenden Schweißkopfes mit Rollenelektroden ist angegeben. Die weiteren Zubehöreinrichtungen betreffen die Warmbehandlung der Bänder, Wickel-, Richt- und Durchschneideeinrichtungen sowie die Prüfung der fertigen Rohre, wobei allgemein ebenfalls elektrische Energie in verschiedener Form verwendet wird. Die Fortschritte bei der Herstellung elektrisch geschweißter Stahlrohre beziehen sich auf weitgehende Mechanisierung der Arbeitsfolgen, verbesserte Schweißung durch Sonderelektroden und sorgfältig hergestellten Einbrand sowie Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Herstellungsverfahren. Nach diesen Gesichtspunkten wird in der deutschen Industrie schon seit langem verfahren. *an.*

DK 621.315.616.96

**Kunststoffe für Drahtisolation.** [Nach W. Patnode, E. J. Flynn u. J. A. Weh, Electr. Engng. 58 (1939) S. 379; 9½ S., 10 B.]

Über das umfangreiche Gebiet der Kunststoffe für Isolationszwecke geben die Verfasser zunächst einen zusammenfassenden Überblick aus dem bestehenden Schrifttum und beschreiben dann eingehend die Anforderungen an Drahtisola-

tionen, zu deren Erfüllung sich insbesondere die neueren polymeren Kunststoffe in Form von Lackhüllen eignen. Die notwendigen Eigenschaften der Isolierhülle erstrecken sich auf hinreichende mechanische und dielektrische Festigkeit, Wärme- und Feuchtigkeitsbeständigkeit, chemische Unangreifbarkeit u. a. m. Diese einzelnen Eigenschaften wurden durch Sonderverfahren untersucht und die erhaltenen Ergebnisse kritisch miteinander verglichen. Für die praktische Verwendung kommt der Abriebfestigkeit bei Lackdrähten eine besondere Bedeutung zu; zu ihrer Ermittlung wurde eine motorbetätigte Sonder-einrichtung benutzt, bei der der isolierte Prüfdraht von einer umlaufenden Rolle mehrfach abgerieben wurde. Bei einem Vergleich verschiedener Lackdrähte zeigte sich eine mit „Formex“ bezeichnete Isolation, die auf der Basis von Polyvinylharz aufgebaut ist, als überlegen. Auch bei engen Krümmungen wiesen derartige Isolierhüllen keinerlei Ribbildungen an den Stellen der größten Dehnung auf. Ferner wurde eine Reihe technologischer Prüfungen mit nachgeahmten Betriebsbedingungen vorgenommen, wobei die Lackdrähte in engen Wickeln oder Spulenform den verschiedenen Beanspruchungen durch Druck, bei Erwärmung, infolge mechanischer Schwingungen und Erschütterungen sowie dem Einfluß verschiedener Lösungsmittel für Lacke unterworfen wurden, wobei Formex ebenfalls seine Eignung als Kunstharzisolierung erwies. *Tsch.*

### Verschiedenes

DK 518.5

**Harmonischer Analysator.** [Nach Z. Instrumentenkde. 59 (1939) S. 288; 5½ S., 6 B.]

Ein harmonischer Analysator — viele Elektrotechniker kennen die bewährte Ausführungsform Mader-Ott, vielleicht auch Henrici-Coradi — dient zur Zerlegung einer gegebenen Schwingung  $y = f(x)$  in ihre Harmonischen  $a_n \cos nx + b_n \sin nx$ , und zwar dadurch, daß die einzelnen Fourierkoeffizienten

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} y \cos nx \, dx$$
 durch Nachfahren der Kurve  $y$  instrumentell bestimmt werden. Bekanntlich läßt sich das

bestimmte Integral  $\int_0^{2\pi} y \, dx$  (der Flächeninhalt zur Kurve  $y$ )

mit einem Planimeter auswerten. Der harmonische Analysator entsteht, wenn man das Planimeter oder seinen wesentlichen Teil die Meßrolle, so steuert, daß die Multiplikation mit  $\frac{\cos nx}{\sin nx}$  eingearbeitet wird. Hierzu hat G. U. Yule<sup>1)</sup> 1895 die Anwendung eines Zahnrades vorgeschlagen, das in  $x$ -Richtung auf einer waagerechten, in  $y$ -Richtung verschlebbaren Zahnstange abrollt und mit seinem Mittelpunkt auf der Kurve  $y$  geführt wird. Dadurch wird die waagerechte Verschiebung  $x$  in den Drehwinkel des Zahnrades verwandelt. Verschiedene Größen des Zahnrades gestatten, die Koeffizientennummer  $n$  zu berücksichtigen. Schreibt man die Koordinaten eines Punktes des Zahnrades auf, der ursprünglich links auf der  $x$ -Achse liegt, so findet man, daß die von ihm beim Nachfahren der Kurve  $y$  und der  $x$ -Achse umschlossene Fläche proportional zu  $b_n$  ist, ähnlich für einen ursprünglich senkrecht nach oben gelegenen Punkt proportional zu  $a_n$ . Man braucht also zur Bestimmung von  $a_n$  und  $b_n$  nur den Fahrstift eines Planimeters entsprechend in das Zahnrad einzuhängen. J. Harvey<sup>2)</sup> hat 1934 den Yuleschen Vorschlag dahin abgeändert, daß statt des vollständigen Planimeters ein vom Zahnrad geschwenkter Stab mit Meßrolle genügt. Diese Harveysche Form wird jetzt für eine feste Periodenlänge von 24 cm und  $n = 1$  bis 6, ausnahmsweise bis 14, hergestellt. Die Zahnstange liegt auf einem Wagen, der auf Rädern in der Nut eines  $y$ -parallelen Lineals und auf einem Stützrad läuft. Auf ihm bewegt sich in  $x$ -Richtung ein zweiter Wagen, der das Zahnrad und einen Fahrstift trägt. — Durch Ausschaltung des Zahnrades und Anhängens eines Arms mit Meßrolle kann das Gerät zu einem gewöhnlichen Linearplanimeter umgestaltet werden, durch Zwischenschaltung einer Zahnradübersetzung im Verhältnis 1 : 2 oder 1 : 3 zu einem Quadrat- oder Kubikplanimeter<sup>3)</sup>. *A. Wz.*

<sup>1)</sup> G. U. Yule, On a Simple Form of Harmonic Analyser. Phil. Mag. (5) 39 (1895) S. 367.

<sup>2)</sup> J. Harvey, Un nouvel analyseur harmonique basé sur le principe du planimètre polaire. Génie civ. 105 (1934) S. 552.

<sup>3)</sup> Vgl. A. Walther, Mathematische Geräte zum Integrieren. Z. VDI 80 (1936) S. 1397.

## VERSCHIEDENES

## BEKANTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12.  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00.  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84.

## Explosionsschutz

Der Ausschuß für Explosionsschutz hat einen Entwurf zu

VDE 0172 „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung gleisloser explosionsgeschützter Elektrofahrzeuge mit Akkumulatorenbetrieb“

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 22, S. 498 veröffentlicht ist. Es ist beabsichtigt, diese Vorschriften mit dem 1. Oktober 1941 in Kraft zu setzen.

Begründete Einsprüche können bis zum 15. Juni 1940 bei der Geschäftsstelle eingereicht werden.

Installationsmaterial  
Errichtungsvorschriften I

Der Ausschuß für Installationsmaterial hat beschlossen, VDE 0610 „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung“

wie folgt zu ergänzen:

## § 33.

## Steckdosen.

- d) In Installationssteckdosen 10 A 250 V dürfen Sicherungspatronen bis 6 A 250 V nach DIN VDE 9398 eingebaut werden. Die Schmelzeinsätze müssen gefahrlos ausgewechselt werden können.

## § 36.

## Stecker.

- e) In 2-poligen Steckern mit Schutzkontakt bis 10 A 250 V dürfen Sicherungspatronen bis 6 A 250 V nach DIN VDE 9398 eingebaut werden. Die Schmelzeinsätze müssen gefahrlos ausgewechselt werden können.

Der Ausschuß für Errichtungsvorschriften I hat beschlossen, in Übereinstimmung mit VDE 0610 folgende Änderung in

VDE 0100 „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V“

vorzunehmen:

## § 13.

## Steckvorrichtungen.

- d) .... (wie bisher)

1. In Installationssteckdosen 10 A 250 V dürfen Sicherungspatronen bis 6 A 250 V eingebaut werden, wenn die Schmelzeinsätze gefahrlos ausgewechselt werden können.

2-polige Stecker mit Schutzkontakt bis 10 A 250 V dürfen mit Sicherungspatronen bis 6 A 250 V versehen werden. Ein Auswechseln der Schmelzeinsätze darf erst nach Entfernen des Steckers aus der Dose möglich sein.

Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 15. Juni 1940 einzureichen.

## Isolierstoffe

Der Unterausschuß „Keramische Stoffe“ hat einen Entwurf zu dem Normblatt

DIN VDE 685 „Keramische Isolierstoffe“

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 22, S. 496 veröffentlicht ist. Dem Entwurf wurde die Veröffentlichung von Weicker, Kunstmann und Demuth „Eigenschaftstafel keramischer Werkstoffe“ in ETZ 56 (1935) S. 915 sowie der Vorschlag zu einer „Eigenschaftstafel keramischer Isolierstoffe für die Elektrotechnik“ zugrunde gelegt, der als Beilage zu den Berichten der Deutschen Keramischen Gesellschaft 20 (1939) H. 9 und in der Zeitschrift „Keramische Rundschau und Kunstkeramik“ 48 (1940) H. 4, S. 28/29 veröffentlicht ist. Es wird ferner auf den einleitenden Aufsatz von G. Pfestorf VDE und W. Steger VDE in ETZ 61 (1940) H. 22, S. 494 hingewiesen.

Begründete Einsprüche gegen den Entwurf sind bis zum 20. Juni 1940 an die Geschäftsstelle einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung

Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus  
Fernsprecher: 34 88 85

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Meßtechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Grave VDE.

5. Juni 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, „Fernmessung in Starkstromnetzen“, Vortragender: Dipl.-Ing. E. Krochmann VDE.

**Elektromaschinenbau.** Leiter: Ingenieur K. Bätz VDE.

6. Juni 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, Ausspracheabend: Anschließend berichtet Dr.-Ing. W. Putz VDE über „Interessantes aus der Praxis“.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

11. Juni 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer, Berechnungsabend 2: „Elektrische Ausrüstung von Wechselstrom-Friedfahrzeugen“, Vortragender: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

## VDE Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer

Burghoff

## Sitzungskalender

**Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik, Berlin.** 13. u. 14. 6. (Do u. Fr): 28. Verbandsversammlung in München. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40.

## PERSÖNLICHES

(Mittellungen aus dem Leserkreis erbeten)

**G. von Arco †.** — Am 5. Mai starb im 71. Lebensjahr in Berlin der frühere langjährige technische Leiter der Telefunken Ges. f. drahtlose Telegraphie mbH., Herr Dr. phil. h. c. Georg Graf von Arco.

**Hochschulnachrichten.** — Dem Lehrbeauftragten Dr.-Ing. Rudolf Berthold ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor in der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Hochschule Berlin der Lehrstuhl für zerstörungsfreie Werkstoffprüfung übertragen worden.

## BRIEFE AN DIE ETZ

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Wissenschaftlichen Leitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

DK 621.314.6.004 : 621.3.016.33

**Bemerkungen zu dem Aufsatz von Herrn H. Mutschke: „Gesichtspunkte für Auswahl und Betrieb von Gleichrichtern“ in ETZ 61 (1940) H. 11, S. 272**

Im Absatz b über das Verhalten von Trockengleichrichtern ist in dem 2. Abschnitt von den Abschaltspannungen, die den Trockengleichrichter gefährden, die Rede. In diesem Absatz hat der Verfasser wohl Betrachtungen über die Folgen von Durchschlägen dargestellt, es sind aber nicht die Durchschlagsspannungen genannt, die hierfür besonders von Bedeutung sind. Hierzu wäre noch folgendes zu sagen:

Der Selen-Trockengleichrichter, der im allgemeinen für eine Sperrspannung von 10 bis 12 V, bezogen auf den Gleichstrommittelwert, gewählt wird, hat eine Durchschlagfestigkeit, die etwa bei einer Spitzenspannung von 23 bis 25 V liegt. Wird diese Spannung überschritten, so kann ein Durchschlag erfolgen. Ein einzelner Durchschlag der Selen-Trockengleichrichterscheibe ist im allgemeinen nicht gefährlich, da das Element nicht zerstört ist. Wiederholen sich aber diese Durchschläge, so wird die aktive Fläche verkleinert, d. h. bei voll ausgenutzter Scheibe wäre der restliche Teil des Gleichrichters überlastet. Treten nun aber in einem Stromkreis zeitweilig gefährliche Überspannungen auf, so würde der Gleichrichter in Kürze zerstört sein, wenn keine entsprechende Spannungssicherheit vorgesehen ist.

Beim Kupferoxydul-Gleichrichter liegt das Verhältnis der zulässigen Spitzenspannung zum Gleichstrommittelwert wesentlich günstiger. Für die normale Kupferoxydulscheibe beträgt der Gleichstrommittelwert 5 V. Als zulässige Spitzenspannung, bei der aber noch kein Durchschlag erfolgt, werden 20 V gewählt. Ein Durchschlag erfolgt erst bei einer Spannung von mehr als 35 V. Bei Kupferoxydul-Gleichrichtern beträgt also die Sicherheit für Spitzenspannungen gegenüber dem zulässigen Gleichstrommittelwert das rd. 7fache, wobei der 4fache Wert als technisch zulässig häufig angewandt wird. Beim Selen-gleichrichter dagegen, beträgt die Sicherheit kaum den 2fachen Wert.

Zusammenfassend wäre noch zu sagen: Der Selengleichrichter hat den Vorteil, daß er nicht durch einen einmaligen Durchschlag zerstört wird. Dieser Vorteil läßt sich in seiner technischen Anwendung aber kaum ausnutzen. Die Spannungssicherheit des Selengleichrichters ist jedoch gering. Der Kupferoxydul-Gleichrichter ist durch seine hohe Spannungsfestigkeit viel besser geeignet in Stromkreisen, in denen hohe Spannungsspitzen auftreten. Dieser Vorteil wird in verschiedenen Anwendungsgebieten des Kupferoxydul-Gleichrichters besonders ausgenutzt.

Freiburg i. Br., 10. 4. 1940

R. Ludewig

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 517

**Operatorenrechnung** nebst Anwendungen in Physik und Technik. Nach Vorträgen, veranstaltet durch den Bezirk Berlin des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der T. H. Berlin. Von Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. K. W. Wagner. Mit 126 B., XIV u. 448 S. im Format 155 × 235 mm. Verlag Joh. Ambrosius Barth, Leipzig 1940. Preis geb. 27,60 RM, geb. 29,60 RM.

Die von Heaviside verwendete Operatorenrechnung war lange Zeit mit einem gewissen Nimbus umgeben, da ihr Urheber auf strenge mathematische Begründungen keinen Wert legte. Bei der genannten Rechnung wird der Differentialoperator  $d/dt$  durch den Buchstaben  $p$  ersetzt und mit diesem Buchstaben wie mit einer algebraischen Größe gerechnet. Auf diese Weise ergibt sich z. B. für den Übergangstrom nach der plötzlichen Einschaltung einer Gleichspannung  $U$  an einen Stromkreis eine Beziehung von der Form  $i = U f(p) I$ , wobei die Größe  $I$  den sogenannten Einheitsstoß bezeichnet. Der Kern der Operatorenrechnung besteht nun in der „Übersetzung“ der Operatorfunktion  $f(p)$  in die zugehörige Zeitfunktion  $A(t)$ , welcher Zusammenhang durch die symbolische Gleichung

$$f(p) I = A(t)$$

ausgedrückt wird. Für diesen Zweck hat Heaviside eine Reihe von Sätzen angegeben, unter denen der sogenannte „Entwicklungssatz“ eine besondere Berühmtheit erlangte.

In den ersten Abschnitten des vorliegenden Buches wird zunächst ein neues Verfahren für die Behandlung von Ausgleichsvorgängen dargestellt, das die Operatorenrechnung von Heaviside durch zwei Funktionaltransformationen ersetzt. Diese Transformationen bestimmen die Zusammenhänge zwischen der „Oberfunktion“  $A(t)$  und der „Unterfunktion“  $f(p)$ . Der Bereich der unabhängigen Veränderlichen  $t$  wird als „Oberbereich“ und der Bereich der unabhängigen Veränderlichen  $p$  als „Unterbereich“ bezeichnet. Der Rechnungsgang erfolgt in der Weise, daß mit Hilfe der Laplaceschen Transformation (Kurzbezeichnung  $\mathcal{L}$ )

$$\mathcal{L} A(t) = p \int_0^{\infty} A(t) e^{-pt} dt = f(p)$$

eine gegebene Differentialgleichung (unabhängige Veränderliche  $t$ ) in den Unterbereich (unabhängige Veränderliche  $p$ ) transformiert wird. Im Unterbereich läßt sich die der gesuchten Größe entsprechende transformierte viel einfacher ermitteln als aus der ursprünglichen Gleichung. Die erhaltene Lösung wird dann mit Hilfe der Umkehrtransformation (Kurzbezeichnung  $\mathcal{L}^{-1}$ )

$$\mathcal{L}^{-1} f(p) = \frac{1}{2\pi i} \int_{e-i\infty}^{e+i\infty} f(p) e^{pt} dp = A(t)$$

in den Oberbereich rücktransformiert. Die dabei erhaltene Funktion  $A(t)$  stellt die gesuchte Lösung der gegebenen Differentialgleichung dar. Die Transformation einer Oberfunktion in die zugehörige Unterfunktion und umgekehrt ist eine rein mathematische Angelegenheit. Um die praktische Anwendung des neuen Verfahrens zu erleichtern, sind für zahlreiche häufiger vorkommende Oberfunktionen  $A(t)$  ihre Unterfunktionen  $f(p)$  in Tabellen zusammengestellt.

Das neue Verfahren ist leistungsfähiger als die Operatorenrechnung von Heaviside, da es auch dort anwendbar ist, wo die genannte Rechnung versagt. Außerdem ermöglicht es auch die Behandlung von Systemen, bei denen im Einschaltmoment bereits Energie aufgespeichert ist. Die weiteren Abschnitte des Buches behandeln die Methodik des neuen Verfahrens bei der Anwendung auf zahlreiche physikalische und technische Probleme. Diese Abschnitte sind eine wahre Fundgrube für den wissenschaftlich tätigen Ingenieur, da eine Fülle von interessanten Problemen aus der Fernmeldetechnik, Starkstromtechnik, Mechanik usw. angeschnitten werden. Außerdem werden noch Beispiele aus den vorstehend genannten Gebieten durchgerechnet. In einem Anhang sind verschiedene mathematische Hilfsmittel zusammengestellt, die als Ergänzung des eigentlichen Textteils dienen.

Der Name des Verfassers bürgt für die hohe wissenschaftliche Güte des Buches, das einen neuen Abschnitt in der Behandlung von Ausgleichsvorgängen darstellt. Es war ja schon die Operatorenrechnung von Heaviside ein wesentlicher Fortschritt gegenüber der klassischen Methode, der ebenso zu werten ist wie die Einführung der vektoriellen Behandlung von stationären Wechselstromvorgängen gegenüber der algebraischen Darstellung. Bei der genannten Rechnung handelte es sich aber im Grund genommen um geniale Rezepte, die gelegentlich auch versagten. Es ist ein großes wissenschaftliches Verdienst des Verfassers (der schon im Jahre 1916 einen einwandfreien Beweis für den Entwicklungssatz gab), daß er diese Rezepte durch ein mathematisch einwandfreies Verfahren ersetzt hat. Das Studium des Buches kann allen wissenschaftlich interessierten Ingenieuren auf das wärmste empfohlen werden, da es reichsten Nutzen bringt.

H. Kafka VDE.

## Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:

Ing. P. Donath VDE, Berlin-Lichterfelde, Gardeschützenweg 111  
Dr.-Ing. habil. K. Kohler VDE, Karlsruhe, Hohenzollernstr. 7  
Ing. H. Nützelberger VDE, Nürnberg-L., Kleinreuther Weg 145  
Regierungsrat Dr. phil. G. Pfestorf VDE, Berlin-Zehlendorf, Urbanstr. 44  
Prof. Dr. W. Steger VDE, Berlin-Grunewald, Eichkatzenweg 46

Abschluß des Heftes: 24. Mai 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und B. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 66.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894  
Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 6. Juni 1940

Heft 23

## Zehn Jahre Expansionsschalter

Von Fritz Kesselring VDE, Berlin

*Wie wird man stärker? — Sich langsam entscheiden und zähe festhalten an dem, was man entschieden hat. Alles andere folgt\*).*

Friedrich Nietzsche

### Vorwort

Dieser Aufsatz ist zu allererst für diejenigen geschrieben, welche mit freudigem Einsatz für die Verwirklichung neuer Ideen kämpfen, dann aber auch für die Vielen, die dem Thema des öllosen Schalters ihr besonderes Interesse entgegenbringen. Schließlich — und darin liegt vielleicht seine größte Rechtfertigung — soll er ein Dokument sein über eine zehnjährige Zusammenarbeit, wie sie aufopfernder und schöner wohl kaum gedacht werden kann.

Die einzelnen Abschnitte werden den Weg zeigen, der in unbekanntem Neuland gefunden wurde, und auch die erreichten Ziele festlegen. Darüber hinaus sollen noch einige grundsätzliche Gedanken kurz gestreift werden.

Daß es sich beim Expansionsschalter um etwas Entscheidendes im Reiche der Technik handelt, durch dessen Einsatz sich das Gesicht der Hochspannungs-Schaltanlagen grundlegend gewandelt hat, möge Bild 1 veranschaulichen; dort ist die Umsatzentwicklung der Innenraum-schalter mit Wasser als Löschmittel für den Zeit-

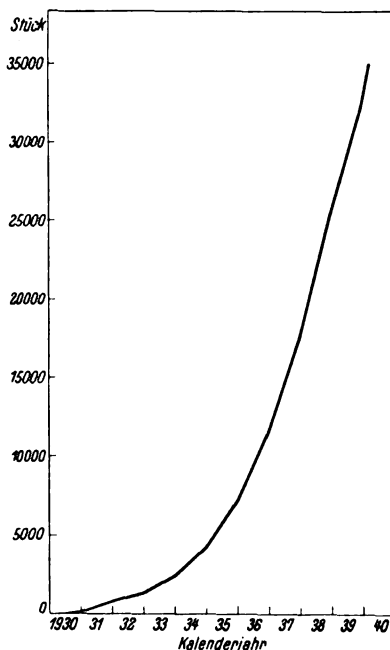


Bild 1. Umsatzentwicklung der Expansionsschalter mit Wasser als Löschmittel.

abschnitt 1930 bis 1940 aufgetragen. Den 35 000 Expansionsschaltern entsprechen rund 7000 öllose Schaltanlagen für Betriebsspannungen von 3 bis 60 kV. Hinzu kommen noch annähernd 1000 Freiluftschalter für 60 bis 220 kV in ölarmen Bauart. Der Anteil der normalen öl-schalter ist inzwischen auf weniger als 3 % abgesunken.

DK 621.316.54.064.25.001.6

### Der grundlegende Versuch und die Erfindung der elastischen Kammer

Es mag für Betrachtungen, auf welche Weise überhaupt Erfindungen zustande kommen, von gewissem Interesse sein, wenn nachfolgend kurz die Entstehungsgeschichte des Expansionsschalters mit Wasser als Löschmittel wiedergegeben wird.

Aus experimentellen Untersuchungen an ölschalterlöschkammern sowie aus der immer wiederkehrenden Beobachtung, daß beim Abtreiben des Kessels eines ölschalters der Lichtbogen erlosch, hatte sich allmählich die Ansicht gebildet, daß mit einer plötzlichen Druckentlastung (Expansion) eine lichtbogenlöschende Wirkung verknüpft sei, und daß das Öl und insbesondere seine Isolierfähigkeit nicht, wie man bisher glaubte, die entscheidende Rolle spiele. Andererseits beschäftigten wir uns seit längerer Zeit mit der Frage, einen öllosen Schalter zu schaffen, bei dem die Lichtbogenlöschung durch Dampf herbeigeführt wird, der durch den zu unterbrechenden Strom selbst aus einer nicht brennbaren Flüssigkeit, z. B. Wasser, erzeugt wird<sup>1)</sup>.

Es gehört zu den unerklärlichen und wunderbaren Eigenschaften des menschlichen Organismus, daß meist als Folge längeren im wesentlichen erfolglosen Suchens und Tastens zu einer Zeit, da man bereits resigniert das Problem wieder zur Seite gelegt hat, nun ganz unvermittelt die Lösung in einer bis in alle Einzelheiten reichenden Klarheit vor dem inneren Auge erscheint, und daß dann oft in einer einzigen schlaflosen Nacht das zu schaffende Gebilde für lange Zeit in seinen Grundzügen festgelegt wird.

Betrachtet man rückschauend die primitive Anordnung gemäß Bild 2, so findet man alle grundsätzlichen Ideen und Vorstellungen in einfachster Weise darin vereinigt: der geschlossene Raum, in dem aus Wasser durch den Lichtbogen selbst Druckgas bzw. Dampf erzeugt wird, der Dampfspeicherraum, die plötzliche Druckentlastung beim Herausgehen des Stiffes, eine gewisse Belasung des Lichtbogens mit Wasserdampf, die Beschleunigungsmög-

\*) „Der Wille zur Macht“ aus Aphorismus 918.

1) Vgl. z. B. DRP 602 040 v. 2. 11. 1927 und diesbezügliche Versuche.

lichkeit des Schaltstiftes als erste Vorstufe der elastischen Kammer, die Anwendung des Gedankens, daß Wasser selbst zwar leitet, Wasserdampf jedoch ein guter Isolator ist usw.

Als unmittelbare Folge der ersten erfolgreichen Versuche mit der starren Kammer entstand wenige Mo-

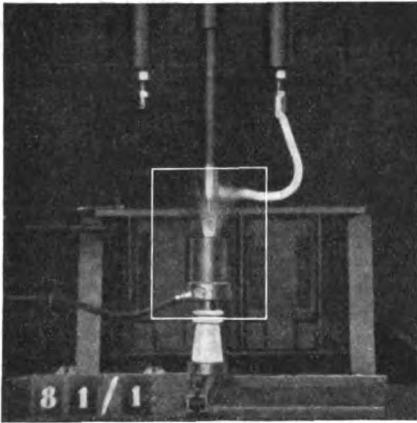
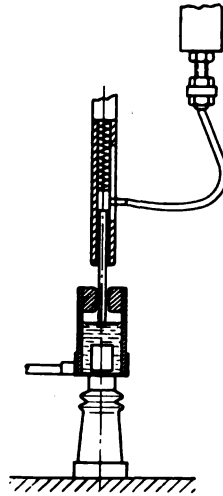


Bild 2. Der entscheidende Versuch am 10. Juni 1929.



nate später die elastische Kammer (vgl. Bild 3), deren ausgezeichneter Löschwirkung bei einfachstem konstruktivem Aufbau es vor allem zuzuschreiben ist, daß sie heute ausnahmslos für alle Schalter von 3 bis 400 kV angewendet wird. Durch W. Kaufmann hat sie schon bald darauf ihre endgültige bis heute im Prinzip beibehaltene konstruktive Form erhalten. Die dann stürmisch einsetzende konstruktive Durcharbeitung (L. Heinemeyer und W. Puttfarcken) ermöglichte bereits im Frühjahr 1930 die Lieferung des ersten Expansionsschalters an die Hamburger Elektrizitätswerke. Dieser Schalter ist nach dreijährigem störungsfreiem Betrieb im Deutschen Museum zu München zur Aufstellung gelangt. Wenig später entstand auf Vorschlag von L. Heinemeyer der sogenannte Wandschalter, dessen Aufbau nach endgültiger konstruktiver Gestaltung durch G. Kirch und W. Angst † lange Jahre hindurch für die Schalter bis 200 MVA Abschaltleistung angewendet wurde. Damit war die Grundlage für die allgemeine Einführung der Expansionsschalter in die Praxis geschaffen. Mancherlei Unvollkommenheiten und Widerstände waren noch zu überwinden, aber die enge Zusammenarbeit, an der von seiten des Prüffeldes F. Dannenberg besonderen Anteil hatte, half über alle Schwierigkeiten hinweg.

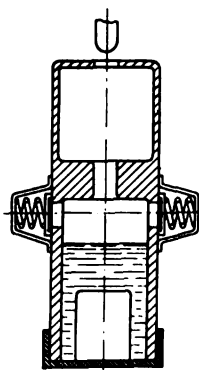


Bild 3. Aufbau der für den ersten Versuch benutzten elastischen Kammer.

**Das Expansionsprinzip**

Bevor wir uns dem speziellen Thema dieses Abschnittes zuwenden, sollen einige allgemeine Gedanken ausgesprochen werden.

Für die entscheidenden Schritte in der technischen Entwicklung sind vornehmlich zwei Arten von Menschen bedeutungsvoll, nämlich die intuitiv schaffenden, dem Künstler verwandten Ingenieure und die Gelehrten. Bei den Menschen der ersteren Art ist der Instinkt, der unbewußt uralte Erfahrungen verwertet, die treibende

Kraft. Mit ihren noch naturnahen Sinnen empfangen sie fortwährend neue Eindrücke, die sie dann ohne ihr bewußtes Zutun in Handlungsimpulse umsetzen. Unbeirrt gehen sie ihren Weg und mit einem Wissen, das kaum eines Beweises mehr bedarf, verwirklichen sie die gesuchten Bilder.

Ganz anders die Menschen der zweiten Art. Sie haben kaum Verständnis für die Weisheit — wenn man dieses anspruchsvolle Wort hier in allgemeinerem Sinne verwenden darf — des mit der Natur verbundenen Menschen, der aus innerem Müssen bedenkenlos schafft und gestaltet. Sie tragen in ihrem Innern vielmehr ein großes Mißtrauen gegen alles Instinktmäßige und nur Erahnte. In harter Selbsterziehung sind sie schließlich dahin gekommen, nur noch an das zu glauben, was ihre wohl definierten Versuche und logischen Überlegungen ihnen als richtig erscheinen lassen; aber gerade in dieser „Unnatürlichkeit“, in der Fähigkeit, die Mannigfaltigkeit der Natur durch geniale Vernachlässigungen zu vereinfachen und damit der exakten Behandlung zugänglich zu machen, ist zum großen Teil der überwältigende Erfolg, den die Wissenschaft errungen hat, zu suchen.

Als Synthese aus intuitiver Erkenntnis und dem Versuch ihrer Deutung an Hand bestehender theoretischer Anschauungen entsteht nun während des Entwicklungsprozesses etwas Neues, für den technischen Fortschritt überaus Bedeutsames: die Arbeitshypothese. Sie ist mehr als die Idee, denn durch sie wird von nun an unser Denken und Handeln geordnet. Sie ist aber nicht die Theorie selbst; dies klar erkennen hilft Mißverständnisse vermeiden. Arbeitshypothesen stehen immer am Anfang einer Entwicklung; jeder weitere Versuch kann sie bestätigen oder widerlegen. Ihre Rechtfertigung liegt allein in dem durch sie bedingten Erfolg, und zwar auch dann, wenn die ihr zugrunde gelegten Vorstellungen sich später als nicht unbedingt richtig erweisen sollten. Theorien aber werden meist erst am Ende einer Entwicklung aufgestellt.

Wenden wir uns nun dem speziellen Problem dieses Abschnittes zu. Wenn es überhaupt möglich ist, die unendlich komplizierten Vorgänge bei der Löschung eines Wechselstromlichtbogens in Flüssigkeiten so weit zu vereinfachen, daß sie in einem einzigen Gesetz zu erfassen sind, dann kann dieses Gesetz — oder besser gesagt diese Arbeitshypothese — nur eine Gleichgewichtsbedingung zwischen entionisierenden und ionisierenden Einflüssen sein. Neu war damals die Zusammenfassung von Entionisierung und Kühlung in dem Druckgefälle  $dp/dt$  (1. Vereinfachung), bereits bekannt dagegen die Einführung des Anstiegs der wiederkehrenden Spannung  $du/dt$  als wesentliche Größe für die Ionisierung<sup>2)</sup> (2. Vereinfachung). Die Löschung erfolgt somit, wenn

$$-\frac{dp}{dt} > c \frac{du}{dt}$$

wobei die Größe  $c$  vorläufig noch unbekannt ist.

Bestimmt man  $du/dt$  aus den Konstanten des Stromkreises und setzt man  $p$  proportional der Lichtbogenleistung  $i u_B$ , wobei näherungsweise  $u_B = B(e^{t'} - 1)$ , so erhält man die bereits 1929 aufgestellte Beziehung für die Abschaltzeit  $t_a$  eines offenen Ölschalters:

$$t_a = \frac{1}{\epsilon} \ln \left( 1 + \frac{k' \nu \hat{U} \sin \varphi}{f I} \right) \quad (1)$$

Darin bedeutet:  $\nu = 2 \pi f_e$  die Eigenfrequenz,  $\hat{U} \sin \varphi$  den Momentanwert der wiederkehrenden Spannung,  $I$  den Strom,  $f$  die Netzfrequenz,  $\epsilon$  und  $k'$  sind empirisch zu bestimmende Konstanten.

Die sorgfältige, in jüngster Zeit durchgeführte Nachprüfung von Gl. (1) hat ihre Gültigkeit im Rahmen der gemachten Voraussetzungen vollauf bestätigt, darüber

2) F. Kesselring, ETZ 51 (1930) S. 499.

hinaus haben sich die Betrachtungen für die Erforschung der Vorgänge in Flüssigkeitsschaltern als sehr fruchtbar erwiesen<sup>3)</sup>. Und nun folgt das Interessanteste: Bei der seinerzeitigen physikalischen Deutung der Expansionslöschung wurde angenommen, daß die Entionisierung vornehmlich durch Anlagerung der Elektronen an Moleküle zustande komme, und daß die durch adiabatische Expansion eintretende Temperaturerniedrigung wesentlich zur Löschung beitrage. Beide Annahmen haben sich nicht aufrechterhalten lassen. Heute wissen wir vielmehr, daß mit der Druckentlastung Dampf- und Flüssigkeitsteilchen in den Lichtbogen geschleudert werden und dadurch eine Volumenkühlung herbeiführen. Nach dem Minimumprinzip reagiert der Lichtbogen darauf durch starke Verringerung seines Durchmessers, wodurch denkbar günstige Verhältnisse für die Entionisierung durch ambipolare Diffusion in der den Lichtbogen umgebenden Wasserstoffatmosphäre geschaffen sind<sup>4)</sup>. Von größtem Einfluß hat sich der Abstand des Lichtbogens von der Flüssigkeitsoberfläche erwiesen. Abschließend erkennen wir also: Mit dem Druckgefälle ist eine ausreichende Entionisierung und Kühlung verknüpft, sie kommt nur auf andere Weise zustande; und so hat denn das Expansionsprinzip, das von allem Anfang an unser Denken geordnet und damit die ganze Entwicklung geleitet hat, zehn Jahre nach seiner Aufstellung doch noch seine experimentelle und theoretische Bestätigung gefunden.

Das Wasser als Löschmittel

An den Anfang dieses Abschnittes soll folgender Satz gestellt werden:

Wer es durch Vertiefung in die Zusammenhänge (vgl. Tafel 1)<sup>5)</sup> fertiggebracht hat, sich ganz von dem Öl loszulösen und, wenn man so sagen darf, gelernt hat, in „Wasser zu denken“, der muß zu der Erkenntnis kommen, daß sich das Wasser bzw. seine Abwandlung, das Expansin, denkbar gut als Löschflüssigkeit eignet.

Um so weit zu kommen, bedarf es aber eines eingehenden Studiums; erst im Besitz aller Kenntnisse über die zum Teil wunderbaren Eigenschaften von Wasser ist es möglich, noch diejenigen restlichen Maßnahmen zu treffen, die für seine uneingeschränkte Anwendung erforderlich sind.

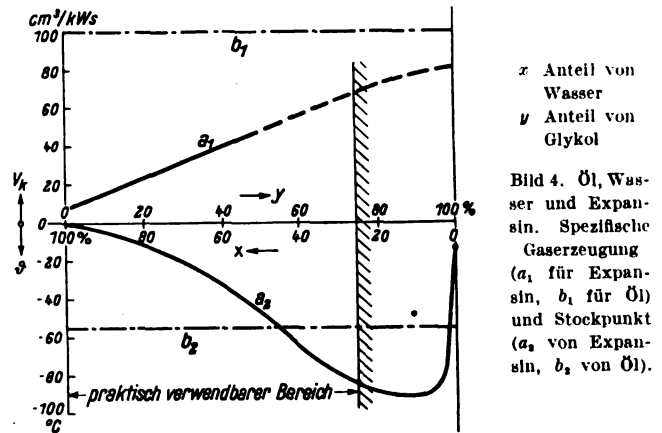
Tafel 1. Eignung von Öl, Wasser und Expansin als Schaltflüssigkeit.

Eigenschaft	Öl $C_nH_{2n+2}$ (n = 20...30)	Wasser $H_2O$	Expansin $H_2O$ + $C_nH_{2n}(OH)_2$
Stockpunkt	-40...-50°	0°	-5...-90°
Viskositätszunahme unter 0° C	stark	—	gering
Siedepunkt	~ 300°	100°	100°
Flammpunkt	160°	nicht vorhanden	nicht vorhanden
Brennbarkeit von Dampf und zerstäubter Flüssigkeit	äußerst brennbar	unbrennbar	unbrennbar
Verqualmungsgefahr	sehr groß	keine	keine
Leitfähigkeit	~ 0	mäßig	gering
Übersp. b. Abschalten leerl. Transformatoren	mäßig	keine	sehr gering
Korrosionswirkung	keine	vorhanden	gering
Einwirkung auf Kontakte	Verseifung	desoxydierend	desoxydierend
Kapillarsteigkraft	gering	groß	mäßig
Gasmenge (kalt) in $cm^3/kWs$ etwa	80...150	0...5	10...30

Günstige Eigenschaften sind durch **Fett**druck hervorgehoben.

Und wie einfach erscheinen uns heute diese Maßnahmen! Vermeidung der Leitfähigkeitserhöhung durch entsprechende Reinigung des Ausgangsmaterials (E. W a n -

deberg), Verhinderung der Korrosion durch Abstimmung der verwendeten Metalle auf das Kontaktpotential von Kupfer bzw. durch entsprechende Isolierung (G. Kirch); Schaffung eines quellungsfreien Isoliermaterials durch Verwendung eines Lackträgers, dessen Kapillaren durch natürliche Zwischenwände verschlossen sind (C. R ü b e). Diese drei Maßnahmen haben es zusammen mit der von J. R a p p entwickelten Preßtechnik ermöglicht, den neuen Isolierstoff „ES-Linax“ in Wasser ebenso bedenkenlos zu verwenden, wie dies bisher bei Hartpapier in Öl der Fall war.



Schließlich noch die wohl wichtigste Erkenntnis: Wird ein Lichtbogen unter Wasser gezogen, so findet man im Gegensatz zum Öl, daß nur eine verschwindend geringe Gasmenge entsteht. Die experimentell ermittelten Zusammenhänge sind in Bild 4 aufgetragen. Als Abszisse ist die jeweilige Zusammensetzung von Wasser und Glykol aufgetragen, als Ordinate die je  $kWs$  erzeugte Gasmenge und der Stockpunkt. Zum Vergleich sind die entsprechenden Daten für Schalteröl mit aufgeführt. Wie ersichtlich, ist man beim Öl hinsichtlich Gaserzeugung und Stockpunkt ein für allemal festgelegt, während es bei Expansin durch geeignete Wahl der beiden Komponenten möglich ist, beinahe jede gewünschte Eigenschaft einzustellen. Für das Unterbrechen sehr großer Stromstärken (60 kA und mehr) wird man den Glykolsatz klein machen; bei hohen Spannungen, wobei die Ströme relativ klein sind, wird man Nutzen ziehen aus der größeren Gaserzeugung bei hohem Glykolgehalt. Weiter erkennt man, daß sich Stockpunkte bis zu  $-85^\circ$  erzielen lassen, so daß das Expansin auch für Freiluftschalter angewendet werden könnte. Die geringe Gaserzeugung bei Wasser ist darauf zurückzuführen, daß die Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff sich in der kühleren Dampfzone in langsamer Verbrennung wieder vereinigen, ein Vorgang, der bei Öl aus chemischen Gründen unmöglich ist.

Nach alledem bleibt eigentlich nur noch der eine scheinbare Nachteil, daß das Expansin gegenüber dem Öl eine gewisse, wenn auch geringe Leitfähigkeit aufweist. Aber gerade diesem Umstand ist es zu verdanken, daß es mit Wassersaltern möglich ist, selbst unter den schwierigsten äußeren Bedingungen vollkommen überspannungsfrei abzuschalten.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Schalter Reihe 10

In jeder Entwicklungsreihe gibt es zumindest im Anfang Typen, welche schon gleich beim ersten Entwurf eine gewisse Zwanglosigkeit, Harmonie und natürliche Einfachheit aufweisen, — wir wollen sie „günstige Typen“ nennen — während bei den nächst größeren oder kleineren Modellen sich das gewünschte Ziel nur mit etwas größerem Aufwand erreichen läßt. Für den wirtschaftlichen Erfolg ist es von großer Tragweite, daß folgendes Gesetz erfüllt ist:

<sup>3)</sup> Vgl. eine demnächst im Arch. Elektrotechn. erscheinende Arbeit über die Theorie der Flüssigkeitsschalter.

<sup>4)</sup> F. Kesselring, ETZ 55 (1934) S. 92; B. Kirschstein u. F. Koppelman, Wiss. Veröff. Siemens-Werk, 16 (1937) H. 3, S. 56.

<sup>5)</sup> F. Kesselring, VDE-Fachber. 8 (1936) S. 145; Elektrotechn. u. Masch.-Bau 53 (1935) S. 493.

Die „günstigen Typen“ einer Entwicklungsreihe müssen möglichst mit den statistisch am häufigsten vorkommenden Typen zusammenfallen.

Untersuchen wir nun, wie die Verhältnisse in dieser Hinsicht beim Expansionsschalter liegen: Die Erfahrung lehrte frühzeitig, daß es verhältnismäßig einfach ist, Expansionsschalter für Spannungen bis 12 kV zu bauen. Aus Bild 5 ersehen wir nun den prozentual auf die einzelnen Betriebsspannungen entfallenden Anteil der Innenraumschalter bis 60 kV, und zwar sowohl für Ölschalter (1929) als auch für Expansionsschalter (1938). Interessant ist zunächst, daß sich durch den Übergang vom Öl- auf den Expansionsschalter die Verteilung nur unwesentlich geändert hat, was den Wert und die Zuverlässigkeit

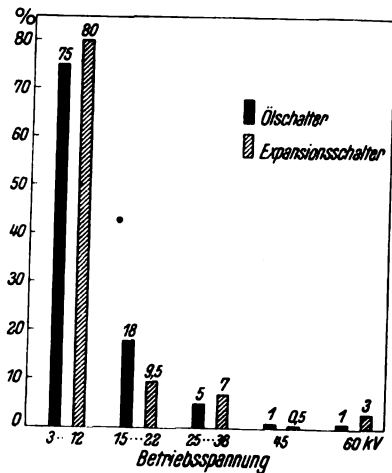


Bild 5. Statistische Verteilung von Hochleistungsschaltern auf die verschiedenen Betriebsspannungen.

solcher statistischen Betrachtungen unterstreicht. Weiter erkennen wir, daß 75 bis 80 % aller Innenraumschalter auf das Spannungsintervall 3 bis 12 kV entfallen, eine Feststellung, die für den wirtschaftlichen Erfolg des Expansionsschalters entscheidend war. Fügt man noch hinzu, daß z. B. im Jahre 1929 83 % aller Ölschalter mit Handantrieb geliefert wurden, so wird man verstehen, daß wir einem Schalter, bei dem ein Handantrieb ebenfalls in einfacher Weise möglich ist, den Vorzug gegeben haben.

Die Tatsache, daß der Expansionsschalter Reihe 10 eine günstige und zugleich die bei weitem häufigste Type ist, hat unseren Entschluß, Expansionsschalter und nur Expansionsschalter zu bauen, entscheidend beeinflusst und immer wieder gefestigt. Ähnlich liegen die Verhältnisse bezüglich der 2. Hauptgruppe, der 100 kV-Freiluftschalter. Welche Zukunftsbedeutung damit verknüpft ist, werden wir weiter unten noch sehen.

**Der Säulenschalter und das Prinzip vom minimalen Raumbedarf**

In Analogie zu den ölarmen Schaltern wurde der Vorschlag gemacht (P. Duffing), das Getriebe unmittelbar auf die Kammer zu setzen und die für Wasserschalter erforderliche Lufttrennstrecke in Form eines konstruktiv damit vereinigten Trennschalters anzuordnen. Zunächst erschien dieser Weg verwickelter. Bei näherer Durcharbeitung der Konstruktion und nach Aufstellung des Prinzips vom minimalen Raumbedarf traten aber die Vorteile dieser Anordnung klar zutage.

Das Prinzip vom minimalen Raumbedarf, das sowohl die Anforderungen von seiten des Schaltanlagenbaues als auch die Gesteungskosten eines Hochspannungsgerätes in einer einzigen Konstruktionsanweisung umfaßt, lautet:

Die einzelnen Elemente eines Schalters — z. B. Kammer, Schaltstiftführung, Isolatoren, Gestell, Antrieb, Auslöser usw. — sind gegenseitig so anzuordnen, daß der Raumbedarf ein Minimum wird.

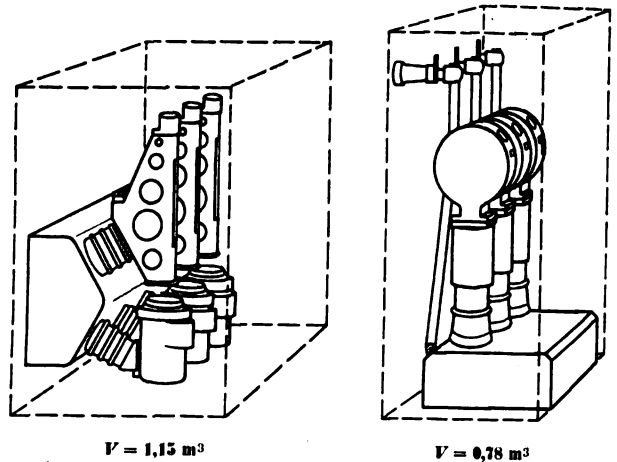


Bild 6. Raumbedarf von Wand- und Säulentyp.

Aus Bild 6 geht hervor, in welchem Ausmaß ohne Einsatz neuer technischer Erkenntnisse, lediglich durch günstige gegenseitige Anordnung, der Raumbedarf beim Übergang von der Wand- zur Säulentyp verringert werden konnte. Es ist daher kein Zufall, sondern entwicklungsmaßiger Zwang, daß sämtliche Expansionsschalter heute nach dem Säulentyp gebaut werden.

Damit ist aber das Prinzip des minimalen Raumbedarfs noch keineswegs erschöpft. Wir werden vielmehr sehen, daß aus ihm unmittelbar Hinweise für die weitere Forschungsarbeit abgeleitet werden können.

Der Raumbedarf eines dreipoligen Schalters kann durch folgende Funktion dargestellt werden:

$$V = f(a^3, h^2, d^3 \dots) \tag{2}$$

Die Schlagweite  $a$  ist im allgemeinen durch Vorschriften festgelegt (z. B. R.E.H.); ihre Verringerung hätte entscheidenden Einfluß, und man kann daraus die schwerwiegende Verantwortung, die mit ihrer Festlegung verknüpft ist, ermessen. Für uns bleibt aber zunächst nur die Möglichkeit übrig, zu versuchen, den Hub  $h$  und den Kammerdurchmesser  $d$  zu verringern. Bezeichnen wir mit  $s$  die „Löschdistanz“, d. h. denjenigen lichten Kontaktabstand, bei dem unter gegebenen äußeren Verhältnissen des Stromkreises die wiederkehrende Festigkeit gerade ausreicht, um eine Neuzündung zu verhüten, so ergibt sich zwischen Lichtbogendauer  $t_a$ , Betriebsfrequenz  $f$ , mittlerer Ausschaltgeschwindigkeit  $v$  und natürlicher Streuung  $\Delta t$  der in einer früheren Arbeit<sup>6)</sup> abgeleitete Zusammenhang:

$$t_a = \frac{s}{v} + \Delta t \tag{3}$$

$$\Delta t = \frac{5}{6} \cdot \frac{1}{2f} \text{ (für Drehstrom); } \Delta t = \frac{1}{2f} \text{ (für Wechselstrom).}$$

Unter der Annahme linear mit der Zeit ansteigender Lichtbogenleistung findet man für die günstigste Ausschaltgeschwindigkeit, d. h. diejenige Geschwindigkeit, bei der die Schaltarbeit bzw. Lichtbogenleistung ein Minimum wird:

$$v_0 = \frac{s}{\Delta t} \tag{4}$$

Aus Gl. (4) geht weiter hervor: Wenn die Löschdistanz  $s$  verkleinert wird, geht nicht nur gemäß Gl. (2) der Raumbedarf zurück, sondern es muß, um den wirt-

<sup>6)</sup> Vgl. F. Kesselring u. F. Koppelmann, Arch. Elektro-techn. 29 (1935) S. 1.

schaftlichsten Schalter zu erhalten, die Ausschaltgeschwindigkeit in entsprechendem Maße verringert werden. Damit kann aber auch das Einschaltmoment herabgesetzt werden. Beides ist von großer Bedeutung für die Herstellungskosten der Hand- und Fernantriebe. Wir erkennen somit:

Die Löschdistanz  $s$  ist die wirtschaftlich ausschlaggebende Größe eines Hochleistungsschalters. Es ist Aufgabe der Forschung, nach Mitteln zu suchen,  $s$  möglichst klein zu machen.

Auch hier bestätigt sich, daß die klare Zielsetzung eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg war; denn innerhalb eines Jahres ist es vornehmlich den Bemühungen von F. Gieffers, G. Kirch und K. Rusch gelungen, 10 kV-Expansionschalter zu entwickeln, bei denen im Gebiet großen Stromes die Lichtbogenlänge von im Mittel 7 cm auf 1,5 cm verringert werden konnte. Unter Berücksichtigung der natürlichen Streuung  $\Delta t$  beträgt die Lichtbogenlänge 0,5 bis 2 cm. Wer hätte es für möglich gehalten, daß mit Wasser als Löschflüssigkeit eine Lichtbogenlänge von 0,5 cm bei 10 kV überhaupt je erreichbar sei! Im Gebiet kleineren Stromes ließ sich durch entsprechende Zusammensetzung der Schaltflüssigkeit und Formgebung der Kammer die Löschdistanz auf die Hälfte verringern, mit der Folgerung, daß nun auch der Hub und damit gemäß Gl. (2) der Raumbedarf entsprechend herabgesetzt werden konnte. Um diesen Vorteil voll auszunutzen zu können, war allerdings die Schaffung eines ebenfalls unter dem Gesichtspunkt minimalen Raumbedarfes entwickelten Überstromauslösers notwendig. Zusammen mit den neuen raumsparenden Stützern, Durchführungen und Trennschaltern lassen sich in absehbarer Zeit die Abmessungen offener und gekapselter Schaltanlagen in einem bisher nicht für möglich gehaltenen Ausmaß verringern.

**Die beiden Ausführungsformen der elastischen Kammer**

Das lebenswichtigste Element eines Hochleistungsschalters ist seine Schaltkammer; es ist daher verständ-

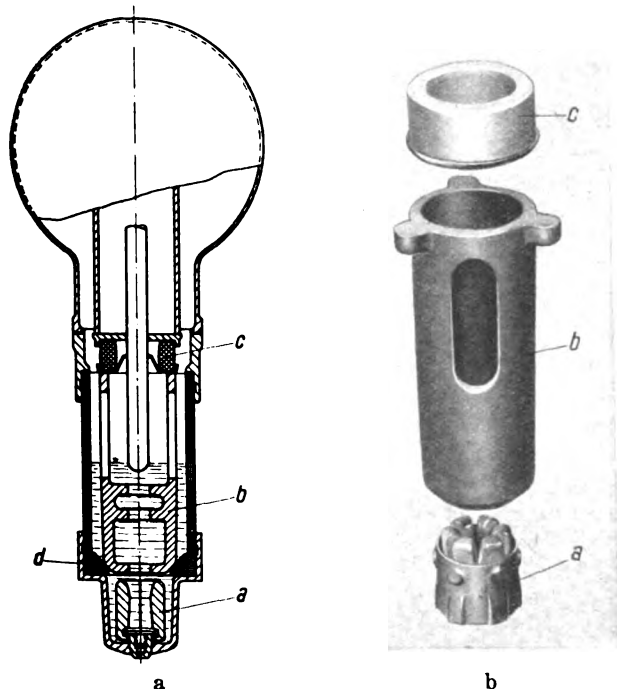


Bild 7 a u. b. Aufbau und Einzelteile der elastischen Kammer für Spannungen bis 12 kV.

lich, wenn wir auf die Vereinfachung und Vereinheitlichung der elastischen Kammer ganz besondere Sorgfalt angewendet haben. Bild 7 a zeigt die Bauform der Kam-

mern für Spannungen bis 12 kV (konstruktive Lösung G. Kirch, K. Rusch). Sie besteht neben dem für jeden Schalter erforderlichen Schaltgefäß aus Schaltstück  $a$ , Dampfkommer  $b$  und Gummiring  $c$ , enthält somit nur drei Konstruktionselemente, von denen Bild 7 b eine bildmäßige Vorstellung vermittelt. Bei Erreichen eines Druckes von 10 bis 15 at öffnet sich bei  $d$  ein Ringspalt, wodurch der Expansions- und Löschvorgang eingeleitet wird. Diese Kammerbauform wird gemäß Bild 5 bei 80 % aller Schalter angewendet.

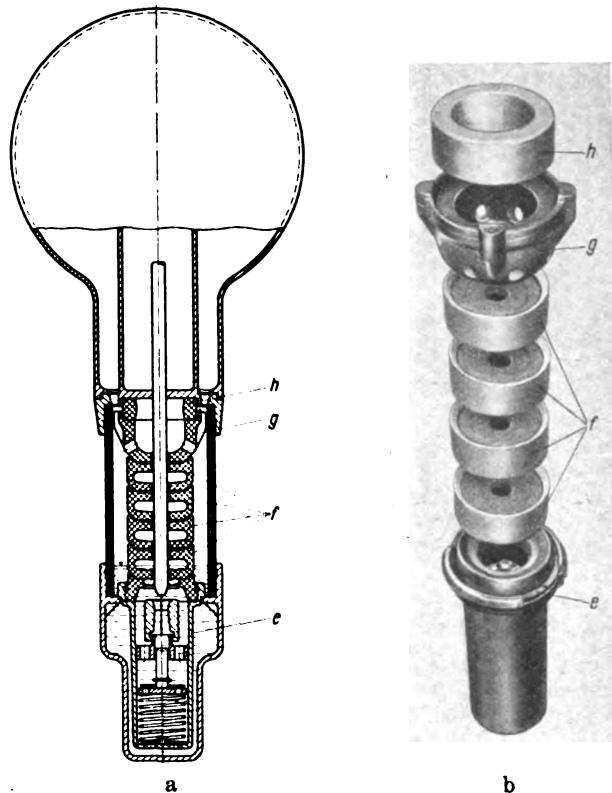


Bild 8 a u. b. Aufbau und Einzelteile der elastischen Kammer für Spannungen von 15 bis 60 kV.

Im Spannungsbereich von 15 bis 60 kV (rd. 20 % aller Schalter) wird die sog. Spritzkammer nach Bild 8 a verwendet (konstruktive Lösung P. Duffing und L. Heine-meyer). Der grundlegende Unterschied besteht darin, daß das Expansin erst beim Abschalten, jedoch bevor ein Lichtbogen entsteht, mit Hilfe eines kleinen Kolbens in die Dampfkommer gefördert wird. Durch diese Maßnahme läßt sich eine sichere Unterbrechung bis zu beliebig hohen Spannungen erzielen (experimentell erwiesen bis 100 kV). Das Schaltstück ist mit der Fördereinrichtung zu einem für alle Typen einheitlichen Konstruktionselement  $e$  zusammengefaßt. Darüber bauen sich die jeweils für 5 kV bemessenen Teilkammern  $f$  auf, deren Form von H. Beiersdorf angegeben wurde. Abstützkörper  $g$  und Gummiring  $h$  bilden den oberen Abschluß. Eine Ansicht dieser Teile gibt Bild 8 b. Man erkennt, daß sich die Expansionskammern für höhere Spannungen nur durch die Zahl der Teilkammern  $f$  voneinander unterscheiden.

Der geschilderten, wohl kaum noch zu überbietenden Einfachheit der Expansionskammer sind u. E. der wirtschaftliche Erfolg und die hohe Betriebssicherheit vor allem zu verdanken.

**Die Typenreihe**

In Bild 9 sind die listenmäßigen Innenraumschalter mit Wasser als Löschmittel, und zwar geordnet nach Spannung, Abschaltleistung und Nennstrombereich, zusammengestellt.



Bezüglich der Antriebe ist gleichzeitig mit Einführung der Expansionsschalter eine grundlegende Bereinigung der Typen durchgeführt worden. Dank der Initiative von I. Sihler gibt es für Expansions- und Trennschalter sowohl in offener als in gekapselter Bauweise seit Jahren nur noch zwei Antriebe, und zwar: Handantrieb und Druckluftantrieb (kon-

gleich darauf folgende Wiedereinschalten auf die beiden Schaltelemente des Expansionsschalters aufzuteilen, und zwar derart, daß der Ausschaltvorgang vom Leistungs-

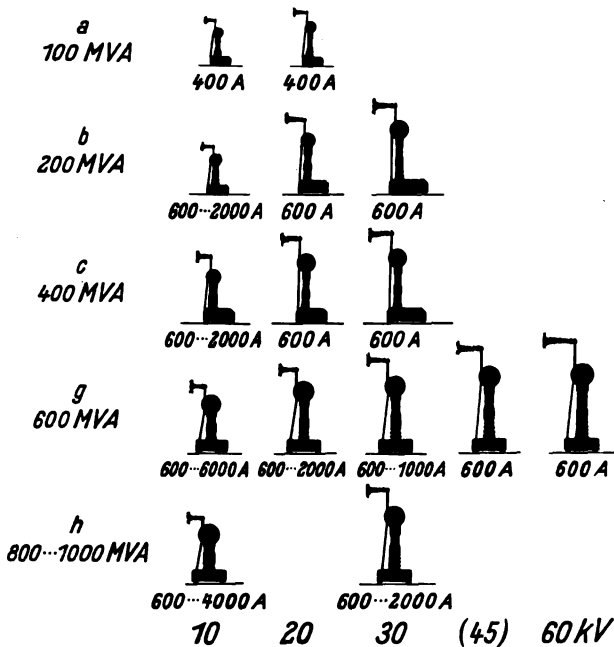


Bild 9. Typenreihe der Innenraumexpansionsschalter mit Wasser als Löschflüssigkeit.

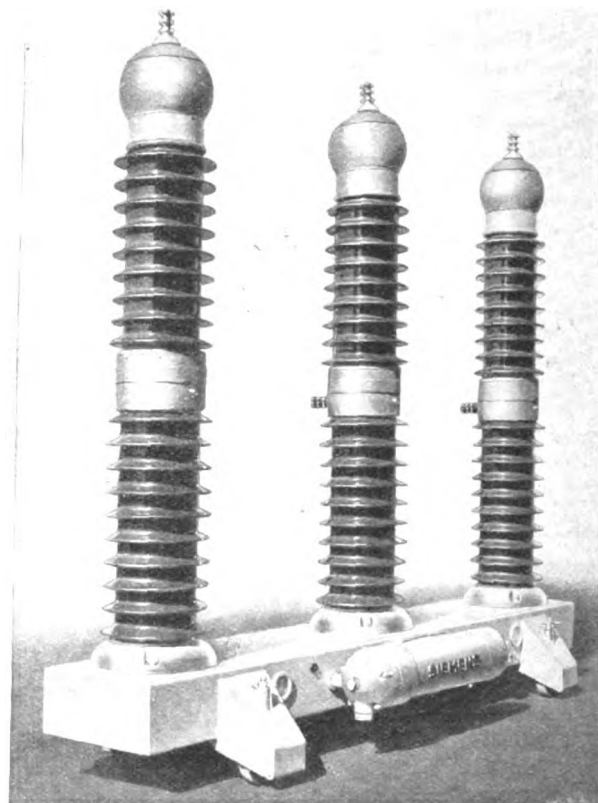


Bild 11. Freiluft-Expansionsschalter Reihe 110.

struktive Lösung von O. Buron). Was dies an Vereinfachung hinsichtlich Konstruktion, Fabrikation und Lagerhaltung einerseits, an Erhöhung der Betriebssicherheit andererseits bedeutet, kann nur der Eingeweihte voll ermessen.

Neben den normalen Ausführungen der Expansionsschalter sind einige Sonderkonstruktionen noch von Interesse. Wir erinnern in diesem Zusammenhang an den von P. Behr angegebenen und von O. Thomsen und F. Günther entwickelten schlagwettergeschützten Expansionsschalter, ferner an die synchron gesteuerten Expansionsschalter für Netze mit 16% Hz<sup>7)</sup> F. Gieffers und L. Heinemeyer, bei denen mit Hilfe eines direkt aufgebauten Synchronauslösers die Kontakttrennung nur so weit vor dem Stromnulldurchgang eingeleitet wird, daß beim Stromnulldurchgang gerade die Löschdistanz erreicht ist. Auf Grund der bisherigen Erfolge und zweijährigen Erfahrungen sind wir der Ansicht, daß der Synchronschalter die gegebene Lösung des Schalterproblems für Bahnzwecke ist.

In neuester Zeit spielt das Problem der Kurzschlußlöschung eine wichtige Rolle. Von W. Kaufmann stammt der Vorschlag, das Aus-

schalter (vgl. Bild 10 b), der Einschaltvorgang vom Trennschalter (vgl. Bild 10 c) durchgeführt wird<sup>8)</sup>. Umfangreiche Netzversuche, bei denen über zwei weit voneinander entfernte Kurzschlußlöcher ein großes Überlandnetz gespeist wurde, wobei während der Versuche infolge eines schweren Gewitters siebzehn Lichtbogenüberschläge auftraten, haben den Nachweis erbracht, daß der Kurzschlußlöcher nach dem Expansionsprinzip infolge seines einfachen Aufbaues und geringen Aufwandes an Relais auch für diese Aufgabe denkbar gut geeignet ist<sup>9)</sup>. Hinzu

kommt noch, daß bei der Spritzkammer, welche für Kurzschlußlöcher ausschließlich verwendet wird, auch bei noch so schneller Aufeinanderfolge von Ausschaltungen keine Verminderung der Abschaltleistung auftritt.

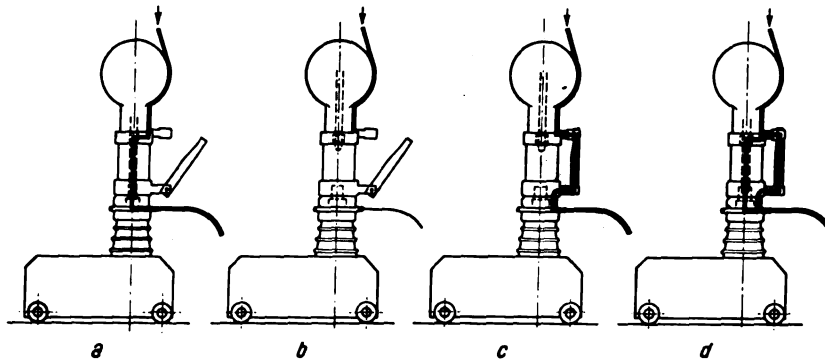


Bild 10 a bis d. Prinzip des Kurzschlußlöschers.

**Ausblick**

Das Prinzip der stromabhängigen Lichtbogenlöschung mit Wasser hat sich als urgesund erwiesen. Der jüngste

<sup>8)</sup> Vgl. W. Kaufmann, ETZ 60 (1939) S. 241.

<sup>9)</sup> Ein eingehender Bericht über diese Versuche erscheint demnächst in der ETZ.

<sup>7)</sup> Vgl. F. Kesselring, ETZ 58 (1937) S. 195.

Fortschritt hinsichtlich Verringerung der Löschdistanz, an dessen Ausschöpfung wir erst herangehen, hat unerwartete Aussichten eröffnet. Die Freiluftschalter sind 9 Jahre unverändert geliefert worden; nun ist auch hier die Zeit gekommen, einen Schritt weiter zu tun. An Stelle

der bisherigen Schalter, die in annähernd 1000 Exemplaren gebaut wurden, tritt der neue Freiluft-Expansionsschalter der Säulenbauart (Bild 11). Jahre hat seine Entwicklung in Anspruch genommen (P. Duffing und J. Behringer); immer ist er noch einfacher, noch schneller geworden. Aufbauend auf 10jähriger Erfahrung wurde nach einem Vorschlag von C. Köttgen ein neuartiger Mechanismus für die Bewegung der Schaltstifte geschaffen, der neben kürzester Ausschaltzeit ( $< 0,06s$ )

den außerordentlichen Vorteil hat, daß kein einziges bewegliches Teil mehr in Verbindung mit der Atmosphäre steht, wodurch die neuen Freiluftschalter in höchstem Ausmaß wetterfest geworden sind. Die innere Isolations-

festigkeit konnte unter Beibehaltung des prinzipiellen Kammeraufbaus derart gesteigert werden, daß eine zusätzliche Trennstrecke nicht mehr erforderlich ist.

Mit der Durchbildung der Expansionsschalter bis 220 kV sind wir aber nicht am Ende. Höhere Span-

nungen werden erforderlich sein, und so haben wir nach einer Lösung für einen 400 kV-Schalter gesucht und sind nun auch hier zu einem vorläufigen Ergebnis gelangt (Bild 12). Ein neuartiges, in jahrelangen Versuchen entwickeltes Antriebssystem hat schließlich zum Ziele geführt.

Wenn wir nun abschließend für eine kurze Weile zurückblicken, so stellen wir fest: Zehn Jahre sind, gemessen an den geschichtlichen Zeiträumen, eine kurze Spanne, im Leben eines Menschen bedeuten sie ein gutes Stück

Wegs; aber Mühe und Kampf sind nicht umsonst gewesen: Der Expansionsschalter ist eine im Sinne der unverrückbaren Entwicklungsgesetze starke Lösung des Schalterproblems; wir werden diesen Weg weitergehen.

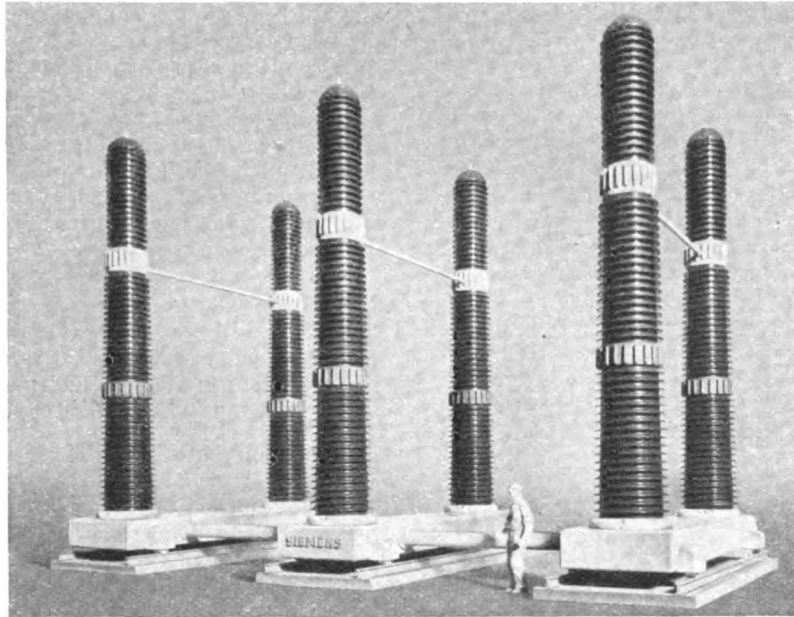


Bild 12. Freiluft-Expansionsschalter Reihe 400 (Modellaufnahme).

## Lichtelektrische Feuchtemessung

Von Christian Strobel, Bochum

DK 621.383 : 551.57 : 621.317.39

**Übersicht.** Ein neues Verfahren wird beschrieben, das durch lichtelektrische Erfassung des Taupunktspiegels eine genaue Messung der relativen Feuchte in Luft und sonstigen Gasen innerhalb der feuchtetechnisch üblichen Temperaturgrenzen gestattet. Ferner wird eine elektrische Schaltung angegeben, die hiernach ohne Gebrauch von Dampfdruck- oder Psychrometertafeln eine direkte und lineare Anzeige der relativen Feuchte in % an einem elektrischen Zeigerinstrument oder Registriergerät möglich macht.

### Stand der Feuchtemessung und Bedeutung des lichtelektrischen Gerätes

Es sind wiederholt Versuche gemacht worden, die Taupunktmessung zur kontinuierlichen Feuchtebestimmung heranzuziehen; denn zur ständigen Feuchtemessung in der Textil-, Papier-, Holz- und Tabakindustrie, in der Trockentechnik und vielen anderen Industriezweigen ist man heute noch fast ausschließlich auf das alte, in vielen Punkten unzulängliche Hygrometer angewiesen. Psychrometrische Feuchtemessung mit Psychrometertafeln ist für Betriebsmessungen kaum oder nur selten geeignet; meist dient dieses Verfahren nur zur Kontrolle der Hygrometer im Betrieb. Mit der Schaffung eines stetig anzeigenden Taupunktfeuchtemessers, der allen an ein Betriebsmeßgerät zu stellenden Anforderungen genügt, kann die Technik der Betriebs-Feuchtemessung um zwei Genauigkeitsgrade oder Güteklassen gehoben werden. Das Meß-

prinzip des Taupunktspiegels ist bekannt. Die Temperaturerniedrigung erfolgt beim üblichen Gerät durch Äther, der im Spiegelgefäß verdampft; dieses Gerät ist aber in dieser Form nur für Eichungen oder für genaue Einzelmessungen verwendet worden.

### Anforderungen an einen lichtelektrischen Feuchtemesser

Um aus diesem einfachsten Gerät, das aber empfindliche Feuchtebestimmungen ermöglicht, ein stetig anzeigendes und ohne Wartung arbeitendes Betriebsmeßgerät zu entwickeln, mußten folgende vier Hauptaufgaben gelöst werden.

1. Die Kühleinrichtung des Spiegels mußte für den technisch wichtigen Temperaturbereich von  $-10$  bis  $+250^{\circ}C$  geeignet sein und stetig mit Leitungswasser oder Wasservorratsbehälter ohne Wartung arbeiten.
2. Die Anzeige der Taupunkttemperatur  $T_1^{\circ}$  abs des Spiegels mußte selbsttätig und stetig sein.
3. Unterkühlung bzw. Überhitzung des Spiegels im Augenblick der Taupunktmessung mußte entweder vermieden oder derartige Einflüsse auf die Taupunktmessung ausgeschaltet werden.
4. Aus den stetig gemessenen Werten für Gastemperatur  $T^{\circ}$  abs und Taupunkttemperatur  $T_1^{\circ}$  abs mußte unabhängig vom herrschenden Gesamtdruck des Gases

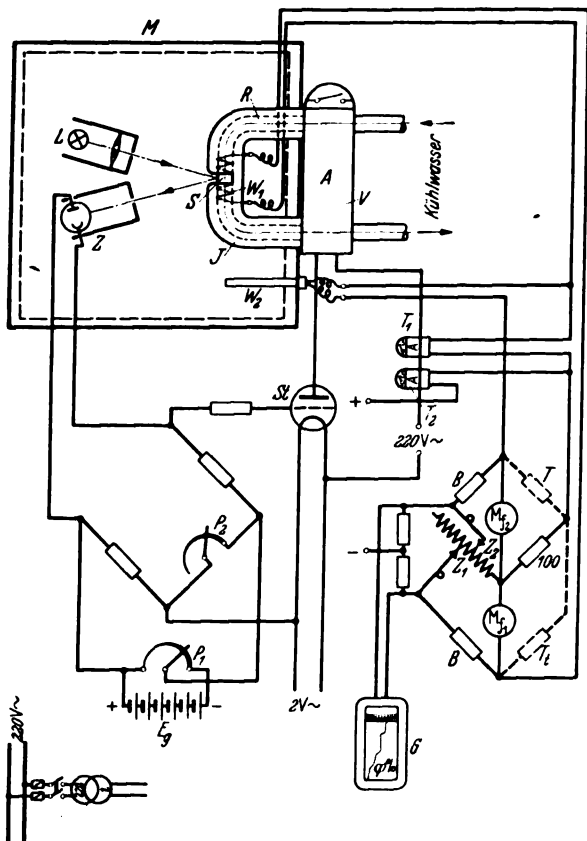
den physikalischen Beziehungen entsprechend die relative Feuchte  $\varphi$  in % selbsttätig und an einem Anzeige- oder Schreibgerät ablesbar angezeigt werden, so daß jede Umrechnung des Meßwertes an Hand von Dampfdruck- oder Psychrometertafeln wegfällt.

Diese vier Hauptaufgaben sind bei der Schaffung des nachfolgend angegebenen Geräts vom Verfasser wie folgt behandelt und gelöst worden, wobei die Verwendung als Betriebsinstrument zielweisend war.

**Einrichtungen und Aufbau des lichtelektrischen Feuchtemessers**

**a) Kühleinrichtung**

Ein zweiseitig abgebogenes Hartkupferrohrchen  $R$  vom Außendurchmesser 8 mm und Innendurchmesser 5 mm ragt mit seinem U-förmigen Teil in den Meßraum  $M$  (Bild 1) hinein und ist über ein elektromagnetisch öff-



- |                                                                             |                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $M$ Meßraum                                                                 | $St$ Stromtor                                                                               |
| $L$ Beleuchtungseinrichtung der Zelle mit Objektiv und Blende               | $T_1, T_2$ Relais                                                                           |
| $Z$ Photozelle (Halbleiterzelle) mit Blende                                 | $P_1, P_2$ Potentiometer                                                                    |
| $R$ Meßrohr (Küvette)                                                       | $B$ Bereichskonstante                                                                       |
| $S$ verspiegelter Küvettenteil                                              | $T$ Gastemperatur in °abs.                                                                  |
| $J$ Wärmesolierung                                                          | $T_t$ Taupunkttemperatur in °abs. des Wasserdampfes, der bei $T$ °abs. im Gas enthalten ist |
| $V$ Wasserventil mit Düse und Relais                                        | $Z_1, Z_2$ Funktionswert der Brückenschaltung                                               |
| $W_1$ Widerstandsthermometer zur Messung der Taupunkttemperatur $T_t$ °abs. | $M_{f_1}, M_{f_2}$ Funktionsmotor der Brückenschaltung                                      |
| $W_2$ Widerstandsthermometer zur Messung der Gastemperatur $T$ °abs.        | $E_g$ Gittervorspannung                                                                     |
|                                                                             | $G$ anzeigendes oder registrierendes Ohmometer                                              |

Bild 1. Schaltbild und grundsätzliche Wirkungsweise des selbsttätigen lichtelektrischen Feuchtemessers.

nendes Doppelventil  $V$  an einem Ende an eine Wasserleitung oder an ein Wasservorratsgefäß mit etwas Gefälle, am anderen Ende an einen Abfluß angeschlossen. Der Öffnungsquerschnitt des Ventils am Ein- und Ausfluß ist von Null bis 5 mm<sup>2</sup> mittels Düsennadel einstell-

bar, was maximal dem fünften Teil des lichten Rohrquerschnittes von  $R$  entspricht. Das Röhrchen  $R$  ist am geraden Teil der U-Form geschliffen und poliert, spiegelblank verchromt und vom Ventil  $V$  ab durch einen übergezogenen Asbeststrumpf  $J$  wärmeisoliert. Nur ein kleiner Teil der Rohraußenfläche liegt als Spiegel  $S$  an einer Öffnung im Asbeststrumpf frei. Dieser spiegelnde Rohrendeil  $S$  dient als Taupunktspiegel. Die Rohrküvette hält bei diesen Abmessungen einem Innendruck von 40 ata mit Sicherheit stand, was einem Temperaturbereich des eingeschlossenen Kühlwassers von bis zu 250 °C, der feuchtemeßtechnisch überhaupt nötigen oberen Temperaturgrenze, entspricht. Auf die blanke Rohroberfläche ist unmittelbar am Spiegel  $S$  ein Widerstandsthermometer  $W_1$  vom Rohr elektrisch isoliert unter dem Asbeststrumpf aufgebracht, das die genaue Temperatur der Spiegeloberfläche zu messen gestattet. Die Temperatur  $T$  °abs des Gases wird durch ein Widerstandsthermometer  $W_2$  stetig gemessen.

**b) Selbsttätige Anzeige der Taupunkttemperatur  $T_t$  °abs. ohne Beeinflussung des Spiegels**

Eine Beleuchtungseinrichtung  $L$  mit 2V-Lampe in Zentrierfassung, Sammellinse und Blende wirft einen Lichtstrahl auf den Spiegel  $S$  des Röhrchens  $R$ ; der Strahl wird vom Spiegel durch eine Blende auf die Halbleiterzelle  $Z$  von 12 mm Zellendurchmesser reflektiert<sup>1)</sup>. Die Zelle liegt über eine Widerstandsbrückenschaltung und eine Gitterspannungsquelle  $E_g$  mit Potentiometern  $P_1$  und  $P_2$  (für Fein- und Grobablesung) am Gitter des Stromtores  $St$ , wofür ein Thyatron mit 2V-Kathode verwendet wurde. Im Anodenkreis liegt die Magnetwicklung des Wasserventilrelais  $V$ , außerdem das Relais  $T_1$ , das sekundär in Arbeitsstromschaltung das Widerstandsthermometer  $W_1$  und  $W_2$  schließt; ein weiteres Relais  $T_2$  im Anodenkreis schließt sekundär in Arbeitsstromschaltung den äußeren Brückenspannung (Bild 1).

Ist der Spiegel  $S$  unbeschlagen, so hat die Zelle  $Z$  Licht, die Röhre ist gezündet, das Ventil  $V$  ist offen,  $W_1$  und  $W_2$  und die Brückenspannung sind eingeschaltet, Kühlwasser fließt durch das Rohr  $R$  und kühlt den Spiegel  $S$ , bis der Taupunkt unterschritten wird. Durch passende Einstellung der Düse im Ventil  $V$  kann dieser Kühlvorgang beliebig beschleunigt oder verzögert werden. Nach Unterschreiten des Taupunktes beschlägt der Spiegel. Die hierbei vorhandene Unterkühlung unter den Taupunkt ist um so größer, je rascher die Wassertemperatur im Rohr sinkt, d. h. je größer der Ein- und Austrittsquerschnitt des Ventils eingestellt ist. Sobald sich der Spiegel beschlägt, wird die Lichtreflexion völlig unterbunden, die Zelle ist dunkel, das Stromtor löscht, das Ventil  $V$  schließt, der Kühlwasserzufluß in das Rohr  $R$  hört auf,  $W_1$  und  $W_2$  und die Brückenspannung sind abgeschaltet. Das Röhrchen mit dem eingeschlossenen Kühlwasser erwärmt sich nun am wärmeren Gas des Meßraumes, die Temperatur der Spiegeloberfläche steigt langsam bis zum Taupunkt, und bei Erreichen desselben hat der Wasserniederschlag auf dem Spiegel Zeit, langsam wieder zu verdampfen. Sobald der Spiegel blank ist, erhält die Zelle wieder Licht, die Röhre zündet,  $V$  öffnet,  $W_1, W_2$  und die Brückenspannung werden angeschaltet. Sofort mit Erreichen des Taupunktes auf der Rohroberfläche wird also  $T$  ° und  $T_t$  ° in die Meßbrücke übertragen, außerdem beginnt im gleichen Augenblick erneut der Kühlwasserzufluß, der Taupunkt wird wieder unterschritten usw.

Eine merkliche Überhitzung des Spiegels über den Taupunkt kann hierbei nicht eintreten, weil erstens die Temperatur der Spiegeloberfläche infolge der Wärmeab-

<sup>1)</sup> Über ähnliche lichtelektrische Regelgeräte siehe auch A. Kuntze. Neuartige lichtelektrisch gesteuerte Regelgeräte. ETZ 61 (1940) H. 9, S. 195.

leitung von der ziemlich kleinen Spiegelfläche an die wärmeisolierte übrige Rohrwand und an den ganzen Wasserinhalt des Rohres sehr langsam ansteigt. Zweitens tritt auf der Spiegeloberfläche während des Verdampfens des Wasserniederschlags in Anbetracht der nur langsamen Aufwärmung ein Temperaturhaltepunkt durch Entzug von Verdampfungswärme aus der Rohrwand auf, der bis zum völligen Verdampfen des Niederschlags, d. h. bis zum Ansprechen der Röhre, Messen von  $T$ ,  $T_t$  und Einschalten der Brückenspannung anhält, so daß die Tautemperatur  $T$  während dieses Haltepunktes noch unbedingt sicher und ohne Überhitzungsfehler gemessen wird. Sofort nach Zünden der Röhre und Öffnen des Ventils  $V$  tritt punktartig wieder eine Abkühlung und Abschaltung der Thermometer ein, so daß das Temperaturmaximum des Spiegels immer genau mit dem Taupunkt übereinstimmt. Indem der Taupunkt so auf ein Temperaturmaximum, einen Umkehr- und Haltepunkt verlegt ist, kann auch keine Unterkühlung während des Meßvorganges eintreten, denn der Spiegel beschlägt sich bei diesem langsamen Wechsel am Haltepunkt ohne Verzögerung. Unterkühlung tritt erst nach Löschen der Röhre unter der Wirkung des zugeströmten Kühlwassers ein.

c) Selbsttätige, direkt ablesbare Anzeige der relativen Feuchte

Zur Erläuterung der Anzeige seien folgende Beziehungen und Bezeichnungen eingeführt:

- $q$  % relative Feuchtigkeit des Gases,
- $p_d$  Teildruck des Wasserdampfes im Gas bei  $T$  ° abs und  $q$  %,
- $p_{s_1}$  Sättigungsdruck des Wasserdampfes von  $T$  ° abs,  $T_t$  ° abs Taupunkt des im Gas bei  $T$  ° abs und  $q$  % enthaltenen Wasserdampfes,
- $p_{s_2}$  Sättigungsdruck des Wasserdampfes von der Temperatur  $T_t$  ° abs.

Es ist:

$$p_d = p_{s_1}; \quad q \% = \frac{p_d}{p_{s_1}} = \frac{p_{s_2}}{p_{s_1}};$$

dabei ist

$$p_{s_1} = f(T) \quad (1) \quad p_{s_2} = f(T_t) \quad (2)$$

die Gleichung der oberen Grenzkurve des Wasserdampfes.

Nach van der Waals besteht für die berechneten Werte der Sättigungskurve folgende Gleichung für die obere Grenzkurve:

$$\log p_s = A - \frac{B^2}{T_s};$$

hierin ist  $T_s$  absolute Sättigungstemperatur des Wasserdampfes beim Druck  $p_s$ .  $A$  und  $B$  sind Festwerte.

Bei Wahl einheitlicher Konstanten  $A$  und  $B$  im Bereich zwischen 20 und 350 ° C deckt sich jedoch diese Gleichung nur zonenweise mit den tatsächlichen, experimentell ermittelten Werten der oberen Grenzkurve. Es wurden daher nach der Clapeyron-Clausius-Gleichung für die Temperaturbereiche 20 bis 100 °, 100 bis 200 ° und 200 bis 350 ° C die bestpassenden Bereichskonstanten eingesetzt, wobei sich folgende Bereichsgleichungen der Grenzkurve<sup>1)</sup> ergaben:

für 20 bis 100 ° C  $A = 5,9778$ ;  
 $B = 2224,4$ ;  
 $\log p_s = 5,9778 - \frac{2224,4}{T_s}$  (at abs) (3)

für 100 bis 200 ° C  $A = 5,6485$ ;  
 $B = 2101,1$ ;  
 $\log p_s = 5,6485 - \frac{2101,1}{T_s}$  (at abs) (4)

für 200 bis 350 ° C  $A = 5,415142$ ;  
 $B = 2010,8$ ;  
 $\log p_s = 5,415142 - \frac{2010,8}{T_s}$  (at abs) (5)

Diese Teilkurven schmiegen sich mit hinreichender Genauigkeit an die Grenzkurve an.

Bei der Tautemperatur  $T_t$  ° abs ist der Teildruck des Wasserdampfes gleich seinem Sättigungsdruck bei dieser Temperatur. Es befolgt demnach  $p_d$  ebenfalls die Funktion der oberen Grenzkurve, wenn als Temperatur für  $T_s$  die Tautemperatur  $T_t$  eingesetzt wird. Man kann demnach aus den Gl. (1) und (2) bzw. (3) bis (5) durch Einsetzen folgende Umformung bilden:

für 20 bis 100 ° C  $\log p_{s_1} = 5,9778 - \frac{2224,4}{T$  ° abs (6)

$\log p_{s_2} = 5,9778 - \frac{2224,4}{T_t$  ° abs (7)

Entsprechendes gilt für die übrigen zwei Temperaturbereiche.

Dann ist

$$q \% = \frac{p_{s_1}}{p_{s_2}} \cdot 100,$$

$$\log q = \log \frac{p_{s_1}}{p_{s_2}} = \log p_{s_1} - \log p_{s_2},$$

$$= A - \frac{B}{T} - A + \frac{B}{T_t} = B \left( \frac{1}{T_t} - \frac{1}{T} \right);$$

$$q \% = 100 \text{ num } \log B \left( \frac{1}{T_t} - \frac{1}{T} \right).$$

Diese Beziehungen können durch zwei Kunstschaltungsteilformeln ausgedrückt und durch eine Zweifachbrücke elektrisch dargestellt werden. Die Hauptwerte dafür berechnen sich folgendermaßen:

für 20 bis 100 ° C  $z_1 = 224,4 \cdot \frac{1}{T_t} = 22,244 \cdot \frac{100}{T_t}$ ;  
 $z_2 = 22,244 \cdot \frac{100}{T}$ .

Die Kunstschaltungsformeln sind hiernach:

$$\frac{z_1}{22,244} = \frac{100}{T_t} \text{ (erste Teilformel),}$$

$$\frac{z_2}{22,244} = \frac{100}{T} \text{ (zweite Teilformel).}$$

Der Wert für die relative Feuchte ist damit darstellbar in der Form:

$$q \% = 100 \text{ n } \log z_1 - z_2,$$

wobei die Differenzbildung  $z_1 - z_2$  als Ohmwert mittels Widerstandsmessung abgelesen werden kann. Die Widerstandsskala wird nach dem 11fachen des num log dieses Ohmwertes geeicht und ermöglicht eine direkte und lineare Anzeige oder Registrierung von  $q$  %.

Es ist ratsam, daß bei einem Betriebsmeßgerät, das stets innerhalb eines bestimmten festliegenden Temperaturbereiches zu messen hat, die Konstanten  $A$  und  $B$  diesem Bereich angepaßt werden.

d) Ausführung des Gerätes

Ein Universalgerät für alle Temperaturbereiche zwischen -10 und +350 ° C enthält sechs Konstanten als feste Widerstände, die über einen Bereichschalter paarweise gewählt werden. Die Meßpunktfolge kann durch entsprechende Einstellung der Wasserventildüse beliebig einreguliert werden. Der Zeigerausschlag des Instruments ist stetig, so daß die Feuchte auch zwischen den einzelnen Meßpunkten angezeigt bzw. registriert wird.

Dank der genügend hohen Einstellkräfte können an Stelle von Fallbügelschreibern auch die wegen der

<sup>1)</sup> Siehe hierzu Schüle, Technische Thermodynamik II, S. 113.  
<sup>2)</sup> Siehe hierzu Schüle, Technische Thermodynamik I, S. 205.

feineren Schreiblinie für hohe Genauigkeiten beliebten Tintenschreiber verwendet werden.

Der lichtelektrische Feuchtemesser hat Vollnetzanschluß mit Ausnahme der kleinen Gitterbatterie von 15 V. Wird das Gerät in Räumen benutzt, deren Temperatur unter oder knapp über der des Leitungswassers liegt, so ist zur Kühlung Kühlsole vorzusehen. In Räumen ohne Kühlsole behilft man sich mit ätherdampfgekühltem Wasser aus der Leitung oder einem Behälter.

Der mechanische Aufbau des Gerätes ist stabil und einfach und entspricht in allem den Anforderungen, die an ein Betriebsmeßgerät zu stellen sind. Das Gerät ist für Fernanzeige geeignet, wenn die Widerstände der Zuleitungen vom Geber zum Anzeigegerät abgeglichen werden.  $L$ ,  $Z$ ,  $R$ ,  $W_2$  sind auf einem gemeinsamen Rahmen montiert und in den Einzelheiten beständig gegen Säuredämpfe und Temperaturen bis 350 °C geschützt. Der Aufbaurahmen ist am Ventil  $V$  befestigt, das als Flansch ausgebildet ist und an der Meßraumwand verschraubt wird.

Das Thyatron  $St$ , die zugehörige Gitterbrücke, Gitterbatterie, die Relais  $T_1$ ,  $T_2$ , die Meßbrücke mit den Funktionsmotoren  $M_f$  und  $M_g$  und die Netzanschlußschaltung sind in einem kleinen Zusatzgerät untergebracht, das beim Anzeigegerät  $G$  etwa hinter der Schalttafel befestigt wird. Als Funktionsmotoren sind zwei Summer mit Sperrklinkengetriebe verwendet. Das Gerät arbeitet ohne jede Wartung.

#### Zusammenfassung

Nach einem kurzen Überblick über den heutigen Stand der Feuchtemessung wird festgestellt, daß ein selbsttätig anzeigender, lichtelektrischer Taupunkt-Feuchtemesser als Betriebsgerät die Betriebsfeuchtemessung um zwei Güteklassen hebt und damit der übrigen neuzeitlichen Betriebsmessung ebenbürtig zur Seite stellt. Die Aufgaben, die bei der Schaffung dieses Geräts zu lösen waren, werden klar herausgestellt und dann einzeln an Hand eines Schaltbildes die Lösung behandelt. Der mechanische Aufbau des Geräts wird besprochen.

## Vorschriften für umhüllte Leitungen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

DK 621.315.33(083.133.3)

### VDE 0252/V. 40

Abweichungen des endgültigen Wortlautes gegenüber dem in ETZ 61 (1940) H. 4, S. 95 veröffentlichten Entwurf

#### § 1

Geltungsbeginn

Diese Vorschriften treten am 1. Juli 1940 in Kraft<sup>1)</sup>.

#### § 2

Geltungsbereich. Verwendung der Leitungen

b) Wetterfeste Leitungen dienen zur Verwendung für Freileitungen oder für Installationen im Freien in Fernmelde- und Starkstromanlagen. Die Umhüllung dient nur als Korrosionsschutz des Leiters.

Unter II. „Bau und Prüfung der Leitungen“ wird ein neuer § 3 mit nachstehendem Wortlaut eingefügt:

#### § 3

Allgemeine Kennzeichnung

Die Leitungen müssen einen der Herstellerfirma als Warenzeichen (Ursprungszeichen) eingetragenen Firmennamen enthalten, durch den ersichtlich gemacht wird, von welchem Werk die Leitungen hergestellt sind.

Für umhüllte Leitungen wird durch die Prüfstelle des VDE auf Grund eines besonderen Verfahrens der einfadige, schwarz-rot bedruckte Kennfaden des VDE zugewiesen.

Kennfäden müssen unmittelbar unter der Beflechtung bzw. bei Leitungen mit Bleimantel unmittelbar unter dem Bleimantel eingelegt sein.

Die Farben der Kennfäden, die infolge der Tränkung der Umhüllung nicht deutlich zu unterscheiden sind, müssen nach Abwaschen mit Benzin oder Benzol erkennbar sein.

Die bisherigen §§ 3 bis 9 werden 4 bis 10.

#### § 4 (bisher § 3)

Beschaffenheit der Leiter

a) Baustoff und Aufbau der Leiter von wetterfesten Leitungen müssen

bei Verwendung von Freileitungen in Fernmeldeanlagen DIN VDE 8300 „Fernmelde-Freileitungen, Drähte“, . . . bei Verwendung für Freileitungen in Starkstromanlagen . . . (weiterer Text wie bisher).

#### § 5 (bisher § 4)

Beschaffenheit der Umhüllung

a) Die Umhüllung der wetterfesten Leitungen (siehe §§ 5 und 6) muß gut am Leiter haften; beim Einziehen der Nulleiter-Leitungen NLC und NLA (siehe § 9) in Rohr darf sich die Umhüllung nicht zurückstreifen.

b) Die Umhüllung muß vollkommen durchtränkt sein.

### B. Wetterfeste Leitungen

#### § 6 (bisher § 5)

Rote wetterfeste Leitungen

a) Bezeichnung:

PLWC rot (mit Kupferleiter),  
PLWB rot (mit Bronzeleiter),  
PLWA rot (mit Aluminiumleiter),  
PLWald rot (mit Aldreyleiter).

b) und c) wie bisher.

#### § 7 (bisher § 6)

Schwarze wetterfeste Leitungen

a) Bezeichnung:

PLWC schwarz (mit Kupferleiter),  
PLWB schwarz (mit Bronzeleiter),  
PLWA schwarz (mit Aluminiumleiter),  
PLWald schwarz (mit Aldreyleiter).

b) und c) wie bisher.

#### § 8 (bisher § 7)

Prüfung der wetterfesten Leitungen

b) Wärmeprüfung

1. Schmelzprüfung

Zwei Probestücke von je mindestens 30 cm Länge werden an beiden Enden auf je 5 cm Länge von der Umhüllung befreit und auf der ganzen Länge mit weißem satinierten Papier mit Überlappung umwickelt. Die so vorbereiteten Prüfstücke werden in waagerechter Lage 2 h lang bei 50° im Wärmeschrank aufgehängt. Nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank und einer Abkühlungsdauer von 3 h darf das Papier nicht an der Imprägnierung festkleben und die Imprägnierung nicht in das Papier eingedrungen sein.

2. Abtropfprüfung

Text wie bisher.

c) Wickelprüfung

1. Prüfung bei 20° (Raumtemperatur)

Zwei Probestücke werden um einen Dorn gewickelt. Der Durchmesser des Dornes ist bei Leitungen mit Nennquerschnitten bis 4 mm<sup>2</sup> = dem 5-fachen Durchmesser mit Nennquerschnitten von 4 bis 25 mm<sup>2</sup> = dem 8-fachen Durchmesser mit Nennquerschnitten über 25 mm<sup>2</sup> = dem 10-fachen Durchmesser

der zu prüfenden Leitung. Dabei darf die imprägnierte Beflechtung nicht brechen.

2. Prüfung bei -10°

Zwei Probestücke werden wie unter c) 1. angegeben um einen Dorn gewickelt und 2 h lang im Kälteschrank bei -10° gelagert. Nach Wiedererwärmung auf Raumtemperatur während 3 h werden die Prüfstücke gerade gerichtet, wobei die Imprägnierung nicht abblättern oder Risse erhalten darf.

d) Prüfung auf Dichtigkeit der Umhüllung

Text wie bisher.

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1940.

## FÜR DEN JUNGEN INGENIEUR

### Selbsttätige Regelung mit Stromrichtern

Von Fr. Hölters VDE, Berlin

DK 621.314.58.077.65 : 621.316.72

**Übersicht\*).** Die Bauteile einer Stromrichter-Regelanlage sind grundsätzlich immer dieselben. Sie weisen jedoch je nach den Anforderungen, die an die Genauigkeit und die Geschwindigkeit der Regelung gestellt werden, und je nach der zu regelnden Betriebsgröße sehr voneinander abweichende Ausführungsformen auf. Die Vielzahl der Gittersteuerverfahren ermöglicht es, auf mannigfaltige Weise in die Regelung einzugreifen und gestattet die Verwendung der verschiedensten Reglerformen. Dank der Trägheitslosigkeit der Steuerung und der geringen für die Steuerung benötigten Leistung läßt sich auch die schwierigste Regelforderung erfüllen. Dies wird an einigen Beispielen erläutert.

#### Einleitung

Die Betrachtung der selbsttätigen Regelung mit Stromrichtern wird insofern eine Einschränkung erfahren, als nur die selbsttätige Regelung durch die Gittersteuerung behandelt werden soll. Diese ist die weitaus häufigste und dem Stromrichter als einem trägheitslosen Schalter und Verstärker am besten angepaßte Regelung.

Die Gittersteuerung hat dem Stromrichter weite Anwendungsgebiete erschlossen und zu seiner Verbreitung wesentlich beigetragen. Neben dem gittergesteuerten Gleichrichter sind als neue Stromrichterbetriebsarten der Wechselrichter und der Umrichter entstanden. Auch für die Lösung von Regelaufgaben ist der gittergesteuerte Stromrichter sehr gut geeignet. Er verankert dies in der Hauptsache der Trägheitslosigkeit der Steuerung, der geringen für die Gitter benötigten Steuerleistung und der Möglichkeit, mit einfachen Mitteln schwierige Regelaufgaben zu erfüllen, insbesondere auch mehrere Regeleinflüsse zu überlagern.

#### A. Bauteile einer selbsttätigen Stromrichterregelanlage

Es soll nun kurz auf die Bauteile einer selbsttätigen Stromrichterregelanlage eingegangen werden. Letztere besteht aus der eigentlichen Stromrichteranlage und dem Regler (Bild 1).

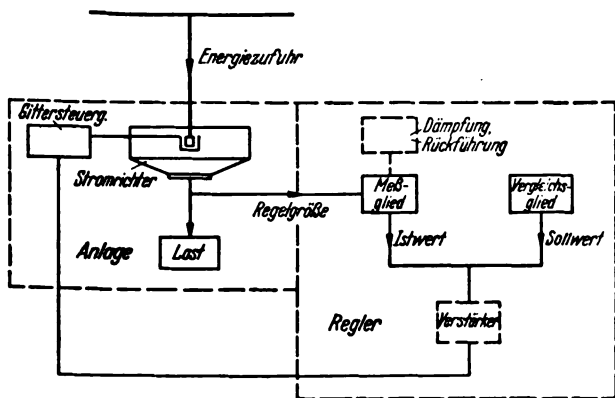


Bild 1. Selbsttätige Stromrichter-Regelanlage.

#### 1. Die Stromrichteranlage

Diese ist gekennzeichnet durch äußere Energiezufuhr, z. B. vom Drehstromnetz über den Stromrichtertransformator, dem Stromrichter als ruhendem Energie-

\*) Auszug aus einem Vortrag, gehalten am 21. 6. 1939 in der Arbeitsgemeinschaft „Stromrichter“ des VDE Bezirk Berlin.

umformer und der Energieabgabe zum Verbraucher, z. B. einem Gleichstrommotor. Die Anlage enthält mehrere Betriebsgrößen, wie Gleichspannung, Gleichstrom, abgegebene Leistung oder Drehzahl eines Gleichstrommotors. Eine dieser Betriebsgrößen, die Regelgröße, soll entsprechend der Regelvorschrift unabhängig von der Änderung einer anderen Betriebsgröße, der Belastung geregelt werden. So soll die Regelung auf konstante Gleichspannung unabhängig von der Größe des Gleichstromes oder Regelung auf konstante Drehzahl eines Motors unabhängig von der Größe des Lastmomentes vor sich gehen. Die Regelung erfolgt durch Eingriff in das Steuerglied, das ist hierbei die Gittersteuerung, die durch Änderung des Zündpunktes eine Änderung der Gleichspannung und damit der zu regelnden Betriebsgröße bewirkt.

#### 2. Der Regler

Die wichtigsten Teile des Reglers sind das Meßglied und das Vergleichsglied. Das Meßglied hat die Aufgabe, die Regelgröße der Anlage zu messen. Diese wird dabei oft in eine andere physikalische Größe umgewandelt, z. B. Umwandlung der Drehzahl eines Motors in eine Spannung mit Hilfe einer Drehzahldynamo, oder Umwandlung der Gleichspannung eines Stromrichters in eine Kraft mit Hilfe einer Magnetspule. Der vom Meßglied gelieferte Istwert der Regelgröße wird mit einem konstanten Sollwert, der von dem Vergleichsglied geliefert wird, verglichen. Als Vergleichsglied kann beispielsweise eine Trockenbatterie verwendet werden, wenn der Istwert eine Gleichspannung darstellt, oder eine Federkraft, wenn der Istwert eine Kraft ist. Die Abweichung des Istwertes vom Sollwert wird verstärkt oder unverstärkt dem Steuerglied, d. h. der Gittersteuerung, zugeführt. Bewirkt das Meßglied selbst die Änderung der Gittersteuerung, so spricht man von einem direkten Regler, erfolgt die Betätigung über einen Verstärker, so spricht man von einem indirekten Regler. Die direkte Regelung stößt bei mechanischen Reglern wegen der erforderlichen großen Verstellkräfte oft auf Schwierigkeiten, während sie bei der Regelung von Stromrichtern infolge der geringen erforderlichen Steuerleistung noch durchführbar ist, wo mechanische Regler bereits versagen würden. Sie ist jedoch meist nur bei einfachen Regelaufgaben und geringen Anforderungen an die Genauigkeit anwendbar. Bei großen Anforderungen an den Regler wird immer ein Verstärker notwendig sein.

Sind in der Anlage und in dem Regler Trägheiten vorhanden, so ist eine Dämpfung oder Rückführung vorzusehen, um ein Überregeln und Pendeln des Reglers zu verhindern. Bei rein elektrischen Reglern lassen sich Dämpfung und Rückführung auf einfache Weise mit Hilfe von Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten herstellen und leicht verändern.

Der Regler kann nun so ausgeführt sein, daß zu jeder Abweichung des Istwertes vom Sollwert ein bestimmter Wert am Ausgang des Reglers gehört; man spricht dann von einem statischen Regler. Ist dagegen der Ausgangswert des Reglers unabhängig von der Größe der Abweichung des Istwertes vom Sollwert, so spricht man von einem astatischen Regler. Bei der Benutzung von Röhrenreglern mit Röhrenverstärkern besteht die Möglichkeit, die Statik des Reglers durch Änderung der

Verstärkung zu beeinflussen und so weit zu verringern, daß die Kennlinie des statischen Reglers praktisch in die des astatischen Reglers übergeht.

### B. Ausführungsform der Einzelteile und ihr Einfluß auf die Regelung

Es sollen nun die einzelnen Teile der Stromrichterregelanlage, ihre verschiedenen Ausführungsformen und ihr Einfluß auf die Regelung näher besprochen werden, und zwar die Gittersteuerungsverfahren, der Lastkreis und der Regler.

#### 1. Stromrichter und Gittersteuerung

Die Gittersteuerung gestattet eine stetige, trägheitslose Änderung der Gleichspannung durch Phasenverschiebung des Zündpunktes der Anodenwechselspannung von 100 % (Gleichrichterbetrieb) auf etwa minus 90 % (Wechselrichterbetrieb). Eine Umkehr der Spannungsrichtung ist demnach mit einem Stromrichtergefäß möglich, eine Umkehr der Stromrichtung infolge der Ventilwirkung des Gefäßes jedoch nicht. Die Steuerung ist ihrem Wesen nach rein elektrisch und arbeitet ohne Verwendung von Schaltkontakten. Die Steuerleistungen liegen in der Größenordnung von 100 W.

##### a. Wichtigste Gittersteuerungsverfahren

Es gibt nun verschiedene Verfahren der Gittersteuerung, die sich sowohl auf die Erzeugung der Gitterimpulse als auch auf deren zeitliche Verschiebung erstrecken. Entsprechend müssen auch die Regler verschieden ausgebildet sein. Die wichtigsten Steuerungsverfahren für Stromrichter seien kurz gestreift. Die Gitterimpulse können dabei mechanisch oder rein elektrisch erzeugt werden. Sie haben im allgemeinen dieselbe Frequenz wie die Anodenspannung. Die mechanischen Gittersteuerungsverfahren haben in letzter Zeit an Bedeutung stark verloren.

**G. W. Müller-Steuerung.** Die Verschiebung des Zündensatzes erfolgt durch Überlagerung einer positiven oder negativen Gleichspannung über die sinusförmige Gitterwechselspannung. Dadurch wird der Nulldurchgang der Gesamtspannung und damit der Zündpunkt verschoben.

**Amplitudensteuerung.** Durch Änderung der Amplitude der Gitterwechselspannung kann man ebenfalls in gewissen Grenzen eine geringe Phasenverschiebung des Zündpunktes erzielen.

**Schubsteuerung (Toulonsteuerung).** Die Spannungsregelung erfolgt durch Phasenverschiebung der beispielsweise sinusförmigen Gitterwechselspannung, z. B. mit Hilfe von vormagnetisierten Drosseln, Brückenschaltungen, meist aber durch mechanische Verstellung von Drehreglern, die den Gitterkreis speisen. Die Verstellkräfte sind gering. Die Genauigkeit der Steuerung wird durch den schrägen Schnitt der Sinuskurve mit der Zündkennlinie bestimmt.

Zur Verbesserung der Zündgenauigkeit kann man statt der sinusförmigen Spannung eine Stoßspannung an das Gitter legen und erhält dadurch einen steilen Schnitt mit der Zündkennlinie. Diese Stoßspannung kann man z. B. auf magnetischem Wege erzeugen, indem man die vom Drehregler gelieferten sinusförmigen Spannungen mit Hilfe von Sättigungswandlern in Spannungen mit steilen Flanken verwandelt. Dieses Verfahren ist für die selbsttätige Regelung äußerst wichtig, da man durch Vormagnetisierung mit Gleichstrom den Sättigungspunkt und damit die Phase des Spannungsstoßes in gewissen Grenzen verschieben kann. Bei den jetzt in Anwendung kommenden Sättigungswandlern kann man Verschiebungen der Zündimpulse von  $\pm 30^\circ$  erreichen, ohne daß dadurch die Größe der Impulse allzu geringe Werte an-

nimmt. Die für die Vormagnetisierung erforderlichen Leistungen betragen etwa 20 bis 30 W.

**Röhrensteuerung.** Diese ist eine für die selbsttätige Regelung besonders geeignete Form der Stoßsteuerung. Die Gitterimpulse für die Stromrichter werden dabei durch die Zündung kleiner Hilfsgefäße geliefert, die ihrerseits meist mit sinusförmigen Spannungen gesteuert werden, da sie gleichmäßig belastet sind und keine starken Änderungen der Zündkennlinie vorkommen. Die Änderung der Phasenlage der Gitterimpulse für die Hauptgefäße wird durch Änderung des Zündpunktes der Hilfsgefäße erreicht, für die entweder die bisher beschriebenen Gittersteuerungsverfahren angewandt werden, oder aber es wird die Phasenlage der die Röhrensteuerung speisenden Wechselspannung mittels eines Drehreglers verschoben.

##### b. Beurteilung der Gittersteuerungsverfahren

Aus den oben beschriebenen Gittersteuerungsverfahren geht hervor, daß es sehr viele Möglichkeiten gibt, einen Stromrichter mit Hilfe der Gittersteuerung von einem Regler zu beeinflussen, und daß der Stromrichter daher zur Lösung mannigfaltiger Regelaufgaben geeignet ist. Folgende Gittersteuerungsverfahren haben größere Bedeutung erlangt:

#### I. Schubsteuerung

- a. mit Drehreglern, mit und ohne Verwendung von Sättigungswandlern,
- b. Steuerung mit vormagnetisierten Sättigungswandlern,
- c. Röhrensteuerung.

#### II. G. W. Müller-Steuerung.

Die Drehreglersteuerung nach Ia erfordert eine mechanische Verstellung der Drehregler mit Hilfe eines Antriebsmotors. Sie ist daher in ihrer Regelgeschwindigkeit und Regelgenauigkeit durch Reibung und Massenträgheit begrenzt und meist nur für eine indirekte Regelung geeignet. Der Verstellmotor wird dann von dem Meßglied des Reglers gesteuert.

Die Steuerung mit vormagnetisierten Gittertransformatoren entsprechend Ib gestattet, die Gleichspannung nur in einem bestimmten Bereich zu verändern. Sie besitzt infolge des Einwirkens auf magnetische Kreise eine gewisse Trägheit, ist aber als rein elektrische Steuerung wesentlich schneller und empfindlicher als die Drehreglersteuerung. Wegen des geringen Leistungsbedarfs ist sie für direkte Regelung zu verwenden.

Die Trägheitslosigkeit der Röhrensteuerung nach Ic und der große Vorteil des geringen Leistungsbedarfs für die Steuerung der Hilfsröhren macht diese für die Feinregelung großer Leistungen und für schwierige Regelforderungen geeignet. Ein gewisser Nachteil ist die begrenzte Lebensdauer der Steuerröhren.

Die G. W. Müller-Steuerung entsprechend II ist praktisch trägheitslos, hat aber nur Bedeutung für die Steuerung kleinerer Leistungen und als Hilfsröhrensteuerung.

Die Steuerungsverfahren mit Vormagnetisierung und die G. W. Müller-Steuerung haben den großen Vorteil, alle beweglichen und dem Verschleiß unterworfenen Teile zu vermeiden.

#### 2. Der Lastkreis

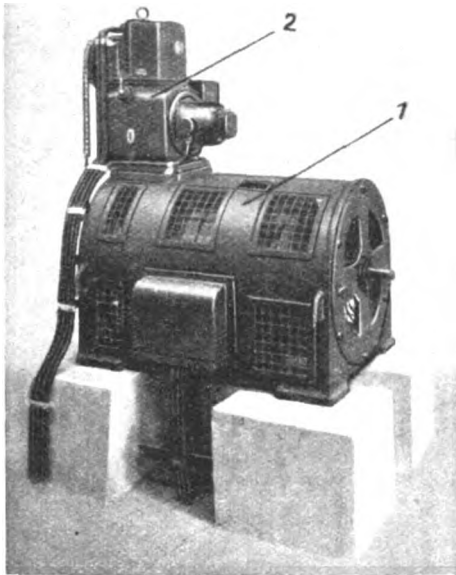
Wir haben nun gesehen, daß die Gittersteuerung als rein elektrische Steuerung fast trägheitslos arbeitet, daß aber die verschiedenen Gittersteuerungsverfahren zum Teil geringe Trägheiten enthalten. Wesentlich größer sind meist die im Lastkreis vorkommenden Trägheiten. Hier sind die in vielen Fällen vorhandene Kathodendrossel und die Trägheit der Last selbst zu nennen. Diese sind je nach der Art der Belastung das Trägheitsmoment eines Motorankers, die Feldträgheit, die Wärmeträgheit u. a.

### 3. Der Regler

Entsprechend der Vielseitigkeit der Gittersteuerverfahren ergeben sich auch für den Regler viele Ausführungsmöglichkeiten. Die wichtigsten Regler seien kurz allgemein beschrieben. Die besondere Ausbildung richtet sich nach der vorgegebenen Regelvorschrift. Die Regler sind zum Teil elektrisch-mechanische Regler oder rein elektrische Regler.

#### a. Öldruckregler (Thomaregler)

Bei der Drehreglersteuerung kann, wie bereits gesagt, die Regelleistung meist nicht vom Meßglied selbst geliefert werden; es ist vielmehr ein Verstärker erforderlich. Daher wird oft der Thomaregler verwendet. Bei diesem wird durch einen vom Meßglied gesteuerten Ölstrom eine Drehung des Verstellmotors in der einen oder anderen Richtung bewirkt (hydraulischer Verstärker). Die für das Meßglied benötigten Leistungen betragen nur einige W. Der Verstellmotor ist mit dem Gitterdrehregler gekuppelt und verändert dadurch die Gleichspannung (Bild 2). Die Regelung erfolgt stetig ohne Betätigung



1 Summendreher 2 Öldruckregler

Bild 2. Summendreher mit selbsttätigem Öldruckregler.

von Kontakten. Die Regelgeschwindigkeit ist durch die Massenträgheit begrenzt. Die Ansprechempfindlichkeit und Genauigkeit des Reglers ist durch die Reibung der beweglichen Teile und die Konstanz der elektrischen Daten der Meßspule bestimmt.

#### b. Kohleldruckregler

Beim Kohleldruckregler wird durch das Meßglied, etwa eine Magnetspule, der Widerstand einer Kohlesäule durch Veränderung einer Druckkraft beeinflusst. Dieser Regler ist daher für die Gittersteuerung mit vormagnetisierten Gittertransformatoren geeignet, indem man in den Vormagnetisierungskreis den Kohlewiderstand des Kohleldruckreglers legt und die Gleichspannung durch Änderung des Widerstandes und damit der Vormagnetisierung verändert wird. Die Genauigkeit des Reglers entspricht etwa der des Thomareglers.

#### c. Wälzregler

Beim Wälzregler wird durch das Meßglied die Größe eines Widerstandes durch Abwälzen eines Kontaktes auf dem Widerstandskörper verändert. Auch mit diesem Regler könnte man mit der Vormagnetisierung im Gitterkreis oder nach G. W. Müller arbeiten.

### d. Röhrenregler

Bei Röhrenreglern wird die vom Meß- und Vergleichs-glied gelieferte Differenz auf das Gitter eines ein- oder mehrstufigen Gleichstromverstärkers gegeben und die am Ausgang des Verstärkers vorhandene Spannung für die Gittersteuerung des Stromrichters verwendet. Beim Röhrenregler werden also alle mechanischen Glieder vermieden und die Regelung im Gegensatz zu den vorher erwähnten elektrisch-mechanischen Reglern rein elektrisch durchgeführt. Dies bringt eine große Regelgeschwindigkeit und durch die Verwendung von Röhrenverstärkern außerdem eine hohe Regelgenauigkeit mit sich. Während bei den elektrisch-mechanischen Reglern infolge der Reibung ein gewisser Unempfindlichkeitsgrad vorhanden ist, der bei guten Reglern unter  $\pm 0,5$  bis  $\pm 0,3$  % liegt, fällt dieser beim Röhrenregler praktisch weg; er ist durch die äußerst geringe Störanfälligkeit des Verstärkers gegeben. Der Röhrenregler wird daher vorteilhaft für besonders schwierige Regelaufgaben verwendet.

Das Meßglied kann wegen der für die Gittersteuerung der Verstärkerröhren benötigten geringen Leistung sehr klein gehalten werden. Es können daher für dieses auch Photozellen verwendet und damit alle Rückwirkungen des Meßgliedes auf die Regelgröße vermieden werden, was unter Umständen wichtig sein kann. Um die Vorteile des Röhrenreglers voll auszunutzen, wird man auch die Gittersteuerung mit Hilfe der Röhrensteuerung vornehmen. Die Kombination des Röhrenreglers mit der Röhrensteuerung stellt eine natürliche Ergänzung des Stromrichters dar, die wie dieser ohne Kontakte und praktisch trägheitslos arbeitet. In diesem Fall kann man von einer rein elektrischen Regelung sprechen, während fast alle anderen Regelungsverfahren Kontakte und mechanische Glieder enthalten.

### C. Beispiele und Ausführungen

Mit Hilfe der bereits erwähnten Möglichkeiten der Gittersteuerung und der Reglerformen können praktisch beliebige Regelaufgaben gelöst werden. Die zweckmäßigste Ausführung ist von Fall zu Fall zu entscheiden. Es sollen nun einige Beispiele und Ausführungen für bestimmte Regelaufgaben besprochen werden, und zwar die Regelung von Gleichstromnetzen, von Elektrolyseanlagen und von Maschinen, die von Stromrichtern gespeist werden.

#### 1. Regelung von Gleichstromnetzen

Die vom Stromrichter abgegebene Gleichspannung nimmt mit zunehmender Belastung ab, hauptsächlich infolge des induktiven und ohmschen Abfalls des Transformators. In vielen Fällen, z. B. bei Speisung von Licht-, Kraft- oder Bahnnetzen, ist es erwünscht, der Ausgangsspannung des Stromrichters abhängig vom Laststrom einen bestimmten vorgeschriebenen Verlauf zu geben. Es ist dies in einfacher Weise dadurch möglich, daß man den abgegebenen Gleichstrom zur Vormagnetisierung der Gittersättigungswandler benutzt, da man in diesem Fall nur einen begrenzten Spannungsbereich auszuregulieren braucht. Die erhaltenen Kennlinien sind meist etwas gekrümmt; dies ist aber unwesentlich, da die Anforderungen an die Regelgenauigkeit meist nicht sehr hoch sind. Der Einfluß der Spannungsschwankungen auf der Drehstromseite wird von der Regelung nicht erfaßt. Es lassen sich mit dieser Anordnung Über- und Untercompoundierungen der Gleichspannung erreichen.

#### 2. Regelung von Elektrolyseanlagen

Bei Elektrolyseanlagen werden die Bäder von mehreren parallel arbeitenden Stromrichtergefäßen gespeist, und es besteht oft die Aufgabe, den den Bädern zugeführten Gesamtstrom konstant zu halten. Da keine allzu großen Anforderungen an die Regelgenauigkeit und die Regelgeschwindigkeit gestellt werden, genügt meist ein elektromechanischer Regler, also z. B. ein Thomaregler, zur Er-



füllung der Regelbedingungen. Die Genauigkeit der Regelung beträgt etwa 1 % bei Stromregelung. Einen Schaltplan für die Stromregelung zeigt Bild 3. Von der Oberspannungsschiene geht es über Schalter, Transformatoren *T* und Gleichrichter *G* zu den Gleichstromschienen, an denen das Bad *R* liegt. Die Gleichrichter werden von Einzeldrehreglern *DR* gesteuert, die von einem Summendreher *SDR* gespeist werden. Der Badstrom wird mit einem

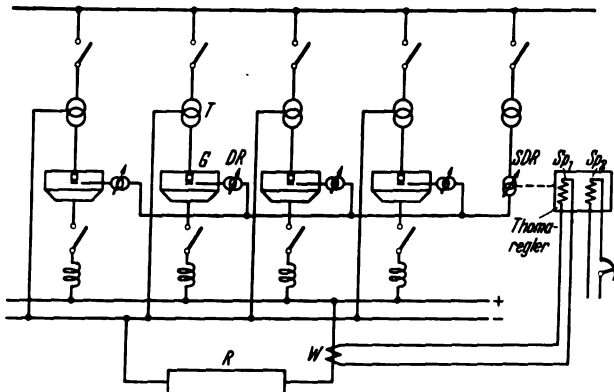


Bild 3. Stromregelung einer Elektrolyseanlage.

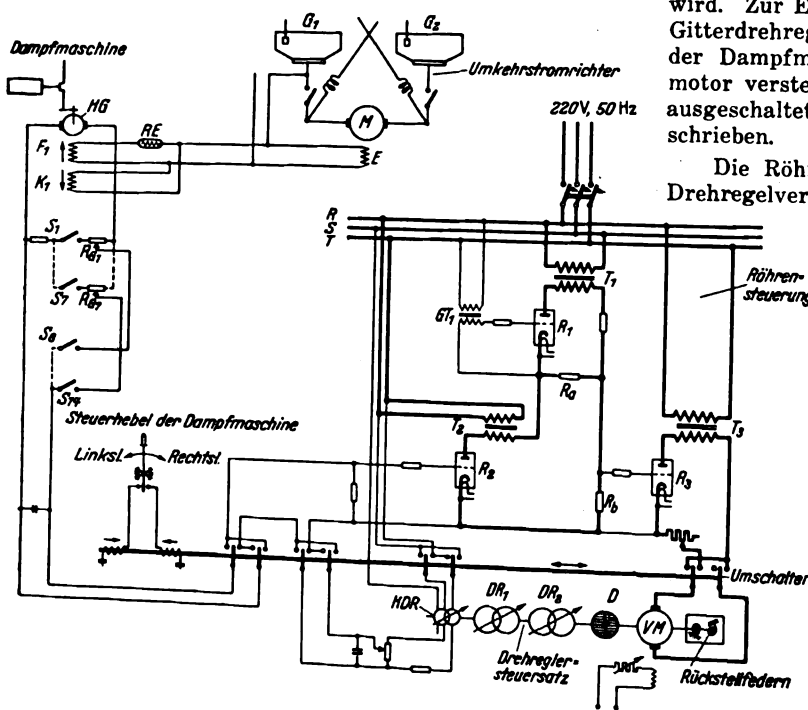
Gleichstromwandler *W* gemessen, der die Meßspule *Sp*, des Thomareglers speist. Der Thomaregler stellt den Summendreher, während die Einzeldrehregler die Lastverteilung auf die verschiedenen Gleichrichter bestimmen und zur Ein- und Ausschaltung der parallel arbeitenden Gruppen dienen. Das Hochfahren der Bäder kann mit Hilfe einer zweiten Spule *Sp*, erfolgen, deren Strom von einem konstanten Wert bis auf Null herunterregelt wird. Der Regler arbeitet dann so, daß der Strom in *Sp*, also auch der Badstrom, von Null auf den konstanten zu regelnden Wert ansteigt.

### 3. Regelung von Maschinen

Bei der Regelung von Maschinen ist zwischen der Regelung im Ankerkreis und der Regelung im Feldkreis zu unterscheiden.

#### a. Regelung im Ankerkreis

Unter den Regelungen im Ankerkreis ist der am häufigsten vorkommende Fall die Drehzahlregelung.



- D* Öldämpfung
- DR*, *DR*, Hauptdrehregler
- E* Erregung des Walzmotors
- F*, *F*, konstantes Hauptfeld von *HG*
- G*, *G*, Stromrichtergefäße
- GT*, Gitterumspanner
- HDR* Hilfsdrehregler
- HG* Hilfsstromerzeuger
- K*, Gegenfeld
- M* Senkrechtwalzmotor
- R*, *R*, Hilfsröhren
- R*, Schältröhre
- RE* Eisenwasserstoff-Widerstand
- RG*, ... *RG*, Spannungsteiler
- S*, ... *S*, Schalter
- T*, *T*, *T*, Anodenumspanner
- VM* Verstellmotor

Bild 4. Schaltung des Gleichlaufreglers.

Hierbei kann sowohl verlangt werden, daß die Drehzahl mit einer gewissen Genauigkeit konstant gehalten wird, oder aber, daß sie mit der veränderlichen Drehzahl eines zweiten Motors genau übereinstimmen soll (Gleichlaufregelung). Der Fall der Drehzahlkonstanz liegt oft bei Lüfterantrieben, Prüffeld-, Laboratoriums- und Eich-einrichtungen vor, Gleichlaufregelungen werden bei Walzenstraßen-, Papiermaschinenantrieben u. ä. verlangt.

Grundsätzlich wird bei der Drehzahlregelung die Drehzahl mit Hilfe einer Gleich- oder Wechselstrom-Drehzahl-dynamo gemessen. Als Maß dient entweder die Größe der Spannung oder aber die Frequenz. Entsprechend wird als Vergleichsglied entweder eine Spannung, eine Vergleichsdrehzahl bzw. Frequenz oder ein Resonanzkreis, der auf die Sollfrequenz abgestimmt ist, verwendet. Die Messung der Spannung der Wechselstrom-Drehzahl-dynamo kann als Effektivwertmessung, Mittelwertmessung nach Gleichrichtung der Wechselspannung oder Scheitelwertmessung erfolgen. Die beiden ersten Verfahren bringen naturgemäß gewisse Trägheiten mit sich. Bei der Mittelwertmessung ist eine um so bessere Glättung erforderlich, je größer die verlangte Regelgenauigkeit ist. Die Messung oder Umwandlung in eine Gleichspannung hat den Vorteil, daß man durch Überlagern anderer Gleichspannungen auf einfachste Art und Weise mehrere Regelvorgänge überlagern kann.

Es sei nun zunächst eine Gleichlaufregelung für eine Universalwalzenstraße erläutert. Beim Streifenwalzen durchläuft das Walzgut gleichzeitig die hintereinander liegenden Waagrecht- und Senkrechtwalzen. Die Waagrechtwalzen werden von einer Dampfmaschine mit etwa 10 000 PS angetrieben und die Senkrecht-Stauchwalzen von zwei Gleichstrom-Nebenschlußmotoren von je 120 kW. Um ein Rutschen und Verformen des Walzgutes bei dem gleichzeitigen Durchlaufen durch beide Walzen zu vermeiden, ist die Drehzahl der Senkrechtwalzen abhängig von der Drehzahl der Waagrechtwalzen so zu regeln, daß ein angenäherter Gleichlauf beider Walzen erreicht wird. Dabei ist die verschiedene Streckung des Walzgutes in den einzelnen Stichen und die Walzrichtung wegen des Umkehrbetriebes zu berücksichtigen.

Die Gleichstrommotoren der Senkrechtwalzen werden von einem Umkehrstromrichter gespeist, dessen Spannung ausschließlich durch die Gittersteuerung mit Hilfe zweier mechanisch gekuppelter Drehregler geregelt wird. Zur Erfüllung der Gleichlaufbedingung werden die Gitterdrehregler der beiden Gefäße in Abhängigkeit von der Dampfmaschinendrehzahl von einem kleinen Hilfsmotor verstellt, der von einer Röhrensteuerung ein- und ausgeschaltet wird. Die Schaltung sei an Bild 4 kurz beschrieben.

Die Röhre *R*, dient zum Ein- und Ausschalten des Drehregelverstellmotors *VM*, während die kleineren Röh-

ren  $R_1$  und  $R_2$ , lediglich eine genaue Steuerung der Schalteröhre  $R_3$ , bewirken sollen. Die Drehzahl der Dampfmaschine wird durch einen kleinen Drehzahlgenerator  $HG$  in eine verhältnismäßige Gleichspannung umgewandelt und dem Gitterkreis der Steuerröhre  $R_2$  zugeführt. Entsprechend dem gewünschten Drehzahlverhältnis zwischen Waagrecht- und Senkrechtwalzen wird die Gleichspannung an den Potentiometerwiderständen  $R_{G1}$  bis  $R_{G7}$  abgegriffen, die für jeden Stich auf einen gewissen festen Wert eingestellt und mit Hilfe der Schalter  $S_1$  bis  $S_{14}$  in den Gitterkreis eingeschaltet werden. Die Röhrensteuerung arbeitet nun derart, daß jeder Dampfmaschinendrehzahl eine bestimmte Stellung der Gitterdrehregler  $DR_1$  und  $DR_2$  und damit Gleichspannung und Motordrehzahl zugeordnet ist. Nimmt die Dampfmaschinendrehzahl zu, so wird  $R_3$  eingeschaltet, und der Verstellmotor verdreht die Gitterdrehregler entgegen dem Moment der Rückstellfedern im Sinne zunehmender Gleichspannung. Nimmt die Dampfmaschinendrehzahl ab, so ist  $R_3$  stromlos, und der Verstellmotor wird durch die Rückstellfedern im Sinne abnehmender Gleichspannung in Richtung der Nullstellung zurückgedreht. Bei konstanter Dampfmaschinendrehzahl wird  $R_3$  dauernd ein- und ausgeschaltet, und die Gitterdrehregler pendeln um einen festen Verstellwinkel. Die Amplituden der Pendelungen des Reglers sind so gering, daß sie in der Gleichspannung nicht in Erscheinung treten. Die Frequenz beträgt bei richtiger Abgleichung der Verstellkräfte und Dämpfung etwa 10 bis 15 Hz.

Werden an die Drehzahlregelung besonders hohe Anforderungen gestellt, so wird man zu einer Röhrensteuerung mit Röhrenregler übergehen. Dies sei an Hand einer ausgeführten Anlage, die eine Drehzahlregelung von  $\pm 1\%$  für einen 10 000 kW-Gleichstrommotor ermöglichte, erläutert. Die Drehzahl des Motors sollte selbst bei plötzlichen Laständerungen und Schwankungen der Drehstromspannung eingehalten werden.

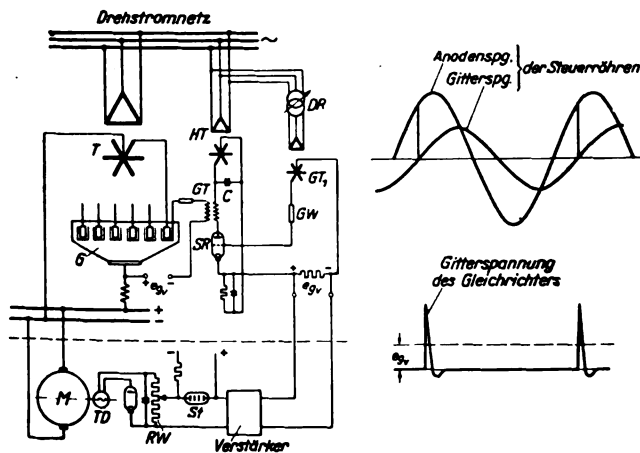


Bild 5. Röhrenregler und Röhrensteuerung zur Drehzahlregelung eines Gleichstrommotors.

Der zu regelnde Motor  $M$  (Bild 5) wird über den Gleichrichter  $G$  vom Stromrichtertransformator  $T$  gespeist. Die Gitterimpulse werden von Steuerröhren  $SR$  geliefert, die ihrerseits durch sinusförmige Spannungen des Gittertransformators  $GT$ , und die negative Vorspannung  $e_{pv}$  nach dem G. W. Müller-Prinzip geregelt werden. Zündet eine Röhre  $SR$ , so entsteht an dem Gittertransformator  $GT$  ein Spannungsstoß, der auf das dazugehörige Gitter des Gleichrichters weitergegeben wird, wie es auch die Kurven in Bild 5 darstellen. Die Drehzahl wird mit Hilfe einer Drehzahl-dynamo  $TD$  in eine verhältnismäßige Wechselspannung umgeformt. Diese wird nach Gleichrichtung und Glättung mit einer konstanten Gegenspannung (Sollwert), die einer Stabilisatorröhre  $St$  entnommen wird, verglichen, und die Differenz wirkt auf

einen Verstärker ein, dessen Ausgangsspannung nach G. W. Müller den Zündpunkt der Steuerröhren verschiebt. Der Verstärker besteht aus Vor- und Kraftverstärker mit einer etwa 1200fachen Verstärkung. Ist nun die Motordrehzahl zu hoch, so wird die Ausgangsspannung des Verstärkers und damit die negative Vorspannung im Gitterkreis der Steuerröhren vergrößert. Die Zündung wird verzögert und die Gleichspannung des Stromrichters verringert. Der Regler arbeitet, abgesehen von den geringen Trägheiten der Glättungsmittel, vollständig trägheitslos. Die Regelung ist statisch, der Ungleichförmigkeitsgrad infolge der großen Regelgenauigkeit von  $1\%$  jedoch sehr klein.

b. Regelung im Feldkreis

Nach demselben Prinzip wie die besprochene Drehzahlregelung kann auch eine Spannungsregelung von Generatoren durchgeführt werden, indem statt der Spannung der Drehzahl-dynamo unmittelbar die Spannung des zu regelnden Generators gemessen wird. Bezüglich des Meßgliedes gilt dasselbe wie bei der Drehzahlregelung. Die Spannung wird wie bei der Drehzahlregelung gemessen, geglättet, verstärkt und auf die Gittersteuerung gegeben. Diese regelt die Gleichspannung des Stromrichters, der die Erregerwicklung speist.

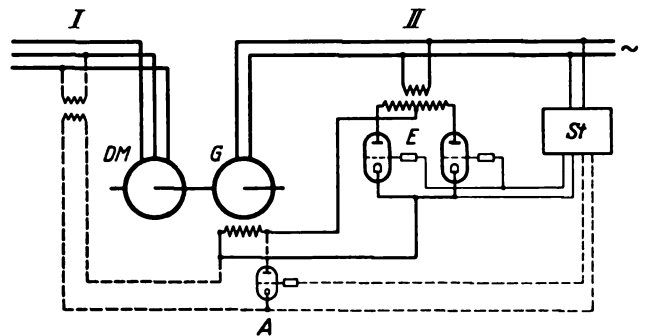


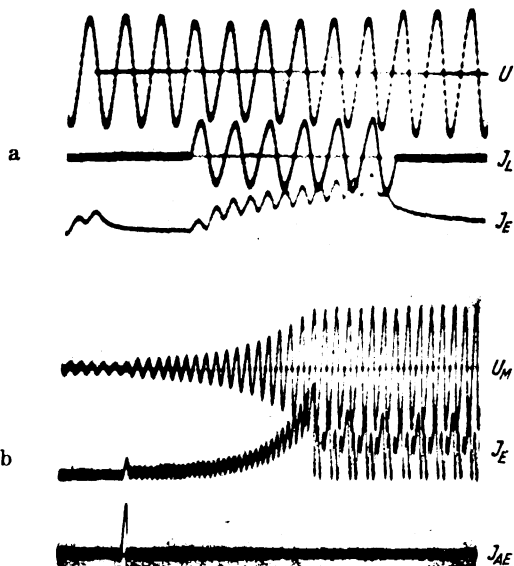
Bild 6. Röhrenstoßregler für einen Schweißgenerator.

Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Spannungsregelung von Generatoren zur Speisung großer Stumpfschweißmaschinen. Hier ist vor allen Dingen die Forderung einer großen Regelgeschwindigkeit zu erfüllen. Wegen der Feldträgheit läßt sich dies aber nur durch Anlegen von starken Spannungsstößen an die Feldwicklung erzielen. Der Regler muß demnach als Impulsregler oder als stetiger Regler mit einer sehr geringen Statik arbeiten. Um auch ein schnelles Abklingen des Erregerstromes zu erreichen, genügt es nicht, die Gleichspannung des Gleichrichters bis auf Null zu verringern; denn dann würde der Erregerstrom mit der Zeitkonstanten des Feldes, die in der Größenordnung von Sekunden liegt, auf den neuen Stromwert abklingen. Es ist vielmehr vorteilhaft, in den Feldkreis eine Gegenspannung zu legen, d. h. den Gleichrichter als Wechselrichter auszusteuern. Diese Umschaltung des Stromrichters und der Feldwicklung vom Gleichrichter- auf Wechselrichterbetrieb ist mit einem Gefäß ohne Umschaltung im Hauptstromkreis möglich, da sich die Spannung an der Induktivität umpolt, sobald die treibende Spannung abnimmt bzw. sich umkehrt.

Bild 6 zeigt die Schaltung eines Röhrenstoßreglers für Schweißgeneratoren. Der Schweißgenerator  $G$  wird von dem Drehstrommotor  $DM$  angetrieben. Die Erregung des Generators erfolgt über die beiden Stromrichtergefäße  $E$ . Das Meßglied des Reglers richtet die beiden Halbwellen der Wechselspannung gleich und benutzt den Scheitelwert dieser gleichgerichteten Spannung als Istwert. Eine Mittelwertbildung ist wegen der erforderlichen Glättungsmittel zu träge und widerspricht der verlangten hohen Regelgeschwindigkeit. Die Messung des Scheitelwertes hat zwar bei veränderlichen Lastverhältnissen den Nachteil des starken Oberwelleneinflusses,

jedoch ist in diesem Fall der Vorteil der größeren Regelschwindigkeit wesentlicher als der der genauen Spannungsregelung. Die verlangte Regelgenauigkeit liegt bei etwa  $\pm 2$  bis 3 %. Der Scheitelwert der gleichgerichteten

tet also also Impulsregler, und der Erregerstrom pendelt um einen gewissen Mittelwert. Da die Generatorerregung gewissermaßen mit der Generatorspannung gekoppelt ist, muß zur Auferregung von einer fremden Spannungsquelle ein kleiner Erregerstromstoß auf die Feldwicklung gegeben werden; die Remanenzspannung ist zum Zünden der Stromrichtgefäße zu klein. Es erfolgt dann von selbst der Auferregungsvorgang. Dieser Stromstoß wird durch das Gefäß A gegeben. Das Oszillogramm (Bild 7) zeigt den Regelvorgang bei einem Laststoß und den Auferregungsvorgang.



a bei kurzzeitiger Belastung und Ausreglung mit dem Röhrenstoßregler; b bei Auferregung

$I_L$  Laststrom,  $I_{AE}$  Stromstoß für die Auferregung,  
 $I_E$  Erregerstrom,  $U, U_M$  Spannung des Stromerzeugers.

Bild 7. Regelvorgang des Röhrenstoßreglers und Auferregungsvorgang.

Spannung wird mit einer konstanten Gleichspannung verglichen. Überschreitet der Scheitelwert die Vergleichsspannung, so werden die Gitter gesperrt, und ist er kleiner, so werden die Gitter voll geöffnet. Der Regler arbe-

**Zusammenfassung**

Der Stromrichter ist infolge der Vorzüge der Gittersteuerung für die Lösung selbst der schwierigsten Regelaufgaben geeignet. Die verschiedenen Gittersteuerverfahren und Reglerformen lassen sich je nach den gestellten Regelbedingungen aufeinander abstimmen. Die Verbindung des Röhrenreglers mit der Röhrensteuerung stellt den Idealfall einer rein elektrischen Regelung dar, sie wird daher den höchsten Anforderungen gerecht. Dies zeigt das Ausführungsbeispiel eines 10 000 kW-Gleichstrommotors, dessen Drehzahl auf  $\pm 1\%$  konstant gehalten wird.

**Aus dem Schrifttum**

K. Herzog u. G. Vadiadis, Feinsteuerung großer Leistungen über Stromrichter, AEG-Mitt. (1939) S. 71; Ref. in ETZ 60 (1939) S. 934.  
 C. Fröhmer u. G. Seulen, Einfache Röhrenstoßregler für Wechselstromerzeuger mit stark schwankender Last, AEG-Mitt. (1939) S. 95; Ref. in ETZ 60 (1939) S. 967.  
 F. Hölters u. K. Meyer, Umkehrstromrichter mit Gleichlaufregelung, AEG-Mitt. (1939) S. 60; Ref. in ETZ 60 (1939) S. 1081.  
 Ch. Ehrensperger, Statische Steuerung und Regullierung von Mutatoren, BBC-Mitt. (1938) S. 103.  
 H. Anschütz, Steuerverfahren für Stromrichter und ihre technische Auswirkung, ETZ 58 (1937) S. 669.  
 H. Anschütz u. M. Stöhr, Über die Anwendung von Stromrichtern für motorische Antriebe, AEG-Mitt. (1937) S. 208; Ref. in ETZ 58 (1937) S. 1087.  
 H. Jungmichl u. F. Kottenhahn, Über die Regelung von Großgleichrichtern mit Röhrenreglern, Siemens-Z. 17 (1937) S. 49.  
 K. Maertens, Steuerung und Regelung von Großstromrichtern, VDE Fachber. 9 (1937) S. 79.  
 Glaser u. Müller-Lübeck, Einführung in die Theorie der Stromrichter Bd. I, Berlin 1935, Verlag Julius Springer.

**Die Leuchtdichte der Quecksilberhochdruckentladung**

DK 535-241.44 : 537-527.5 : 621.327.312

Die Quecksilberhochdruckentladungen haben neben ihrer Verwendung für allgemeine Beleuchtung wegen ihrer besonders bei sehr großen Drücken vorhandenen hohen Leuchtdichte noch besondere technische Bedeutung. Es wurden deshalb systematische Messungen der Leuchtdichte über große Bereiche von Druck, Leistung und Rohrdurchmesser ausgeführt<sup>1)</sup>, welche die Gesetzmäßigkeiten, nach denen die Leuchtdichte von diesen Größen abhängt, ermitteln sollten. — Die Messungen wurden in zwei Bereichen gemacht. Im ersten Bereich wurden der Druck von 2 bis 15 at, die Leistung von 20 bis 80 W/cm und der Rohrdurchmesser von 5 bis 15 mm verändert. Es ist dies etwa der Bereich der heutigen Hochdrucklampen für allgemeine Beleuchtung. In diesem Bereich ist die Leuchtdichte  $B$  unabhängig vom Druck, proportional der Leistungsaufnahme  $L$  je cm Bogenlänge und indirekt proportional  $d^q$ , wo  $d$  der innere Rohrdurchmesser und  $q$  eine Konstante bedeuten. Die Leuchtdichte ist darstellbar durch:

$$B = \frac{K(L + a)}{d^q}$$

Hierin ist  $K = 120$ ,  $q = 0,9$ ,  $a$  im Mittel  $= 3,5$ ;  $L$  ist in W/cm  $d$  in mm und  $B$  in  $\text{IK/cm}^2$  einzusetzen. — Der zweite Bereich umfaßt die wassergekühlten Höchstdrucklampen. Bei diesen wurde der Druck von 30 bis 130 at, die Leistung von 250 bis 600 W/cm und der Innendurchmesser von 1 bis 4 mm verändert. Auch hier ist die Leuchtdichte proportional der Leistung  $L$  und indirekt proportional  $d^q$ . Jedoch ist hier die Leuchtdichte auch stark vom Druck (Gradient  $g$ ) abhängig. Sie ist darstellbar durch:

$$B = K \frac{L(g + b)}{d^q}$$

Hierin ist  $K = 0,39$ ,  $b = 77$ ,  $q = 0,76$ ;  $B$  ist in  $\text{HK/cm}^2$ ,  $L$  in W/cm,  $g$  in V/cm und  $d$  in mm einzusetzen. Die zu den Messungen benutzte neuartige wassergekühlte Quecksilberhöchstdrucklampe wird eingehend beschrieben und die Betriebseigenschaften werden angegeben. Weiter werden Messungen und Angaben über die Abhängigkeit der Lichtstärke und der Strahlstärke im Ultraviolett von Leistung, Druck und Rohrdurchmesser bei den wassergekühlten Höchstdrucklampen mitgeteilt. eb.

<sup>1)</sup> J. Kern, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 250; 8 S., 16 B.

# RUNDSCHAU

## Elektrische Maschinen

DK 621.313.33.013.2

**Feldverteilung bei Mehrphasen-Asynchronmaschinen.**  
[Nach W. Kehse, Diss. TH. Darmstadt (1939); 59 S., 37 B.]

Einleitend werden die höheren Harmonischen, die durch den ungleichförmigen Luftspalt, die Unterbringung der Wicklung in einzelnen Nuten und die Sättigung entstehen können, zusammengestellt und Unterlagen zu ihrer theoretischen Bestimmung gegeben. Die von den Feldharmonischen er-

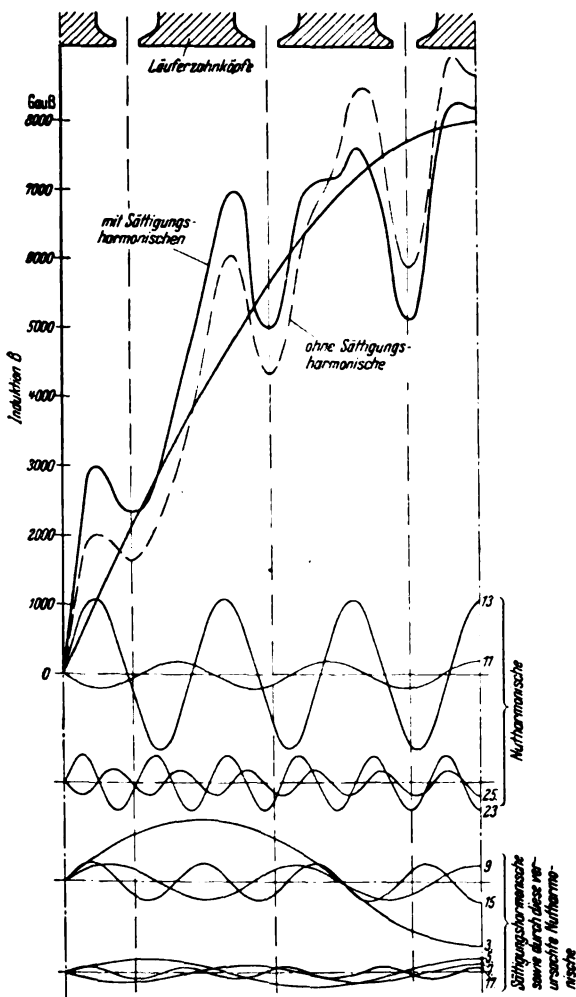


Bild 1. Feldbild über dem Läufer einer leerlaufenden Asynchronmaschine bei hoher Sättigung, aus den einzeln gemessenen Harmonischen zusammengesetzt.

zeugten Spannungen können an in den Luftspalt eingelegten Spulen von geeigneter Spulenweite direkt gemessen werden. Sie treten am deutlichsten hervor, wenn die Maschine mit Drehzahlen weit außerhalb des Synchronismus betrieben wird, da dann die von den Harmonischen erzeugten Spannungen groß gegen die Spannung der Grundwelle werden. Um solche Arbeitspunkte, bei denen die Drehzahl das drei- bis vierfache der synchronen beträgt, bei vollem Feld der Maschine erreichen zu können, wurde für die Durchführung der Messungen die Grundfrequenz auf rd. 2,5 Hz erniedrigt. Dabei ergibt sich bereits eine Fülle meßtechnischer Aufgaben. Die Verwendung normaler Geräte zur Strom- und Spannungsmessung schied aus, da die Zeiger zu stark pendelten. Es bewährte sich die Verwendung eines mechanischen Schwinggleichrichters in Verbindung mit einem stark gedämpften Lichtzeiger-galvanometer. Hierbei ließen sich gleichzeitig die Winkelbeziehungen zwischen Strom und Spannung erfassen, so daß

sich Leistungsmessungen erübrigten. Bei konstant gehaltenem Fluß der Maschine wurden gleiche Ortskurven für EMK und Strom bei 2,5 und 50 Hz erhalten. Die experimentelle Erfassung der Feldstärke der einzelnen Harmonischen erfolgte durch versuchsmäßige harmonische Analyse der in einer im Luftspalt untergebrachten Hilfsspule induzierten Spannung. Zur Analyse wurde ein von Pfannenmüller erwähntes Verfahren mittels Suchtons und fremdgesteuertem Gleichrichter benutzt, wobei zur Gleichrichtung ein mechanischer Schwinggleichrichter verwendet wurde. Zur Erzeugung der Steuerleistung veränderlicher Frequenz diente ein Röhrenschwingkreis. Einige Fehlermöglichkeiten, die in den Eigenschaften des mechanischen Gleichrichters ihre Ursache hatten, wurden kritisch untersucht, wobei sich das angewendete Verfahren sehr bewährte, da der Leistungsverbrauch für die Messung nur gering ist.

Unter den Ergebnissen ist folgendes bemerkenswert: Wenn sich ein offener Schleifringläufer im Felde des Ständers bewegt, treten in einer im Luftspalt untergebrachten festen Hilfsspule Zusatzspannungen auf, die bei 12 Nuten je Polpaar von der 11ten und 13ten Feldharmonischen des Läufers verursacht werden. Theoretisch sind die Amplituden der beiden genannten Harmonischen gleich; nach dem Ergebnis der Messung ist dies jedoch nicht der Fall. Bereits bei kleinen Werten der Grundwelle sind 11te und 13te Harmonische stark verschieden. Dagegen tritt bei offener Ständerwicklung und Netzspannung am Läufer als erregende Ursache der gleichen Harmonischen außer der Änderung der Leitfähigkeit des Luftspaltes über der Nut noch die treppenförmige Verteilung der Amperewindungen hinzu. Durch diese zweite Ursache wird die 11te Harmonische verstärkt und die 13te Harmonische geschwächt. Diese in der Theorie bekannte Tatsache wird durch den Versuch bestätigt. Aus den gemessenen Feldwerten und den bekannten relativen Phasenlagen der Harmonischen läßt sich das genaue Feldbild der leerlaufenden Maschine zeichnen. Ein solches Feldbild bei erheblicher Sättigung der Maschine (Bild 1) ist aus sämtlichen gemessenen Harmonischen zusammengesetzt, von denen ein erheblicher Anteil unmittelbar oder in zweiter Ordnung durch die Sättigung verursacht ist. Trotz der etwas unübersichtlichen Zusammensetzungsart fällt das Induktionsminimum bei Leerlauf jeweils genau über eine Nutmitte. Daraus kann gefolgert werden, daß die Ermittlungsart keine wesentlichen Fehler aufweist. In gleicher Weise wurden die Harmonischen bei belasteter Maschine ermittelt. Die Feldbilder können aber nicht in gleicher Weise wie bei Leerlauf gezeichnet werden, da die relativen Phasenlagen der Harmonischen nicht mit Sicherheit feststehen. Die Kenntnis der tatsächlichen Größe der Feldharmonischen ist wichtig zur Bestimmung der parasitären Drehmomente beim Anlauf der Maschine. Sö.

DK 621.315.614.017

**Temperatureinwirkung auf Isolation der Klasse A.**  
[Nach J. J. Smith u. J. A. Scott, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 435; 8 S., 25 B.]

Aus dem bestehenden Schrifttum über den Einfluß der Erwärmung bzw. erhöhten Temperatur auf die Lebensdauer der Isolation der Klasse A, die im Elektromaschinenbau vielfach verwendet wird, wird zunächst eine zusammenfassende Auswertung mit Angabe von Prüfanordnungen und Versuchsergebnissen gegeben, wobei der Temperaturbereich von 105 bis 200° C betrachtet wird. Durch Messungen und Untersuchungen wurden der Isolationswiderstand, die dielektrische Durchschlagfestigkeit, der Verlustfaktor und die dielektrischen Verluste, die physikalischen Eigenschaften, Dehnung, Zerreißfestigkeit und Faltbarkeit festgestellt. Eingehend wurden schwarzes und gelbes Leinenband sowie Baumwollband untersucht, wobei Messungen bei 200, 160, 135, 120 und 105° C angestellt wurden. Dabei wurde das Produkt aus Untersuchungszeit und Temperaturhöhe konstant gewählt; bei 120° C erstreckten sich z. B. die Messungen auf etwa 4 Jahre. Der Temperatureinfluß wurde durch drei verschiedene Verfahren ermittelt; die physikalischen Eigenschaften, Ribbildung, Verfärbung u. a. wurden durch Inaugenscheinnahme bestimmt, wobei persönliche Einflüsse weitgehend ausgeschaltet wurden. Die Biegefestigkeit wurde durch Versuche festgelegt, außerdem der

Rückgang der Durchschlagspannung nach Einlagern der Proben in Wasser gemessen. Die Ergebnisse der Prüfungen wurden in Tafeln und Schaubildern zusammengestellt, wobei eine Gesamtauswertung aller vorhandenen Ergebnisse durchgeführt und Temperaturkennlinien aufgestellt wurden, wobei sich eine befriedigende Übereinstimmung der verschiedenen Untersuchungen zeigte. Bei höherer Erwärmung nimmt die Lebensdauer der Isolationen rasch ab. Allgemein wird durch die Versuche 105° C als Grenzwert für Dauerbeanspruchung thermischer Art bestätigt. Im Meinungsaustausch wird u. a. auf weitere Erfahrungen mit den bisherigen Isolierstoffen, das Verhalten neuerer synthetischer Isolierstoffe und die notwendige Ausdehnung der Untersuchungen auf andere umgebende Gase als Luft hingewiesen. *Tsch.*

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.262(44)

**Das Unterwerk Distré der französischen Energieübertragung.** [Nach A. Perrin, Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 819; 10½ S., 8 B.]

Das etwa 10 km von Saumur entfernt gelegene Unterwerk bildet einen wichtigen Verbindungspunkt der mittel- und westfranzösischen Stromverteilung<sup>1)</sup> durch Kupplung der bestehenden Hochspannungswertverbindungen für 60 bis 220 kV. Das Werk dient außer Regelungsaufgaben dem Zweck, die in den Gebieten von Angers-Le Mans-Aube und Chartres-Le Mans vorhandenen elektrifizierten Eisenbahnstrecken mit Strom zu versorgen. Gespeist wird das Unterwerk durch nutzbar gemachte Wasserkraft des Zentralmassivs mit einer 220 kV-Leitung, von den Pyrenäen über eine 150 kV-Verbindung und mit Zusatzenergie von Vienne durch eine 90 kV-Leitung. Die Schaltanlage besitzt ein 90 kV-Doppelsammelschienensystem und hat im übrigen Teile für 220 und 150 kV auf der Hochspannungsseite. Im 220- und 150 kV-System befindet sich je ein Dreiwicklungsumspanner für die entsprechende Oberspannung und außerdem für 90 und 11 kV, wobei die beiden 90 kV-Seiten der Transformatoren auf die gleiche Sammelschiene geschaltet sind. Die Nennleistung jedes dieser Sondertransformatoren beträgt 40 000 kVA. Ferner sind in den Abzweigen Kompensationsdrosseln und weitere Schutzvorrichtungen vorgesehen. Die Mehrwicklungstransformatoren sind zur Spannungsregelung unter Last mit entsprechenden Anzapfungen und Schalteinrichtungen versehen. Der 220 kV-Transformator besitzt 5 Anzapfungen der Oberspannungswicklung und 7 an der Unterspannungsseite; an diese ist über Drosseln ein Autotransformator mit 9 Anzapfungen geschaltet, wodurch sich bei den vorgesehenen Umschaltungen verschiedene Regelmöglichkeiten ergeben. Insbesondere für das 90 kV-Netz ist eine weitgehende Regelung möglich. Dies wird durch die Lage und die Aufgaben des Unterwerkes bedingt. Die vorhandenen Einrichtungen, deren Wirkungsweise im einzelnen beschrieben ist, erlauben eine Spannungsänderung für die verschiedenen abgehenden Leitungen, die je nach den betrieblichen Verhältnissen durchgeführt werden kann. Hierfür waren einige Sondereinrichtungen für die Umschaltgeräte, deren Betätigungen und Antriebe angegeben sind, erforderlich. Die Betriebsführung wurde durch Einführung selbsttätiger Arbeitsweise der Regeleinrichtungen in den einzelnen Netzen unter Aufrechterhaltung einwandfreien Parallelbetriebes vereinfacht. Das angegebene Regeldiagramm läßt die Regelgebiete erkennen. Aus einer Übersicht werden die in den Hauptleitungen und Abzweigen eingebauten Schutzvorrichtungen ersichtlich. Die Hauptschalter können durch leitungsübertragene Hochfrequenz-Trägerstromsignale ferngeschaltet werden. *an.*

DK 621.316.54.064.24

**Öllose Leistungsschalter in V. S. Amerika.** [Nach R. C. Dickinson, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions, S. 421; und L. R. Ludwig und G. G. Grissinger, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions, S. 414; 8½ S., 12 B.]

Der erste öllose Hochleistungsschalter, der in Hochspannungsanlagen der V. S. Amerika Eingang fand, war der De-ion-Luftschalter, bei dem der Abschaltlichtbogen in zahlreiche Teillichtbögen unterteilt und damit gelöscht wird. Dieser Schalter wurde bis zu Spannungen von 15 kV entwickelt. Infolge Anwachsens der Kurzschlußleistungen wurde nunmehr eine Verstärkung für erhöhte Abschaltleistung erforderlich. R. C. Dickinson beschreibt die neueste Bauart dieses Schalters, der für 15 kV Nennspannung, 2000 bis

4000 A Nennstrom, 37 000 A Abschalt- und 100 000 A Einschaltstrom bemessen ist. Bei den Angaben des Abschaltstromes, der einer Abschaltleistung von 1 000 000 kVA entspricht, ist zu berücksichtigen, daß es sich um unsymmetrische Ströme bzw. Leistungen handelt, die gegenüber der bei uns üblichen Anwendung symmetrischer Ströme größere Zahlenwerte ergeben. Der Schalter besitzt einen trennmesserförmigen Hauptkontakt, von dem der Lichtbogen durch scharfe Schleifenwirkung auf die Funkenhörner geblasen wird. Diese leiten den Lichtbogen in die Entionisierungskammer, wo er in bekannter Weise durch eine große Zahl von Kupferplatten unterteilt wird. Diese haben Ringform und sind von Eisenblech umgeben, so daß der Lichtbogen im magnetischen Feld schnell umläuft und einen geringen Abbrand verursacht. Im allgemeinen ist der neue Schalter kräftiger gebaut als die bisherige Ausführung, ohne daß am Löschrinzip etwas geändert wäre. An Oszillogrammen und Zahlentafeln wird die oben angegebene Garantieleistung belegt, wobei die wiederkehrende Spannung der einpoligen Versuche im Mittel 80% der Nennspannung beträgt. Der Schalter wird meist in Stahlzellen eingebaut, deren Abmessungen für verschiedene Ausführungsbeispiele angegeben sind.

Auch für Niederspannungsnetze wurde nach L. R. Ludwig und G. G. Grissinger ein Schalter größerer Abschaltleistung entwickelt, dessen Löschrinzip wiederum auf einer vielfachen Unterteilung des Lichtbogens beruht. Hierfür wird eine Plattenkammer benutzt, die aus zwanzig mit geringem Abstand voneinander angeordneten Isolierplatten aus nicht gasabgebendem Werkstoff besteht. In die Spalten wird der Lichtbogen hineingetrieben, wobei die Bewegung des Lichtbogens durch Eiseninlagen, die das magnetische Feld verstärken, beschleunigt wird. Der Spannungsgradient des Lichtbogens in der Kammer beträgt bei Gleichspannung 140 V/cm, bei Wechselspannung 220 V/cm (Effektivwert). Bei 750 V Gleichspannung konnten 62,4 kA noch einwandfrei abgeschaltet werden, bei Wechselstrom wurden einpolige Versuche bei 288 V bis zu einem Effektivwert von 124 kA ausgeführt, wobei die Unterbrechung in der ersten Halbwelle des Stoßkurzschlußstromes stattfand. Dreipolige Versuche bei 600 V führten bis zu 38 kA, wenn nur ausgeschaltet wurde, und bis zu 28 kA bei Ein-Aus-Versuchen. Die dreipolige Leistung des Schalters wurde daraufhin auf 40 kA bei 600 V und 1600 A Nennstrom festgelegt. Durch die Plattenkammer werden sowohl Schaltgeräusch als auch austretende Gase vermindert. Hierdurch werden die Schalter in ihren Abmessungen klein und können auch in verhältnismäßig kleine Stahlzellen eingebaut werden; die Abmessungen solcher Zellen betragen 0,66 m Breite und 2,3 m Höhe. Bei der Ausbildung der Schaltstücke ist man ebenfalls von bisher in den V. S. Amerika üblichen Grundsätzen abgegangen: an Stelle von Bürsten für die Hauptkontakte wird ein massiver Kupferklotz verwendet, der sich an zwei Stellen unter 45° zwischen die ebenfalls massiven Gegenstücke legt. Der Stromübergang wird durch Silberauflagen verbessert, wobei eine linienförmige Kontaktstelle durch zylindrische Ausbildung der Schaltstücke vorgesehen ist. Angaben über den Kontaktdruck fehlen. *W. Kn.*

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.352

**Dämpfungsmessung nach dem Quotientenverfahren in der Hochfrequenztechnik.** [Nach G. Opitz, Hochfrequenztechn. 53 (1939) S. 27; 6 S., 8 B.]

Zur Dämpfungsmessung werden in der Hochfrequenztechnik verschiedene Verfahren verwandt, von denen das sogenannte Quotientenverfahren näher untersucht wird. Die theoretische Behandlung zeigte, daß hierbei induktive und kapazitive Kopplung möglich ist, und daß diese Ankopplungen sogar gegenüber der Verwendung ohmscher Meßwiderstände Vorteile besitzen. Hierdurch ließ es sich ermöglichen, ein Gerät zu bauen, daß bis zu Frequenzen von 20 MHz brauchbar ist. Ferner kann als weiterer Vorteil mit diesem Verfahren die Güte eines Schwingkreises unmittelbar gemessen werden. Bekanntlich bestehen drei verschiedene Möglichkeiten des Schaltungsaufbaues, wenn man sich auf die Messung des Spannungsverhältnisses im Meßkreis (Quotientenverfahren), d. h. auf das Verhältnis der Spannung im Resonanzfall und der hineingekoppelten Spannung, beschränkt. Diese drei Verfahren sind in Bild 2 übersichtlich dargestellt. In Bild 2a ist das Verfahren mit Hilfe eines ohmschen Meßwiderstandes  $R_k$  gezeigt, das von O. Zinke eingehend früher behandelt worden ist<sup>1)</sup>. Die Schwierigkeiten dieses Weges liegen aber darin, daß  $R_k$  keinen Phasenfehler hervorrufen darf, fernerhin muß der

1) S. a. ETZ 60 (1939) S. 26, Bild 1.

1) O. Zinke, ETZ 60 (1939) S. 927.

Widerstand klein genug gegenüber dem zu messenden Verlustwiderstand  $r$  sein. Daraus folgt die notwendige Bedingung, daß das Instrument aus dem Meßkreis in die Speiseleitung gelegt werden muß, weil  $R_k \ll r$  sein soll. Um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, benutzte Opitz eines der beiden übrigen Verfahren (Bild 2b oder 2c). Zunächst sei die kapazitive Ankopplung näher behandelt, deren Wirkungsweise aus der Schaltung Bild 2b zu entnehmen ist.

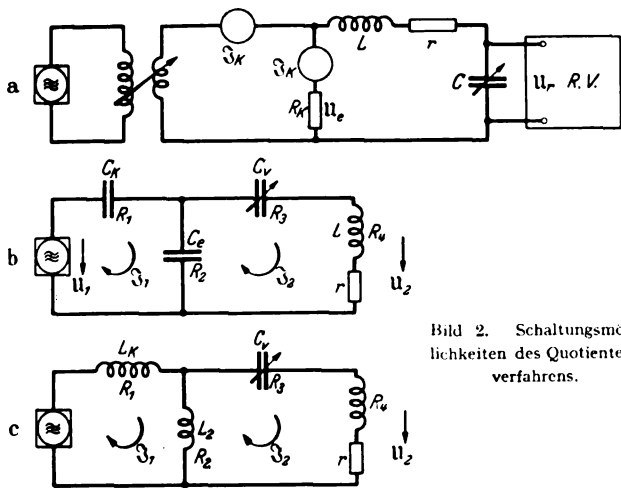


Bild 2. Schaltungsmöglichkeiten des Quotientenverfahrens.

Mit Hilfe des Kirchhoffschen Gesetzes läßt sich das Verhältnis der Resonanzspannung  $U_2$  am Widerstand  $R_4$  und der Erregerspannung  $U_1$  durch die Gleichung

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_4}{R_1 / R_2 (R_2 + R_3 + R_4) + R_3 + R_4} \quad (1)$$

ausdrücken. Wird der Fall der direkten Güteanzeige ins Auge gefaßt, so hat nur die Resonanzspannung eine Bedeutung, die bei einer Frequenz  $\omega_m$  am Widerstande  $R_4$  für das Verhältnis  $U_2/U_1$  ein Maximum besitzt. Wenn auch wegen der vorhandenen Verlustwinkel die Blindwiderstände im Resonanzfalle nicht vollkommen verschwinden, so läßt sich doch mit hinreichender Genauigkeit als Resonanzbedingung  $\{R_2 + R_3 + R_4\}_{res} = r$  angeben. Wird die Gütezahl  $q = \frac{\omega L}{r}$  gesetzt, ferner  $k = \frac{C_k}{C_e}$

$v = \frac{C_e}{C_v}$ , als veränderliches Kapazitätsverhältnis und  $\frac{1}{\omega C_v} \approx \omega L$  eingeführt, so ergibt sich für den Quotienten die endgültige Gleichung

$$\left| \frac{U_2}{U_1} \right|_{res} = q \cdot k \sqrt{\frac{1 + q^{-2}}{1 + q^2 k^2 v^{-2}}} \quad (2)$$

Aus diesem Ausdruck folgt das wichtige Ergebnis, daß der Quotient  $\left| \frac{U_2}{U_1} \right|_{res}$  frequenzunabhängig ist und ferner in keiner Weise durch das jeweilige Verhältnis  $L/C$  beeinflusst wird. Erst bei Güten, die größer als 10 sind, kann ein kleiner Fehler auftreten, der aber leicht unterhalb 1% gehalten werden kann.

Auf dieser theoretischen Grundlage lassen sich verschiedene Wege der unmittelbaren Anzeige der Kapazitäts- und Spulenverluste angeben, die von Opitz in dem Aufsatz kurz angedeutet sind. Eine Schwierigkeit besteht darin, daß parallel zur Spule von  $R_4$  eine störende Kapazität liegt, zu der noch die der Zuleitungen ( $\sim 1,5$  pF), der Klemmen (rd. 2,5 pF) und des Voltmetereinganges (rd. 2,5 pF) hinzukommen. Um diese 6 pF also wird die Eigenkapazität der Spule erhöht. Zur Vermeidung dieses schädlichen Einflusses benutzt Opitz den Kunstgriff, daß er die Widerstände  $R_3$  und  $R_4$  vertauscht und an  $R_3$  die Spannung  $U_{2(res)}$  mißt, wie es in Bild 3 gezeigt ist. Die schädlichen Kapazitäten gehen jetzt alle mit in die Abstimmung ein, da sie zu dem Drehkondensator parallel liegen, und ferner liegt auch die Klemmenkapazität nicht mehr an der Spule, sondern ist in eine nichtstörende Erdkapazität verwandelt worden. Durch diesen Weg wird allerdings die Eigenkapazität der Spule nicht vermieden, die gegebenenfalls ( $C_v \leq 80$  pF) mit in die Rechnung einbezogen werden muß, da sonst der Meßfehler dieses Verfahrens doch größer als 5% werden kann. Außerdem können aber noch andere Fehler

auftreten, die von Induktivitäten der in der Meßeinrichtung benutzten Blockkondensatoren bedingt sind. Alle solche Umstände sucht Opitz zu vermeiden, indem er den Schnitt des Drehkondensators so wählt, daß die Fehler in die Messung nicht schädlich eingehen.

Die Betrachtung der kapazitiven Kopplung zeigt, daß einmal an die Größen der zu messenden ohmschen Verlustwiderstände keine Einschränkungen gemacht werden müssen. So ist es hier z. B. möglich, bei einer Frequenz von 10 MHz die Güte einer Luftspule von rd.  $1,0 \mu H$  mit  $q = 600$  zu messen, was einem Verlustwiderstand von  $r = 0,1 \Omega$  entspricht. Würde man hier die ohmsche Ankopplung benutzen, so müßte ein Meßwiderstand von  $5 m\Omega$  verwandt werden, wenn der Fehler kleiner als 5% bleiben soll. Eine solche Bedingung ist aber niemals zu erfüllen. Diese gegebene Grenze der kleinen Widerstände ist in dem Meßprinzip mit dem Kapazitätsverfahren nicht enthalten, sondern die Grenze ist, wie schon erwähnt, durch die unvermeidlichen Übergangswiderstände gegeben. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem ohmschen Verfahren liegt noch darin, daß man infolge des Frequenzganges im Kapazitätssteiler auch Geräte über 15 MHz bauen kann, weil eine grundsätzliche Schwierigkeit bei der  $\frac{C_k}{C_e}$ -Teilung nicht vorliegt, wenn die Störspannungen und die ungewollten Kopplungen auf die zu prüfende Spule möglichst vermieden werden könnten.

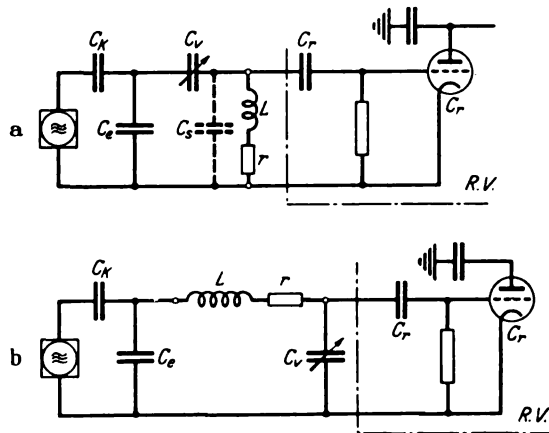


Bild 3. Verbesserte Meßschaltungen mit Vermeidung des Einflusses der Verlustwiderstände.

Eine eingehende Behandlung der induktiven Kopplung erübrigt sich, da die Theorie ähnlich ist und auch im übrigen die gleichen Gesichtspunkte gelten. Zum Abschluß dieser wichtigen theoretischen Betrachtungen, die in keinem Lehrbuch der Hochfrequenzmeßtechnik klar dargestellt sind, wird als praktisches Beispiel der von dem PTE in München entwickelte Gütefaktormesser beschrieben. Hsr.

DK 621.317.31/-32.082.62

**Messung kleiner Ströme und Spannungen und kleiner Längenänderungen mit dem bolometrischen Kompensator.** [Nach L. Merz u. H. Niepel, Wiss. Veröff. Siemens-Werk. 18 (1939) H. 2., S. 28; 13 S., 24 B.]

Die älteren Bolometeranordnungen zur Verstärkung kleiner Spannungen und Ströme wie auch zur Messung kleiner Längenänderungen waren stark von Spannungs- und Temperaturschwankungen abhängig. L. Merz und H. Niepel beschreiben Bolometeranordnungen, bei denen ein neuer Grundgedanke an die Stelle der unmittelbaren Ausschlagsvergrößerung getreten ist, der Gedanke der elektrischen und mechanischen Kompensation, des Vergleichs elektromotorischer und mechanischer Kräfte. Die neuen Anordnungen zeichnen sich durch angebbare Genauigkeit und Unabhängigkeit von Spannungs- und Temperaturänderungen aus. Die Kompensationsschaltungen zur Messung von Strömen, Spannungen und Längenänderungen werden beschrieben. Die Spannungs-Kompensationsschaltung dient zur Messung kleiner elektromotorischer Kräfte, die Saugschaltung ist geeignet zur Messung kleiner Ströme, und die mechanische Kompensation wird in erster Linie bei der bolometrischen Meßlehre angewendet. Es ist eine Eigentümlichkeit der selbsttätigen Kompensatoren, daß der Kompensationszustand nicht vollständig durchgeführt

werden kann. Die Abweichungen vom idealen Kompensationszustand werden als Übersetzungsfehler bezeichnet und ihrer Größe nach berechnet.

Die lästigen Regelschwankungen der bolometrischen Kompensatoren sind eine Folge des thermisch verzögerten Verstärkungsvorganges. Sie werden durch Einführung der ersten Ableitung des Ausgangsstromes in den Steuerstromkreis unterdrückt. Die richtige Bemessung dieser differenzierenden Rückführungen wird an einem Beispiel gezeigt: Zahlreiche Aufgaben der Meß- und Regeltechnik werden mit Hilfe der neuen bolometrischen Kompensatoren mit verhältnismäßig geringem Aufwand zur Lösung geführt. Als Beispiele werden gezeigt die Aufzeichnung des Propellerschubes von Seeschiffen über magneto-elastische Druckdosen und Bolometerverstärker; Multizet-Schreiber, ein Verstärker-Tintenschreiber mit insgesamt 24 Meßbereichen; die Aufzeichnung schneller Temperaturschwankungen mit Tintenschreiber; die Steuerung von Werkzeugmaschinen mit der bolometrischen Meßlehre. Außerdem werden Beispiele für die Oberflächentastung mit Hilfe der bolometrischen Meßlehre gegeben. *Sb.*

DK 621.396.615.029.6 (73/79) : 621.317

**Amerikanische Meßsender für die Fernsichttechnik.**  
[Nach G. Keinath, Arch. techn. Messen (1939) Lfg. 99, Z 42—15.]

Bei der Entwicklung und im Betrieb von Fernsehanlagen hat sich die Verwendung von Meßsendern, die die Frequenz innerhalb eines breiten Frequenzbandes schnell und zuverlässig einzustellen gestatten, für viele Meßaufgaben als vorteilhaft herausgestellt. In Amerika ist das Prinzip des Überlagerungssummers auch in den Fernsehlaboratorien weitgehend eingeführt.

Ein Breitband-Schwebungs-Meßsummer überstreicht ein Frequenzband von 50 Hz bis 5 MHz in zwei Stufen mit angenähert logarithmischer Frequenzskala. Die grundsätzliche Schaltung zeigt Bild 4. Mechanisch und elektrisch gleichartiger

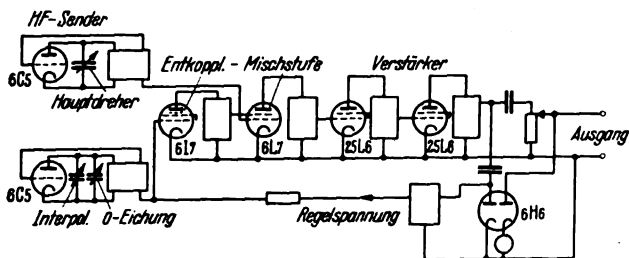


Bild 4. Prinzipschaltbild des Breitband-Schwebungssummers (50 Hz bis 5 MHz).

Aufbau der beiden HF-Sender in einem geteilten aus Aluminiumguß hergestellten Kasten bietet gleichzeitig eine elektromagnetische Abschirmung der Oszillatoren und sorgt für einen Temperaturausgleich, da die im Verstärker aufgenommene Leistung das Innere des Gerätes beträchtlich erwärmt. Durch besondere Schaltungsmaßnahmen ist die Ausgangsspannung im ganzen Frequenzbereich konstant gehalten. Die Ausgangsspannung, die an einem induktivitäts- und kapazitätsarmen gewickelten Spannungsteiler von 1500 Ω, einseitig geerdet, abgenommen wird, beträgt im Leerlauf 10 bis 15 V. Die Frequenzunsicherheit beträgt im unteren Meßbereich (50 Hz bis 40 kHz) 5 Hz, im oberen Meßbereich (10 kHz bis 5 MHz) 500 Hz.

Für einen Ultrakurzwellen-Prüfender ist ein neuartiger induktives Abstimmprinzip angewandt worden. Statt des Kapazität des frequenzbestimmenden Schwingkreises wird hier die Induktivität kontinuierlich geändert. Von einer einlagigen, auf einen keramischen Körper gewickelten Spule, die in ihrer Achse drehbar angeordnet ist, nimmt ein geerdeter Schleifer den Kontakt ab. Auf diese Art wird eine stetig veränderliche Induktivität erzielt, man kann bei der Abstimmung leicht Frequenzbereiche von 1:8 ohne Umschaltung überstreichen. Das Gerät ist fein einstellbar (16 Spulenwindungen für 22 bis 150 MHz) und hat eine Skala von 1 bis 2 m, die spiralförmig ausgebildet und zur Vereinfachung der Ablesung mit einer radial beweglichen Blende versehen ist. Unter normalen Bedingungen wird eine Spannung von 100 mV für die aufsteckbare Stabantenne geliefert. Eine Hilfsröhre vermittelt die Abhörmöglichkeit von Schwebungen gegen einen anderen Sender, oder bewirkt eine Antennenmodulation, oder gestattet, als kristallgesteuerter Sender geschaltet, eine Eichung des induktiv abgestimmten Senders vorzunehmen. *Stw.*

DK 621.317.313 : 621.396.616.029.62

**Ein Meßsender für Ultrahochfrequenz.** [Nach R. King, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 325; 7 S., 10 B.]

Folgende Anforderungen werden an einen vielseitig verwendbaren Ultrahochfrequenz-Meßsender gestellt. Er muß frei beweglich, also klein und leicht aufgebaut sein, damit er an jede Meßstelle geeignet angekoppelt werden kann. Dabei muß die Kopplung so lose gemacht werden können, daß keine Frequenz- und Amplitudenänderungen der erzeugten Schwingungen infolge der Belastung auftreten. Die Felder auf der Paralleldrahtleitung müssen entgegengesetzt gleich stark und symmetrisch bezüglich einer Schnittebene sein. Dabei ist die Oszillatortlänge in Richtung der Leitung kurz zu halten. Weiter ist ein großer erzeugter Frequenzbereich und gute Frequenzstabilität zu fordern. Die beschriebene Ausführungsform soll diesen Anforderungen unter Benutzung einer Gegentakt-schaltung mit zwei Trioden nachkommen. Bei einer Baulänge von 30 cm bestreicht der Sender einen Wellenbereich von 50 cm bis 4 m; dies wird folgendermaßen erreicht: In der Mitte der die beiden Röhren verbindenden Paralleldrahtleitung sind in jeden Leiter 6 Drahtwindungen eingeschaltet, die durch symmetrische Schubschalter windungsweise kurzgeschlossen werden können. Zwischen den Spulenmitten ist ein Kondensator mit einer zweiten senkrecht stehenden Paralleldrahtleitung angeordnet, deren Ende mit einem zweiten Kondensator abgeschlossen ist. Durch Verändern der beiden Kapazitäten und durch Zuschalten der Verlängerungsspeile wird das Frequenzband von 75 bis 250 MHz in vier Bereiche unterteilt. Da der Sender auch eine starke zweite Harmonische erzeugt, erhöht sich der brauchbare Frequenzbereich auf 500 MHz. Es wird nun ausführlich gezeigt, daß das Auftreten der beiden Frequenzen keineswegs nachteilig ist, sofern die Ankopplung des Verbrauchers an der richtigen Stelle der Paralleldrahtleitung geschieht. Dadurch erhält man die gewünschte Frequenz; die ausgeführten Meßreihen lassen dies deutlich erkennen. Der Sender ist mit verhältnismäßig geringem Aufwand aufgebaut und soll den gestellten Anforderungen entsprechen. *Drg.*

## Fernmeldetechnik

DK 621.397.6

**Die Weiterentwicklung der Empfangs- und Bildaufnahmegeräte im Jahre 1939.** [Nach R. Möller und G. Schubert, Hausmitt. Fernseh AG. 1 (1939) S. 153; 9 S., 16 B.]

Der Aufsatz bringt eine Übersicht über den von der Fernseh AG. erreichten Stand der Fernsehtechnik, soweit deren Entwicklung durch den Bau von fertigen Geräten als abgeschlossen zu betrachten ist. Die Aufzählung der Empfangsgeräte bringt an erster Stelle den Einheitsempfänger E 1. Außer der Normalausführung mit 8,4 MHz Zwischenfrequenz wurde ein gleiches Gerät mit 4,2 MHz für wahlweisen drahtlosen und Drahtfunkempfang entwickelt. Zwei weitere Empfänger mit Braunschen Röhren zur unmittelbaren Bildbetrachtung sind ein Bildempfänger ohne Tonteil von etwa der halben Größe des Einheitsempfängers sowie ein Empfänger mit eingebautem Rundfunkteil und besonders großem Bildfeld (Bildfelddiagonale 40 cm, Auslenkwinkel des Kathodenstrahls  $2 \times 40^\circ$ ). Die Reihe der Heimempfänger beschließt ein kleiner Heimprojektionsempfänger mit Zylinderlinsenrasterschirm von der Größe  $42 \times 50$  cm. Bemerkenswert ist, daß die hier 25 kV betragende Strahlbeschleunigungsspannung auch bei diesem Gerät aus dem Zeilenkipprasttransformator entnommen wird. Eine Großprojektionsanlage mit einem Linsenrasterschirm von  $10 \text{ m}^2$  wurde auf der Funkausstellung 1938 vorgeführt; einige interessante Daten dieser Anlage sind: Öffnungsverhältnis der Projektionsoptik 1:1,9, Brennweite 40 cm, Strahlbeschleunigungsspannung 60 bis 80 kV, Bildwechselspannung an der Steuerelektrode des Projektionsrohres 500 V bei 3 MHz Bandbreite. — Auf der Sendeseite werden genannt: Ein mechanischer Filmbtaster in Zwillingausführung für 441 Zeilen, der mit einer im Vakuum mit 10500 U/min rotierenden Nipkowscheibe von  $\frac{3}{4}$  m Dmr. ausgerüstet ist; ferner ein Diapositivsender, bei dem die Bilderzerlegung mit einem Sondenrohr nach dem Prinzip von Farnsworth erfolgt. Neben einer älteren wird die neueste Bildfängeranlage beschrieben; bei dieser wurde auf Raumersparnis durch möglichste Zusammendrängung der Einzelgeräte besonderer Wert gelegt. Ein mechanischer Taktgeber arbeitet mit optischer Integration über 40 gleichzeitig beleuchtete Schlitze einer rotierenden Schlitzscheibe; durch Teilungsfehler oder Exzentrizität der Scheibe verursachte

Ungenauigkeiten des zeitlichen Einsatzes des Signals werden hierdurch bis auf  $2 \times 10^{-8}$  s, der scheinbare Teilungsfehler auf etwa  $3 \times 10^{-4}$  mm herabgesetzt. *Ogn.*

### Physik

DK 621.385.1

**Untersuchungen an Hohlkathoden.** [Nach A. Lompe, R. Seeliger u. E. Wolter, Ann. Phys., Lpz. 36 (1939) S. 9; 29 S., 18 B.]

An einer konkaven Kathode gehört zu einem bestimmten Kathodenfall eine größere Stromdichte als an einer ebenen oder konvexen Kathode. Dieser als Hohlkathodenwirkung bezeichnete Effekt tritt bereits ein, wenn einer ebenen Kathodenfläche eine zweite in nicht zu großem Abstände gegenübersteht. A. Lompe, R. Seeliger und E. Wolter untersuchten diese Erscheinung an beiderseits offenen und an auf einer Seite geschlossenen Zylinderkathoden. Die Anode war dabei als konzentrischer Zylinder innen oder außen oder in Gestalt von Ringen um die Zylindermündung angeordnet. Statt der Sondenmessung des Kathodenfalls werden durch die gewählte Anordnung die anodischen Entladungsteile und insbesondere eine positive Säule unterdrückt und die der Messung unmittelbar zugängliche Brennspannung als Maß für den Spannungsabfall im Kathodenfallgebiet angesehen. Dafür wird großer Wert auf die Formierung der Röhren gelegt. Außer dem Arbeiten mit reinen Gasen und dem Ausheizen und Ausbrennen des Rohres werden die Kathoden selbst aufs sorgfältigste durch Auswirbeln und Ausheizen gesäubert und die Röhren längere Zeit unter Glimmbelastung gebrannt, bis sich ein konstanter Endzustand einstellt. Dann erst setzt sich das kathodische Glimmlicht überall ohne Flecken an und die Messungen sind wiederholbar. Gemessen wird die Abhängigkeit der Brennspannung von Druck, Stromstärke und den geometrischen Dimensionen in Neon. Bei tiefen Drücken läßt sich die Hohlkathodenwirkung durch die Theorie erklären, daß Elektronen von außen, d. h. aus einem dem betrachteten gegenüberliegenden Teil des Kathodenfallgebietes, in dieses eindringen und, unter Umständen noch durch eine Pendelbewegung zwischen den Kathodenflächen verstärkt, eine zusätzliche Ionisierung bewirken. Durch geeignete Kombination der Meßergebnisse läßt sich schließen, daß eine Hohlkathodenwirkung auch noch bei Drücken vorhanden ist, wo eine Deutung durch die Elektronenschuß-Pendeltheorie nicht mehr möglich ist. Zur Erklärung wird eine Erweiterung der üblichen Kathodenfalltheorie herangezogen, nach der eine Elektronenbefreiung nicht nur durch die im Fallraum erzeugten Ionen stattfindet, sondern auch durch Ionen, die aus dem Glimmlicht in den Fallraum eindiffundieren, und durch Metastabile und Photonen, die an die Kathodenoberfläche gelangen. Die Theorie wird an dem einfachen Steenbeckschen Kathodenfallmodell entwickelt. Insbesondere der Befund, daß die Hohlkathodenwirkung in Zylindern auch von der Zylinderlänge abhängt, und zwar mit dieser zunimmt, wird als Beweis für die Richtigkeit der entwickelten Vorstellungen angesehen. Ergänzend wird die Stromverteilung auf die einzelnen Teile der Kathodenoberfläche und die spektrale Intensitätsverteilung quer durch das Fallraumgebiet untersucht und diskutiert.

*Br.*

DK 537.212 : 621.317.3

**Aufnahme von Potentialfeldern mit dem Elektrolyttrog.** [Nach G. Hepp, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 235; 8 S., 9 B.]

Es wird eine Einrichtung zur Ausmessung von Potentialfeldern mittels des Elektrolyttroges beschrieben. Das Verfahren selbst ist bekannt. Zur Erleichterung der Messungen wurde der Trog verhältnismäßig groß bemessen und demzufolge die Elektrodenmodelle, deren Potentialfelder untersucht werden sollten, in vergrößertem Maßstabe verwendet. Die Elektroden sowie die für die Messungen nötige Sonde bestanden aus Kupfer, während als Elektrolyt gewöhnliches Leitungswasser diente, da dessen Leitfähigkeit hinreichend groß ist. Das jeweilige Potential der Sonde wird mit dem Potential des Schleifkontaktes eines Potentiometers verglichen, wobei der Schleifkontakt so eingestellt wird, daß der Spannungsunterschied verschwindet. Ein Verstärker sicherte die notwendige Empfindlichkeit. Als Wechselspannungsquelle diente eine elektrische Stimmgabel mit  $f \approx 380$  Hz, der ein Kraftverstärker nachgeschaltet war. Der Meßverstärker wies einen auf die Meßfrequenz abgestimmten Resonanzkreis zur Unterdrückung von Störspannungen aus dem Lichtnetz auf; der Spannungsunterschied zwischen Sonde und Schleifkontakt wurde also selektiv verstärkt. Nach erfolgter Gleichrichtung ist eine Kontrolle mittels Meßinstrumentes möglich. Allerdings läßt sich kein scharfes Minimum fest-

stellen, da zwischen den Potentialen der Sonde und des Schleifkontaktes stets ein kleiner Phasenunterschied besteht. Zur eindeutigen Bestimmung des Minimums war daher noch ein besonderer Phasenanzeiger vorgesehen. Die mechanische Anordnung der ganzen Meßeinrichtung war so vorgenommen, daß die Sonde mit Leichtigkeit über die gesamte Oberfläche des Troges verschoben werden konnte und sich somit jeder beliebige Punkt erreichen ließ. Mit der Sonde war ein Bleistift starr verbunden, der allen Bewegungen der Sonde folgte. Er befand sich über einem Blatt Papier, das in unmittelbarer Nähe des Troges ausgebreitet war und auf dem die Umrisse bzw. Schnitte der Elektroden in natürlicher Größe dargestellt waren. Durch Betätigung eines in der Nähe der Sonde angeordneten Hebels konnte der Bleistift auf das Papier gedrückt werden und gab dann auf diesem die jeweilige Stellung der Sonde im Elektroden-system an. Durch Aufsuchen von Sondenstellungen gleichen Potentials können somit die einzelnen Äquipotentiallinien punktweise konstruiert werden. In manchen Fällen ist eine weitere Vereinfachung des Verfahrens durch einen halb selbsttätigen Arbeitsgang erwünscht; dabei kann dann z. B. die Sonde und damit der Bleistift durch einen Motor in der Längsrichtung bewegt werden, während gleichzeitig die Querverschiebung von Hand derart geregelt wird, daß die beiden oben erwähnten Meßinstrumente ständig ein Minimum zeigen. Damit in diesem Fall die Taste nicht ständig niedergedrückt werden muß, wurde ein umlegbares Gewicht vorgesehen, das dann in der einen Stellung diese Tätigkeit übernimmt. Am Schluß des Aufsatzes werden noch einige mit dem beschriebenen Gerät erhaltene Potentiogramme verschiedener Elektroden-systeme wiedergegeben. *Nwg.*

DK 537.222.2 : 621.3.015.33

**Die Beladung dielektrischer Oberflächen bei Stoßspannungen.** [Nach H.-W. Conradt, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 109; 8 S., 18 B.]

Im Zusammenhang mit den modernen elektrostatischen Maschinen zur Erzeugung von Gleich-Höchstspannungen ist die Ladungsmenge von Interesse, die sich auf Isolator-Oberflächen unterbringen läßt. Bei gleichmäßiger Beladung der Oberfläche kann die Ladungsdichte nur so hoch ansteigen, daß die von ihr erzeugte Feldstärke die Durchbruchspannung des umgebenden Gases erreicht; daher ist  $\sigma$  in atmosphärischer Luft bei Metalloberflächen ( $\epsilon = 4\pi\sigma$ ) auf 8 elektrostatische Einheiten, bei einseitiger gleichmäßiger Beladung dünner ebener Isolatorplatten in großem Abstand von Leitern auf das Doppelte hiervon begrenzt (die Hälfte der Feldlinien tritt unmittelbar in die Luft, die andere rückseitig nach Durchtritt durch das Dielektrikum). Die einfache Reibungsanregung von Glas mit Seide und Hartgummi mit Katzenfell ergab als experimentellen Höchstwert 50 bis 75% des theoretischen. — Schon Przibram fand, daß die Ladungsdichte in Lichtenbergschen Gleitfiguren viel höher ist als der theoretische Grenzwert gleichmäßiger Beladung. Die vorliegende Arbeit mißt die bei einem Spannungsstoß in Form einer Lichtenberg-Figur auf eine Isolatorplatte (Glas, Condensa, Calit) fließende Ladungsmenge unmittelbar im Faraday-Käfig; die Flächengröße der Ladungsfigur wird aus einer unter gleichen Bedingungen gemachten photographischen Aufnahme oder nach Bestäubung der beladenen Platte bestimmt. Es wurden für negative Stöße auf Glasplatten Ladungsdichten von 70 elektrostatischen Einheiten/cm<sup>2</sup> gefunden, für positive 80 bis 100. Die Erklärung für die hohen Werte liegt offensichtlich darin, daß die von den dünnen geladenen Strahlen ausgehenden Feldlinien nur zum kleinen Bruchteil unmittelbar in die Luft austreten, während der Hauptteil zunächst ins Dielektrikum eintritt, dort divergiert und erst mit wesentlich verminderter Dichte an Vorder- oder Rückseite aus der Dielektrikumplatte in die Luft austritt. Das steht in Einklang mit der Tatsache, daß bei den diffusen negativen Figuren die Ladungsdichte kleiner ist als bei den schärfer begrenzten positiven Figuren.

Sehr viel Sorgfalt ist auf die Messung der Ladungsmenge verwandt; alle Operationen — Beladung der Platte, Abheben von der geerdeten Grundplatte und Einschieben des beladenen Isolators in den Faradaykäfig — erfolgen in einem geschlossenen Metallkasten, der von staub- und ozonfreier trockener Luft durchspült wird. Beim Abheben von stark beladenen Isolatorplatten von der geerdeten Grundplatte sprühen von dieser auf die Rückseite der Isolatorplatte Gegenladungen auf; die gemessenen Ladungen sind also Mindestwerte gegenüber den Ladungsdichten in der unveränderten Lichtenberg-Anordnung.

Die Ladungsmengen zeigen für konstante Spannung bei positiven Figuren mit zunehmender Isolatordicke ein Maximum, bei negativen Figuren nimmt die Ladungsmenge mindestens oberhalb 2 mm Plattendicke monoton ab; die Ladungsmengen



verhalten sich ähnlich wie die Figurengrößen. Die Oberflächenbeschaffenheit spielt keine direkte Rolle. Der erste Ladungsstoß gibt, insbesondere bei dünnen Platten und hohen Spannungen, teilweise sehr viel (bis fünfmal) größere Ladungsmengen als die folgenden Stöße (unvollständige Entladung der Platte?). Erholung auf den Anfangswert erforderte Ruhepausen von etwa einen Tag. *M. Stb.*

DK 621.385.833

**Intensitätsfragen und Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskops.** [Nach M. v. Ardenne, Z. Phys. 112 (1939) S. 744; 9 S., 4 B.]

Für die praktische Anwendung des Elektronenmikroskops ist die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen den Stromdichten an der Kathode und in den verschiedenen Bildebenen nötig; insbesondere hängen von der Stromdichte des Endbildes sowohl Auflösungsvermögen wie Belichtungszeit ab. Für die Stromdichte des Endbildes gilt

$$i = \left( \frac{A_2}{A_0} \right)^2 \frac{1}{V^2} i_0.$$

wenn  $A_0$  die Apertur der Elektronenquelle,  $A_2$  die wirksame gegenstandsseitige Apertur der Objektivspule,  $V$  die Gesamtvergrößerung und  $i_0$  die Stromdichte der Kathode bedeuten. Die Stromdichte des Endbildes nimmt also mit zunehmender Vergrößerung ab. Um eine möglichst große Stromdichte zu erhalten, hat es also keinen Zweck, die Vergrößerung über die durch die Abbildungsfehler und die Korngröße der photographischen Platte bzw. des Fluoreszenzschirmes gegebene Grenze zu erhöhen. Die günstigste Vergrößerung ist  $V \approx d_r/d$ , wenn  $d_r$  das Auflösungsvermögen der photographischen Schicht (rd.  $10^{-2}$ ) oder des Leuchtschirms und  $d$  das des Mikroskops bedeutet. Berücksichtigt man den Zusammenhang zwischen zulässiger Apertur und Öffnungsfehler, so ergibt sich aus

$$A_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{d}{0,35 \text{ } \mu\text{m} f} \right)^{1/2}; k = \frac{f}{D_P}$$

( $f$  Brennweite,  $D_P$  wirksamer Polschuhdurchmesser) ein Zusammenhang zwischen der Stromdichte  $i$  und der durch den Öffnungsfehler bedingten Grenze des Auflösungsvermögens. Damit ist unter Zugrundelegung der bekannten Schwärzungswerte handelsüblicher Photoschichten für Elektronen die Aufstellung einer Kurventafel für den Zusammenhang zwischen Belichtungszeit und Stromdichte  $i$  möglich. Es ergibt sich, daß bei den üblichen Voltgeschwindigkeiten des Elektronenmikroskops der Stromdichte von  $10^{-9}$  A/cm (unter praktischen Voraussetzungen entsprechend einem Auflösungsvermögen von  $10^{-6}$  mm) theoretisch eine Belichtungszeit von nur  $10^{-2}$  s zukommt, die etwa hundertmal kleiner ist als die praktisch angewendeten Belichtungszeiten. Die Flächenhelle des Leuchtschirmbildes ist

$$E = \frac{i U \eta 10^4 \pi}{0,8} \text{ in lx}$$

( $U$  Anodenspannung,  $\eta$  Wirkungsgrad des Leuchtstoffes). Die noch ausreichende Flächenhelle  $E = 1$  lx ergibt für gut auflösende Leuchtschirme (Einkristalle,  $d = 10^{-2}$  mm,  $\eta \approx 0,8$  HK/W)  $i = 5 \cdot 10^{-10}$  A/cm<sup>2</sup>, für schlecht auflösende (Vielkristall-Leuchtschirm,  $d = 0,1$  mm,  $\eta \approx 10$  HK/W)  $i = 4 \cdot 10^{-11}$  als Mindestwert für visuelle Beobachtung bei einer Anodenspannung von 70 000 V. Da sich die Elektronenquelle schwer kleiner als 0,1 mm ausbilden läßt, ist es zweckmäßig, ein verkleinerndes Kondensatorsystem zu benutzen, um den Objektträger und die außerhalb des Gesichtsfeldes liegenden Objektteile nicht unnötig mit Elektronen zu belasten. Die Kondensorapertur soll dabei nicht größer sein als die Objektapertur. Da theoretisch auch bei großem Auflösungsvermögen nur kleine Belichtungszeiten erforderlich sind, erlaubt die sich daraus ergebende Intensitätsreserve die Einführung des Dunkelfeldverfahrens, wobei der Intensitätsverlust gegenüber dem Hellfeldverfahren etwa 3 Zehnerpotenzen beträgt. *Kll.*

### Allgemeiner Maschinenbau

DK 621.941 : 620.178.3

**Das Schwingungsverhalten eines gußeisernen und eines stählernen Drehbankbettes.** [Nach Kienzle u. H. Kettner, Werkstattstechnik 33 (1939) S. 229; 9 S., 17 B.]

Es werden die Hauptgesichtspunkte, Vorteile und Anwendungsgebiete von Guß- und Schweißkonstruktion mit-

einander verglichen; allgemein ist der Stahlbau durch bessere Änderungsmöglichkeiten, kürzere Lieferzeit und geringeres Gewicht bei etwa gleicher statischer und dynamischer Starrheit überlegen. Die Schwingungserreger der Werkzeugmaschinen sind das Getriebe und das Werkzeug mit Werkstück, wofür im einzelnen Beispiele angegeben werden. Das Schwingungsverhalten der Drehbankausführungen wurde durch Versuchsaufbauten mit künstlich schwingender magnetischer Zugkraft mit Speisung eines Magneten mit Gleichstrom und überlagertem Wechselstrom mit stetig zwischen 10 bis 600 Hz regelbarer Frequenz untersucht. Die Schwingungsweiten und Schwingungszahlen wurden dabei durch Meßkondensatoren ermittelt, die Feinmeßschrauben für genaue Luftspalteinstellung besaßen. Der Versuchsaufbau hatte meist acht Meßkondensatoren an einer Drehbank. In den Oszillogrammen der Versuchsergebnisse über das Verhalten der nackten Betten und der zusammengebauten Drehbänke wurde neben der Bettenschwingung auch die Magneterregung mit aufgenommen und eine Umschaltung auf die einzelnen Meßstellen derart bewirkt, daß bei der Durchführung der Messungen ein einziger Verstärker ausreichte. Überraschenderweise zeigte das Stahlbett eine bessere Dämpfung. Aus dem angegebenen Resonanzverlauf und den räumlichen Schwingungsbildern der beiden Drehbankbauarten wird ersichtlich, daß die Schwingungsweiten bei der Stahlausführung geringer sind. Allgemein ergibt sich, daß die stählernen Drehbankbetten brauchbar sind. *Tsch.*

### Verschiedenes

DK 621.317.35

**Harmonische Analyse von Drehkraftkurven.** [Nach A. Bourrier, AEG-Mitt. 7 (1939) S. 326; 5 S., 5 B.]

Maßgebend für die Bemessung des Schwungmomentes elektrisch angetriebener langsamlaufender Kolbenverdichter bei unmittelbarem Antrieb sind nicht der Ungleichförmigkeitsgrad, sondern die auf der Netzseite auftretenden periodischen Strom- und Leistungspendelungen. Da die einzelnen, vom Kurbetrieb herrührenden Impulse je nach ihrer Dauer und Größe sich unterschiedlich auf das Netz auswirken, muß zunächst die Drehkraftkurve analysiert werden, d. h. es müssen die Amplituden der einzelnen Harmonischen und deren Phasenlagen festgestellt werden. Diese Rechnung läßt sich leicht mit Hilfe einer Rechentafel, die auf der 15-Gradteilung aufgebaut ist, durchführen.

Die mathematische Ableitung des Verfahrens ermöglicht es, die Diagramme für die höheren Harmonischen zu zeichnen oder eine entsprechende Rechentafel, die auf der 10-Gradteilung aufgebaut ist, zu entwickeln. Es ist nicht notwendig, die einzelnen Harmonischen und deren Resultierende aufzuzeichnen, vielmehr kann man, wenn die Vektoren der Harmonischen gefunden sind, in die Diagramme unter Berücksichtigung der Phasenverschiebung der Netzleistungspendelung gegenüber dem Impulsmoment die Vektoren der Netzleistungspendelung selbst, deren Größe durch besondere Rechnung ermittelt wurde, eintragen. Da sich die Vektoren in den einzelnen Diagrammen geometrisch addieren lassen, eignet sich die Rechentafel besonders gut zur Ermittlung der günstigsten Kurbelversetzung von Mehrkurbelverdichtern. Diese Untersuchungen können entweder an den Vektoren des Impulsmomentes oder denen der Netzleistungspendelung vorgenommen werden. Der Aufbau der Rechentafel führt zwangsläufig zur folgerichtigen Durchführung des Rechnungsganges, bei dem nur die vier Grundrechnungsarten verwendet werden, und der sich, da alle Zwischenrechnungen auf der Tafel durchgeführt werden, leicht nachprüfen läßt. Deckblätter und Tafeln für die Sinusfunktionen sind nicht erforderlich. Die Rechentafel ist damit zu einem wertvollen Hilfsmittel für den planenden Ingenieur geworden. *eb.*

### AUS LETZTER ZEIT.

#### Merkblatt für die Verarbeitung von Clophen.

Bei der Verarbeitung von Clophen, das bekanntlich ein chlorierter Kohlenwasserstoff ist, können unter Umständen Gesundheitsstörungen auftreten. Die Wirtschaftsstelle Starkstromkondensatoren E. V., Berlin W 35, Corneliusstraße 4, gibt ein Merkblatt heraus, in dem geeignete Maßnahmen angegeben sind, bei deren Beachtung und Anwendung sich Clophen ohne Nachteile verarbeiten läßt.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 50 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

## Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte einen Entwurf zu einer Neubearbeitung von

VDE 0252 „Vorschriften für umhüllte Leitungen“ ausgearbeitet, der in ETZ 61 (1940) H. 4, S. 95 veröffentlicht war. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche wurden einige Ergänzungen und Änderungen vorgenommen, die in ETZ 61 (1940) H. 23, S. 518 abgedruckt sind.

Der damit vorliegende endgültige Wortlaut der Vorschriften ist vom Vorsitzenden des VDE im Mai 1940 genehmigt worden und tritt am 1. Juli 1940 in Kraft.

Ferner hat der Ausschuß eine neue Bestimmung

VDE 0260 K „K-Vorschriften für Papierbleikabel mit Aluminiumleitern bis 1 kV“

aufgestellt, die im Mai 1940 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt wurde und mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft tritt. Sonderdrucke sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erhältlich.

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte einen Entwurf zu Umstell-Vorschriften für Mantelleitungen (Mantel aus thermoplastischem Kunststoff) aufgestellt, der als § 8 B in VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ aufgenommen werden sollte und in ETZ 60 (1939) H. 49, S. 1411 veröffentlicht war.

Der Ausschuß hat beschlossen, die Bestimmungen über Mantelleitungen nicht als Umstell-Vorschriften herauszugeben, sondern sie in

VDE 0283 „Richtlinien für probeweise zugelassene isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“

als § 9 zu übernehmen. Der Wortlaut ist gegenüber der Veröffentlichung des Entwurfes unverändert. Die Änderung von VDE 0283 ist durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1940 genehmigt worden und tritt mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Elektrische Bahnen.** Leiter: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VLE  
11. Juni 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.  
Berechnungsabend 2: „Elektrische Ausrüstung von Wechselstrom-Triebfahrzeugen“. Vortragender: Reg.-Baurat Dr.-Ing. habil. H. Kother VDE.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE

13. Juni 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

Vortragsreihe „Fernsehen“: „Breitbandverstärker“. Vortragender: Dipl.-Ing. Rud. Schienemann.

**Elektrizitätswerke.** Leiter: Dipl.-Ing. H. Beling VDE

14. Juni 1940, 16<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer.

„Die Anpassung des Kraftwerkbaues an die energiewirtschaftliche Aufgabestellung bei Errichtung neuer und Erweiterung bestehender Dampfkraftwerke“. Vortragender: Dipl.-Ing. K. Schröder.

VDE Bezirk Berlin  
vormals Elektrotechnischer Verein  
Der Geschäftsführer  
Burghoff

## Sitzungskalender

VDE Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund. 19. 6. (Mi), 20<sup>00</sup>, Gaststätte „Berghoff“, Rheinische Str. 2, Ecke Körnerplatz: „Der heutige Stand der Überspannungsschutzfrage“ (m. Lichtb.). Dr. R. Foitzik VDE.

## PERSÖNLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**W. Petersen.** — Als der Verband Deutscher Elektrotechniker im Jahre 1938 Herrn Professor Dr.-Ing. Waldemar Petersen VDE zu seinem Ehrenmitglied ernannte, kennzeichnete ihn die aus diesem Anlaß ausgefertigte Ehrenurkunde als „den hervorragenden Lehrer und Forscher, dem die Hochspannungstechnik den Ausbau ihrer wissenschaftlichen Grundlagen und die Elektrizitätswirtschaft die Sicherung ihrer Hochspannungsstraßen verdankt“.

In diesem kurzen Satz ist das Lebenswerk des Mannes, der am 10. Juni sein 60. Lebensjahr vollendet, in großen Zügen umrissen, aber darüber hinaus hat sich Petersen als der führende Techniker der AEG auch auf fast allen übrigen Gebieten der elektrotechnischen Fertigung bleibende Verdienste erworben.

Zur Elektrotechnik trat er schon in jugendlichen Jahren in Beziehungen. Nach Beendigung seiner Schulzeit wandte er sich im Jahre 1899 dem elektrotechnischen Studium an



W. Petersen

der Technischen Hochschule in Darmstadt zu. Kittler, dessen Nachfolger er später wurde, war damals sein Lehrmeister, der die Begabung seines Schülers sehr bald erkannte und Petersen nach Ableistung seiner Militärdienstpflicht als Assistenten zu sich berief. Im Anschluß an seine Habilitation im Jahre 1907 richtete Petersen an der Darmstädter Hochschule ein Hochspannungslaboratorium ein, das das erste derartige Institut an einer deutschen Hochschule war und Darmstadts Ruf als führende Lehrstätte der Hochspannungstechnik begründete. Petersen richtete dort seine Untersuchungen zunächst darauf, Klarheit und System in den damaligen Stand der Erkenntnisse auf dem Gebiet der Hochspannungstechnik zu bringen. Über die Ergebnisse berichtete er 1910 in einem Buch „Hochspannungstechnik“, das zum Standardwerk dieses Fachgebietes im In- und Ausland wurde. Seine weiteren Forschungen als junger Titular- und später als ordentlicher Professor galten im beson-

deren der Ergründung von Überstrom- und Überspannungsfragen in der Praxis und im Laboratorium. Das wichtigste Ergebnis dieser umfangreichen Arbeiten war die Schaffung der nach ihm benannten Petersen-Spule, eines Überspannungsschutzes für Hochspannungsanlagen, der die Betriebssicherheit dieser Anlagen wesentlich erhöhte und damit die Energieversorgung in allen Ländern maßgeblich gefördert hat. Es gibt heute in Deutschland kein Netz von Bedeutung, das nicht mit diesen Spulen, durch die mit einem Schläge die Erdschlußfrage gelöst war, ausgerüstet wäre.

Die Nachfolgeschaft Kittlers trat Petersen im Jahre 1918 an. Unzählige tüchtige Ingenieure sind aus seinen Vorlesungen und Seminaren hervorgegangen und haben selbst inzwischen vielfach führende Plätze in der Elektroindustrie, Wissenschaft und Wirtschaft eingenommen. Noch heute gehört Petersen — wenn auch beurlaubt — dem Lehrkörper der Darmstädter Hochschule an, um mit seinen reichen Erfahrungen als Ingenieur und Pädagoge jederzeit mit Rat und Tat zur Verfügung zu stehen.

Seine Berufung in den Vorstand der AEG, dessen stellvertretender Vorsitz er nunmehr seit vielen Jahren ist, erfolgte im Jahre 1926. Auf allen Gebieten ihrer Fertigung verdankt ihm die AEG Neuerungen und Fortschritte. Petersens Bestreben war es stets, die Güte aller Erzeugnisse auf den höchsten Stand zu bringen, den Fortschritt zu pflegen und hierdurch den Markt zu gewinnen.

Zu jeder Zeit, vor allem auch als Rektor, hat sich Petersen für die nationalen Interessen Deutschlands eingesetzt, was auch in seiner Ernennung zum Wehrwirtschaftsführer zum Ausdruck kam. Unter den vielen Ehrungen, die dem nunmehr sechzigjährigen „Vater der modernen Hochspannungstechnik“ im Laufe der Jahre außerdem zuteil geworden sind, seien noch die Verleihungen des Dr. rer. pol. h. c. durch die Universität Königsberg und des Museumsringes für Verdienste um die Schaffung des Deutschen Museums in München durch die Bayerische Regierung erwähnt.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 615.84

### Physikalische Medizin in Diagnostik und Therapie.

Von Dr.-Ing. Dr. med. W. Holzer. Mit 248 B., 88 Taf., XIV u. 674 S. im Format B 5. Verlag Wilh. Maudrich, Wien 1940. Preis geb. 40 RM.

Das Buch von Holzer zeichnet sich dadurch aus, daß es den physikalischen Vorgängen in der Medizin auf den Grund zu gehen sucht. Es gibt nicht nur eine Übersicht auf die Verfahren der physikalischen Therapie und Diagnostik, sondern es versucht, die Vorgänge auf physikalische und biologische Grundgesetze zurückzuführen. Es wird also nicht nur das „Wie“, sondern in erster Linie das „Warum“ behandelt. Während die chemische Richtung der Medizin über zahlreiche Werke verfügt, insbesondere in der Richtung der experimentellen Pharmakologie, hat ein analoges Werk in der physikalischen Richtung bisher noch gefehlt. Diese Lücke wird durch das vorliegende Werk ausgefüllt; der Verfasser ist dafür als Physiker besonders berufen.

In den ersten Abschnitten des Buches werden die wichtigsten physikalischen und elektrotechnischen Grundlagen behandelt sowie einige wichtige Tatsachen der pathologischen Physiologie. Von diagnostischen Verfahren werden vor allen Dingen die Elektrokardiographie, Elektroenzephalographie und die Verfahren zur Bestimmung der Erregbarkeit von Nerven- und Muskelgeweben besprochen, einschließlich der Chronaxie. Dazu werden einige neuere Verfahren der Kreislaufuntersuchung und Kreislaufdiagnostik und die Grundumsatzbestimmung behandelt. Die therapeutischen Wirkungen werden auf einige Grundgesetze der Biologie zurückgeführt. Es wird ausgegangen davon, daß alle Reizarten primär unspezifisch wirken, daß es eine Spezifität nur auf Grund verschiedenartiger Absorption gibt. Aufgabe der physikalischen Therapie ist, die zweckmäßigen Reaktionen des Organismus zu unterstützen. Wichtige Grundlagen der Wirkung sind das Arndt-Schulzche Gesetz und das Wildersche Ausgangswertgesetz.

Auf diesen Gesetzmäßigkeiten fußend werden schematische Richtlinien und Vorschriften für die einzelnen Anwendungen gegeben. Außer den bekannten Verfahren der physikalischen Medizin wird auch den Grundlagen der Elektrochirurgie ein Kapitel gewidmet. Viele Ergebnisse und Anwendungsarten werden in Tabellen dargestellt.

Der Verfasser hat allgemein auf anschauliche Darstellung hingearbeitet, was ihm auch gelungen ist. Diesem Zweck dienen auch die zahlreichen Bilder, die zum Teil von dem Maler

Pistorius gezeichnet sind. Auch die anderen Bilder sind übersichtlich und dienen alle dem Zweck, das Dargestellte dem Leser klarzumachen; auf die nichtssagenden Außenansichten von Apparaten ist verzichtet worden.

Nicht zu vergessen ist die Ausstattung des Buches durch den Verlag Wilhelm Maudrich, die als hervorragend bezeichnet werden muß. Alles in allem ein Werk, dessen Besitz Freude macht und das als Standard- und Nachschlagewerk für das ganze Gebiet der physikalischen Medizin dienen kann.

E. Schliephake

DK 534.837

### Schallabwehr im Bau- und Maschinenwesen.

Sechs Vorträge und eine Tabellen- und Formelsammlung von L. Cremer, W. Dürhammer, E. Lübcke, E. Meyer, W. Piening und W. Zeller. Veranstaltet durch das Außeninstitut der T. H. Berlin und den Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure. Herausg. von E. Lübcke. Mit 145 B., VI u. 166 S. im Format 160 × 235 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geb. 15,— RM, geb. 16,50 RM.

Das vom Verlag musterhaft ausgestattete Buch ist jedem zu empfehlen, der sich über den gegenwärtigen Stand der Lärminderungstechnik und ihre Grenzgebiete unterrichten will. Dem Praktiker gibt es wertvolle Winke, was er tun und lassen soll. Bei den schnellen Fortschritten der Erfahrungen und Erkenntnisse auf diesem Fachgebiet war eine zusammenfassende Darstellung wieder fällig. Der unmittelbare Anlaß für die Herausgabe des Buches war eine Vortragsreihe seiner Verfasser im Rahmen der techn.-wiss. Veranstaltungen des Berliner Bezirksvereins deutscher Ingenieure in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Techn. Hochschule Berlin und dem Fachausschuß für Lärminderung beim VDI. Das Buch bringt einleitend eine Übersicht über die wissenschaftlichen Grundlagen der Schalltechnik (E. Lübcke) und das schalltechnische Prüfwesen (E. Meyer). Anschließend folgen die physikalischen Grundlagen der Schallabwehr im Hochbau (L. Cremer), die praktische Schallabwehr im Hochbau (W. Dürhammer), im Maschinenwesen (W. Zeller, E. Lübcke) und bei Fahrzeugen (W. Piening). Den Schluß bildet eine Zusammenstellung von Begriffen, Erklärungen, Tabellen und Formeln (E. Lübcke).

Wir wünschen dem Buch den verdienten Erfolg.

R. Berger

## EINGÄNGE

[Ausführliche Besprechungen vorbehalten.]

AEG-Hilfsbuch für elektrische Licht- und Kraftanlagen. 4. Aufl. Mit zahlr. B., VIII u. 655 S. im Format A 5. Verlag W. Girardet, Essen 1939. Preis kart. 4,80 RM.

[Dem jetzigen Stand der Entwicklung unter Berücksichtigung der VDE-Vorschriften angepaßt, ist die 4. Auflage für den Fachmann ein wertvoller Behelf bei Entwurf, Ausführung und Betrieb elektrischer Anlagen. Die Einteilung ist noch übersichtlicher als früher, einzelne Abschnitte wurden erweitert, und durch Zusammenfassung sind neue Abschnitte hinzugekommen. Bemerkenswert oder neu sind folgende Abschnitte oder Ergänzungen: Leitungsarten, deren Aufbau und Bezeichnung, Richtlinien für Anlagen bis 35 kV mit Antriebsmaschinen, selbsttätige Ladeeinrichtungen für Fahrzeugbatterien, selbsttätige Spannungsregler, neuzeitliche Schutzeinrichtungen, Umspanner mit Anzapfschaltern, Notstromanlagen, Schaltanlagen mit Berücksichtigung von Al- und Mg-Leitungen, Leistungsschalter mit Antrieben, Planung und Bau nach der AEG-Regelbauweise, Schaltwarten, Berechnung und Begrenzung von Kurzschlüssen, Blindleistungskompensation, elektrische Uhren, der AEG-Elektrozaun, Elektrowärme und der Anhang mit einem Installations- und einem Leitungsplan.] Ob.

### Anschriften des Verfassers der Aufsätze dieses Heftes:

Dipl.-Ing. F. Hölters VDE, Berlin-Lankwitz, Ellsabethstr. 6  
Dr.-Ing. F. Kesselring VDE, Berlin-Frohnau, An der Buche 23  
Dipl.-Ing. Chr. Strobel, Bochum, Bülowstr. 50

Abschluß des Heftes: 31. Mai 1940.

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Heinrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 13. Juni 1940

Heft 24

## Betriebserfahrungen mit Sterndreieckschaltern

Von K. Kirsch VDE, Berlin

DK 621.3.066.33 : 612.3.076.51.004.1

**Übersicht.** Die Verwendung von handbetätigten und selbsttätigen Sterndreieckschaltern erfordert eine genaue Kenntnis des Anlaufvorganges. Verschiedene Betriebsvorfälle geben Veranlassung, die Anlaufbedingungen zu besprechen und auf allgemeine Anwendungsregeln zur richtigen Auswahl der Schaltgeräte hinzuweisen.

Die Festlegung der Anlaufzeit ist hierbei ebenso wichtig wie die Ermittlung des Gegenmomentenverlaufes.

### 1. Einleitung

Obwohl man heute die Auswahl der Maschinenantriebe und die Festlegung ihrer Leistung gründlicher vornimmt als vor wenigen Jahren, so werden dennoch bisweilen Fragen erörtert, die es notwendig erscheinen lassen, über Betriebserfahrungen mit dem Anlauf von Drehstrommotoren in Sterndreieckumschaltung zu berichten. Diese Schaltungsart beruht auf der Erkenntnis, daß das Anlaufdrehmoment des Kurzschlußankermotors direkt abhängig ist vom Quadrat der Klemmenspannung. Die Sterndreieckumschaltung ist daher ein spannungsabhängiger, jedoch nur in grobem Maße beeinflussbarer Anlaufvorgang und gleichbedeutend einem Anlassen mit einer Spannungsänderung im Verhältnis  $1:\sqrt{3}$ , d. h. Drehmoment und Strom betragen in der Anlaufstellung nur ein Drittel der Werte bei voller Wicklungsspannung.

Das Anlaufverhalten der Antriebe ist jedoch verschieden; Kreiselpumpen zeigen ein anderes Gegenmoment als Kohlenmühlen- oder Transmissionsantriebe. Der Lastmomentverlauf während des Anlaufvorganges kann drei Möglichkeiten annehmen: 1. linear verlaufen, 2. quadra-

### 2. Verlauf besonderer Umschaltungen

Mehrere Beispiele sollen den Einfluß verschiedener Betriebsvorgänge auf Strom- und Momentenverlauf zur Darstellung bringen. Der normale Sterndreieckanlauf ist

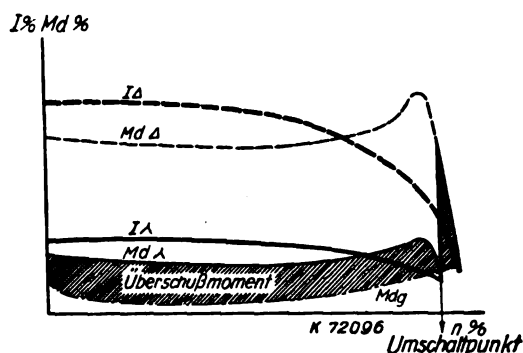


Bild 1. Strom- und Drehmoment bei normaler Sterndreieckumschaltung.

gegenüber anderen Anlaufverfahren ein recht einfacher Vorgang. In Stern geschaltet läuft der Motor je nach Höhe des Beschleunigungsmomentes verschieden rasch hoch. Bei Gleichheit von Last- und Motormoment ist eine weitere Steigerung der Drehzahl nicht mehr möglich. In

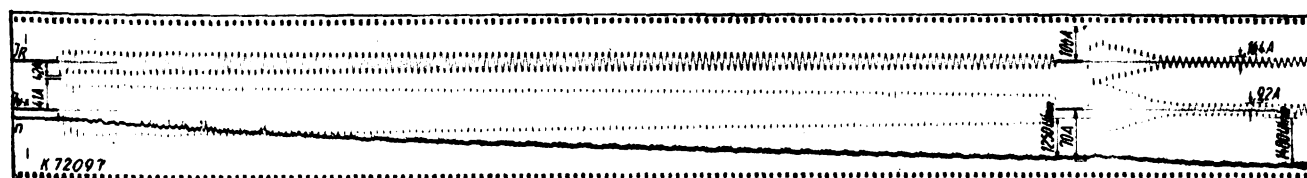


Bild 2. Oszillogramm einer normalen Sterndreieckumschaltung.

tisch bis zum Nennmoment ansteigen oder 3. während des ganzen Anlaufs konstante Werte bis zu voller Höhe des Nennmomentes besitzen. Die Anlaufvorgänge mit linear ansteigendem Gegenmoment können durch eine Sterndreieckumschaltung beherrscht werden. Bei quadratisch ansteigendem Gegenmoment muß der Schweranlauf ausgenommen werden. Ebenso ist ein Anlauf in Sterndreieck bei den unter 3. genannten Verhältnissen nicht möglich. Jeder für Sterndreieckumschaltung vorgesehene Antrieb muß bei der Projektierung genau bekannt sein, da nur der richtig gewählte Motor einwandfreie Sterndreieckumschal-

diesem Punkte muß auf Dreieck, d. h. die volle Wicklungsspannung, zur weiteren Erhöhung der Drehzahl umgeschaltet werden. Beim Umschalten im richtigen Augenblick, d. h. etwa bei 95 % der Nennzahl, ist der auftretende Stromstoß, abgesehen von einer kurzzeitigen Umschaltspitze, rd. das 1,8- bis 2,5fache des Nennstromes. Der Verlauf eines solchen Vorganges ist in Bild 1 und 2 dargestellt.

Wird die Umschaltung von Stern nach Dreieck zu früh eingeleitet, bevor also die Drehzahl genügend angestiegen ist, oder liegt bei selbsttätigen Geräten der Umschalt-

zeitpunkt nicht richtig, so entsteht ein Stromstoß, der unter Umständen die vorgeschalteten Sicherungen oder Selbstschalter zum Ansprechen bringt. Als Ursache hierfür muß unsachgemäße Bedienung bzw. unrichtige Einstellung angesehen werden. Der Fehler tritt z. B. dann

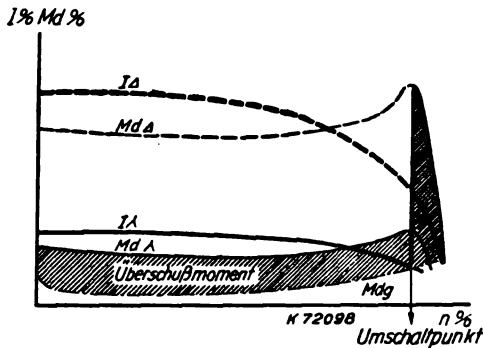


Bild 3. Strom und Drehmoment bei vorzeitiger Stern-dreieckumschaltung.

auf, wenn sich der Bedienende nicht genügend Zeit zum Anlassen nimmt und durch zu rasches Fortschalten den Motor schneller auf die Betriebsdrehzahl bringen möchte. Strom- und Momentverlauf dabei zeigt Bild 3.

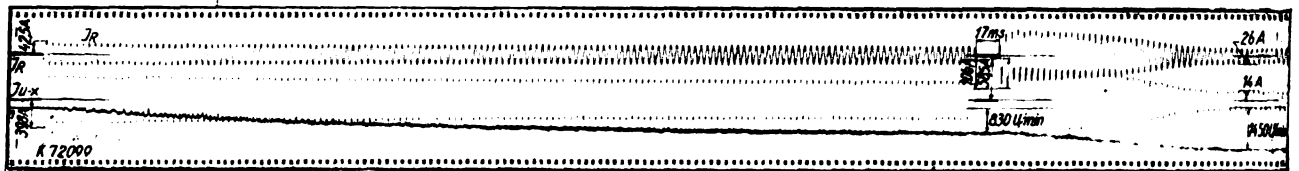


Bild 4. Oszillogramm einer vorzeitigen Stern-dreieckumschaltung.

Bei der Umschaltung auf Dreieck tritt außer dem erhöhten Stromstoß, der sich aus der Motorenkennlinie ergibt, ebenso wie beim Einschalten von Motoren eine allgemein vernachlässigte Stromspitze auf, die 1/2 bis 1 Periode dauert und durch die Um- bzw. Neumagnetisierung des Eisens bedingt ist (s. Bild 2).

Der Fall kann jedoch auch so liegen, daß z. B. bei Pumpenantrieben der Schnittpunkt zwischen Lastmoment und Motormoment bei einer Umdrehungszahl erreicht wird, der ein Umschaltstrom in fast der vollen Höhe des Einschaltstromes bei unmittelbarer Einschaltung entspricht. In diesem Falle bestimmt also die Eigenschaft der Antriebsmaschine die Lage des Umschaltpunktes. Das bedeutet, daß mit Rücksicht auf die Höhe des Umschaltstromes stärkere Versicherungen oder auch eine höhere Einstellung der Schnellauslöser der Selbstschalter gewählt werden müssen, um ein Umschalten zu ermöglichen. Damit ist derselbe Betriebsfall wie bei einer unmittelbaren Einschaltung erreicht. Die Ursache hierfür kann eine fehlerhafte Festlegung des Motors oder eine unrichtige Annahme des Gegenmomentenverlaufes sein. Ein ähnlicher Betriebsfall ist in Bild 4 dargestellt.

Läuft der Motor in einem solchen Falle in der Sternstellung ohne Umschaltung weiter, so ergibt dies Überströme für die Wicklungen. Die eingebauten Überstromrelais schalten, ihre Einstellung auf den Wicklungsstrom vorausgesetzt, sobald eine Gefährdung des Motors eintritt, ab. Ist jedoch nur ein Grobschutz durch Abschmelzsicherungen vorhanden, so ist der Motor thermisch gefährdet. Diese Erscheinungen weisen auf die Bedeutung einwandfrei arbeitender Umschaltelemente und Wärmeauslöser bei selbsttätiger Betätigung hin. Andererseits werden in diesen Sonderfällen handbetätigte Stern-dreieckschalter mit Rast in der Sternstellung nicht verwendet. Weiter zeigt das Beispiel, daß ein Dauerbetrieb in Stern, wie er zum Zwecke einer zeitweisen Leistungsherabsetzung bzw. Leistungsfaktorverbesserung mit der Stern-dreieckschaltung erreicht werden kann, nur dann einwand-

frei durchzuführen ist, wenn die Anlaufverhältnisse eindeutig festliegen.

Ähnlich liegen die Erscheinungen, wenn die Antriebsmotoren von Kreiselpumpen für den Anlauf gegen geschlossene Schieber bemessen werden. Wird der Schieber während des Anlaufes in der Sternstellung oder auch vorher geöffnet, so bedeutet das eine Erhöhung des Belastungsmomentes und ein Einspielen auf eine geringere Drehzahl. Der infolge der Verkleinerung des Beschleunigungsmomentes langsamer erfolgende Anlauf beansprucht thermisch den Motor etwas stärker. Die vorgenommene Umschaltung bei der kleineren Drehzahl bedingt einen höheren Umschaltstromstoß von ungefähr dem 3,5fachen Normalstrom. Dieser Vorgang wird in Bild 5 und 6 gezeigt.

Die Annahme, daß ein schwerer Anlauf, z. B. einer Propellerpumpe, mit einer Einschaltung in Stern-dreieck beherrscht werden könnte, ist nicht richtig. In diesem Falle ist das Gegenmoment schon kurz nach dem Einschalten in voller Höhe des Nennmomentes vorhanden.

Diese Betriebsfälle können auch bei selbsttätigen Stern-dreieckschaltern unabhängig von irgendeiner betriebsmäßigen Handhabung auftreten. Meist ist eine Änderung des Lastmomentes nach Inbetriebnahme nicht

mehr möglich. Es ist in diesem Falle zu prüfen, ob das fernbetätigte Gerät den auftretenden hohen Strombeanspruchungen noch gewachsen ist. Es wäre sehr wohl der

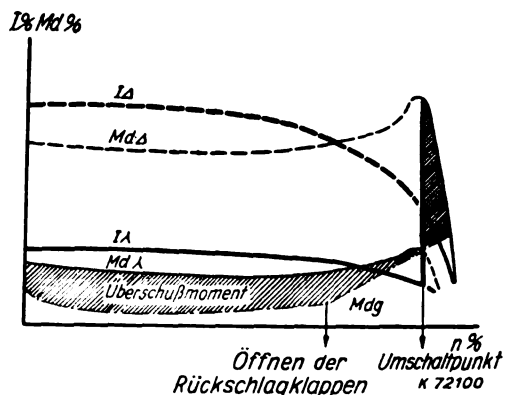


Bild 5. Strom und Drehmoment bei Stern-dreieckumschaltung und vorzeitiger Lastzuschaltung.

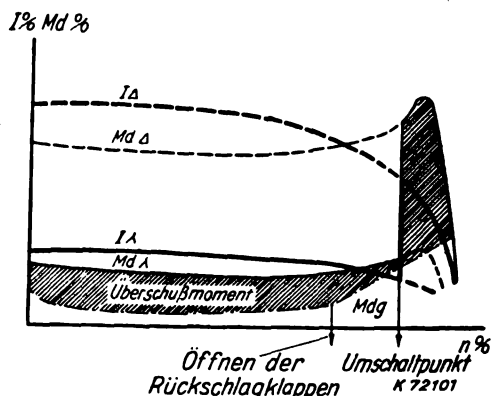


Bild 6. Strom und Drehmoment bei vorzeitiger Stern-dreieckumschaltung und verfrühter Lastzuschaltung.

Fall denkbar, daß Schaltgeräte, wie Ölschütze mit begrenzter Einschaltfestigkeit, normal, d. h. richtig verlaufende Stern-dreieck-Anlaufvorgänge bewältigen, dagegen bei Übersteigen der normal zu erwartenden Strom-

spitzen ungewollt auslösen und dadurch außerordentlich stark beansprucht werden.

### 3. Gesichtspunkte für die Planung

Sofern die Netzverhältnisse die Übernahme des vollen Umschaltstromes irgendwie gestatten, sollte man sich tatsächlich die Frage vorlegen, ob überhaupt ein Anlauf in Stern dreieck notwendig ist. Selbst in schwächeren Netzen, in denen das unmittelbare Einschalten von Kurzschlußläufermotoren auf bestimmte Motorleistungen begrenzt ist, beweist meist die Größe der gewählten Vorsicherung das Auftreten übernormaler Dreieckumschaltströme. Es spielt sich beim Umschalten auf Dreieck letzten Endes ein der unmittelbaren Einschaltung fast gleichwertiger Vorgang ab. Die hohen Umschaltströme sollten aber durch die Stern dreieck einschaltung gerade vermieden werden. Bei dieser Überlegung ist ferner noch zu beachten, daß die unmittelbare Einschaltung ein höheres Einschaltmoment bringt, das sich möglicherweise ungünstig auf Teile der angetriebenen Arbeitsmaschine auswirken kann.

In folgerichtiger Entwicklung in Richtung auf hohe Ausnutzung des Antriebes ist heute der Unterschied zwischen Leistungsbedarf und Motorenleistung nur gering. Bereits bei der Projektierung wird versucht, Wirkungsgrad und Leistungsfaktor auf Höchstwerte zu bringen. Jedoch können Strombezugs-Vorschriften die Wirtschaftlichkeit des Antriebes und die Auswahl der Motoren beeinflussen.

Bei genauer Kenntnis des Leistungsbedarfes ist es nicht nötig, eine Leistungsreserve vorzusehen, da der Motor, der stets von einem Schutzschalter geschützt sein sollte, die ungefährlichen Stromstöße verträgt. Die von den thermischen Auslösern der Schutzschalter zugelassenen Stromspitzen liegen bei richtiger Einstellung innerhalb der VDE-mäßig zugelassenen Belastungsgrenzen.

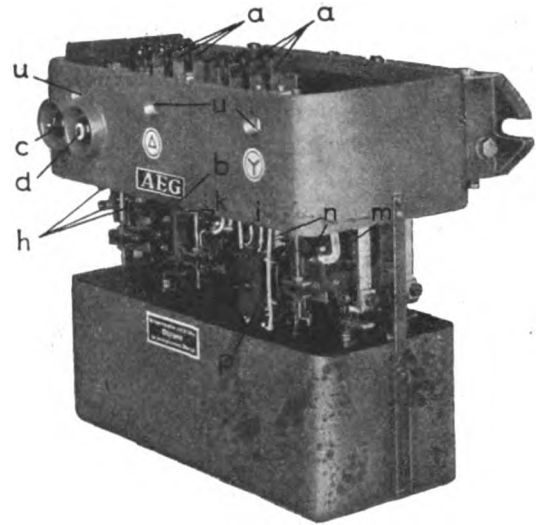
Der Motor muß jedoch so groß gewählt werden, daß ein genügend hohes Beschleunigungsmoment vorhanden ist. Bei einem zu knapp bemessenen Überschußmoment ist die Beschleunigung zu gering. Die Nenndrehzahl wird erst nach verhältnismäßig langer Zeit erreicht, wodurch die Möglichkeit des Ansprechens der Überstromauslöser gegeben ist. Wenn in einem solchen Falle der Austausch des zu klein gewählten Motors nicht mehr möglich sein sollte, so ist, wenn die höheren Umschaltströme nicht vom Netz aufgenommen werden können, ein Hochlaufen des Maschinensatzes nur bei Einbau besonders träger thermischer Auslöser möglich. Dies bedeutet allerdings eine etwas stärkere Erwärmung der Motorenwicklungen.

In der Mehrzahl der beobachteten Betriebsfälle konnten wertvolle Feststellungen, z. B. ob eine fehlerhafte Motorbemessung vorliegt, auf Grund der richtigen Arbeitsweise selbsttätiger Stern dreieck schalter gemacht werden. Die betrieblichen Vorteile führten zur bevorzugten Verwendung zweckmäßig gebauter selbsttätiger Stern dreieck schalter, von denen nachstehend einige neue Bauformen erläutert werden sollen.

### 4. Neuere selbsttätige Stern dreieck schalter

Der in seiner konstruktiven Durchbildung und Arbeitsweise einfache Stern dreieck-Walzenschalter sollte nur für einfachste Fälle und in Verbindung mit einem Motorschutzschalter verwendet werden. Der selbsttätige Stern dreieck schalter vereinigt Umschaltung und Motorschutz in einem Gerät. Ein Ausführungsbeispiel für 16 A ist in Bild 7, die zugehörige Schaltung in Bild 8 wiedergegeben. Das Schaltgerät besteht aus drei Einzelgeräten, die gemäß dem gezeigten Schaltschema in entsprechender Reihenfolge die Betriebsvorgänge einleiten. Durch Betätigen des Einkontaktes am Netzschalter wird dieser eingeschaltet und hält sich über einen Selbstschaltekontakt in dieser Stellung. Von diesem Schalter führt ein Betätigungsstromkreis über die Kontakte des Zeitelementes

zur Zugspule des Sternschalters. Der Sternschalter wird also sofort durch den Netzschalter mit eingelegt. Als Zeitelement für die Umschaltung ist ein einstellbares Federhemmwerk eingebaut. Die Antriebsfeder des Zeitelementes wird bei dem Einschalten in Stern gespannt und beginnt unmittelbar nach Beendigung des Schaltvorgangs in Stern ihre Funktion. Dieses Federhemm-



- |                                            |                                            |                              |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|
| a Bimetallauslöser                         | h Verriegelungskontakt                     | o Antriebsfeder für Hemmwerk |
| b Einschaltmagnet für Netzschalter         | i Zugspule für Dreieckschütz               | p Hemmwerk                   |
| c Eindruckknopf                            | k Verriegelungskontakt                     | q Feder                      |
| d Ausdruckknopf                            | l Selbstschaltekontakt des Dreieckschützes | r Kontakt des Umschaltrelais |
| e Doppel-Druckknopfschalter                | m Zugspule für Sternschütz                 | s Kontakt des Hemmwerkes     |
| f Betätigungsschalter mit Dauerkontaktgabe | n Verriegelungskontakt                     | t Klinke am Hemmwerk         |
| g Verbindung, die bei e oder f wegfällt    |                                            | u Schaltstellungsanzeiger    |

Bild 7. Motorschutz-Stern dreieck-Ölferschwalter für 16 A, bestehend aus Netz-, Stern- und Dreieckschwalter.

werk bewirkt nach Ablauf durch Schließen besonderer Hilfskontakte die Einschaltung des Dreieckschalters und gleichzeitig die Unterbrechung des Stromkreises für den Sternschalter.

Das Hemmwerk wird durch den Anker des Dreieckmagneten zur Rückkehr in die Nullstellung erst nach vollzogenem Dreieck-Einschaltvorgang freigegeben. Dann fällt die Zahnstange des Hemmwerkes unter der Ein-

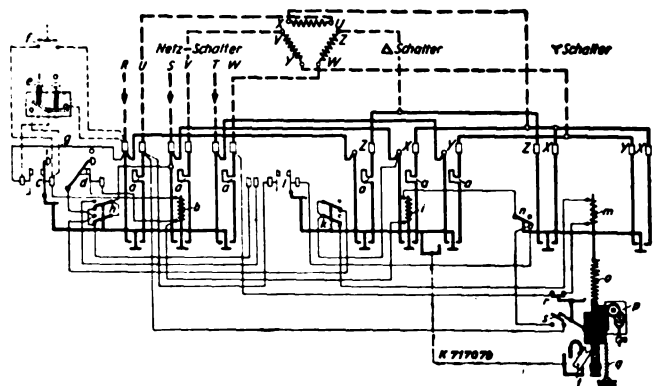


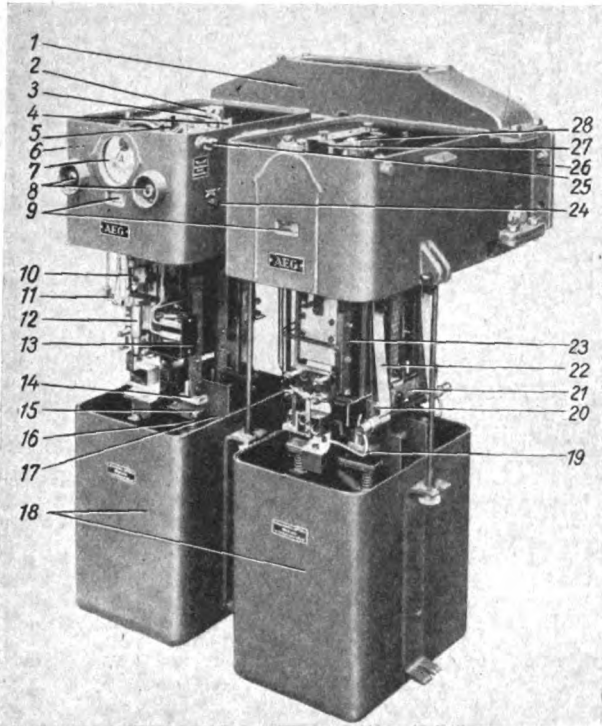
Bild 8. Schaltbild für den Stern dreieck-Ölferschwalter für 16 A. (Zeichenerklärung bei Bild 7.)

wirkung einer Rückzugfeder schlagartig in die Nullstellung, so daß sofort ein erneutes Anlassen möglich ist. Die Schaltung schließt auch ein Rückschalten von Dreieck auf Stern aus. Der vorbeschriebene Stern dreieck schalter schützt die Motoren gegen Überströme sowohl in der Stern- als auch in der Dreieckschaltung, gegen ein-

phasige Einschaltung sowie gegen Erdschluß in jeder Phase. Außerdem ist eine besondere Sicherheit gegen Wiedereinschaltung bei eintretender Blockierung des Dreieckschalters gegeben.

Ein Beispiel für größere Motornennströme bis 110 A zeigt Bild 9 und die Schaltung Bild 10. Der linke Teil des in Bild 9 gezeigten Gerätes ist ein normaler Schalter, während der rechte Teil die Umschaltfunktion vereinigt, indem seitlich besondere Sternkontakte angeordnet sind. Als Steuereinrichtung zur Magneterregung und Umschaltung von Stern auf Dreieck ist ein thermisches Zeit-

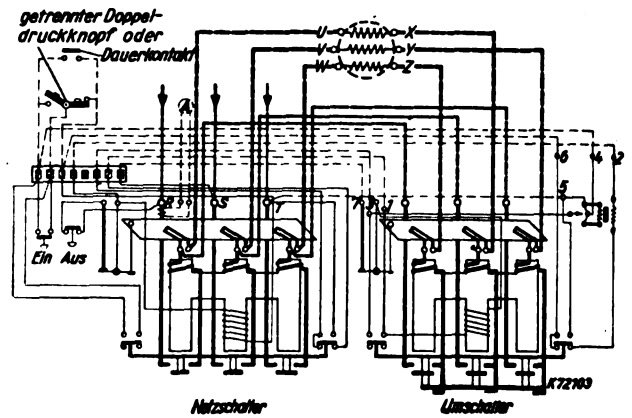
Die Fortschaltung der beschriebenen Geräte ist zeitabhängig, d. h. die Aufteilung des Anlaufvorganges ist durch die Einstellung des umschaltenden Zeitrelais festgelegt. Hierdurch wird eine bestimmte zeitliche Unabhängigkeit von den Motor- und Belastungsverhältnissen erreicht. Die Stromhöhe beim Umschalten und die Drehzahl sind dagegen von dem Lastmoment abhängig.



- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Verbindungsstutzen       | 15 bewegliche Schaltstücke  |
| 2 Wärmeauslöserwelle       | 16 Kontaktdruckfeder        |
| 3 Einstellscheibé          | 17 Traverse                 |
| 4 Wärmeauslöser            | 18 Ölkessel                 |
| 5 Wiedereinschaltsperre    | 19 Abhebebügel              |
| 6 Stromwandler             | 20 bewegliche Sternkontakte |
| 7 Strommesser              | 21 Sternkontakte            |
| 8 Betätigungsdruckknöpfe   | 22 Kontaktfeder             |
| 9 Anzeigevorrichtung       | 23 Magnetsystem             |
| 10 Schnellauslöser         | 24 Prüftaster               |
| 11 Auslösekontakt          | 25 Entsperrknopf            |
| 12 Verzögerungseinrichtung | 26 Anschlußklemme           |
| 13 Fehlerspannungsauslöser | 27 Zeitelement              |
| 14 fester Kontakt          | 28 Zeiteinstellung          |

Bild 9. Motorschutz-Stern-dreieck-Ölferschalter für 110 A, bestehend aus Netzschalter und kombiniertem Umschalter.

element vorgesehen. Es besteht aus einem an der Netzspannung liegenden kleinen Wandler, an dessen Sekundärseite ein Bimetallstreifen mit einem Einstellwiderstand angeschlossen ist. Der Bimetallstreifen schließt beim Durchbiegen einen Steuerkontakt, der die Umschaltung von Stern auf Dreieck einleitet. Hierbei wird der Wandler abgeschaltet, so daß der Wärmestreifen in seine Ausgangsstellung zurückkehren kann. Die Wärmeauslöser sind in den beiden Beispielen für den durch die Motorwicklung fließenden Strom bemessen. Das Umschutzschaltet bei kurzzeitigem Ausschalten des Netzschützes stromlos.



- |                                                             |                                                                           |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1 Wärme- (Bimetall-)Auslöser                                | 7 Selbstschaltekontakt für Netzschalter und Hilfskontakt für Ruhestellung |
| 2 Schaltmagnete                                             | 8 Strommesser                                                             |
| 3 eingebaute Druckknopfschalter                             | 9 Ringstromwandler für Strommesser                                        |
| 4 getrennt angeordneter Druckknopfschalter                  | 10 Schnellauslöser                                                        |
| 4a getrennter Betätigungsschalter (z. B. Schwimmerschalter) | 11 Zeitelement für die Umschaltung von Stern auf Dreieck                  |
| 5 Verbindung fällt bei getrenntem Druckknopfschalter fort   |                                                                           |
| 6 Auslöse- und Wiedereinschaltsperrekontakt                 |                                                                           |

Bild 10. Schaltbild für Motorschutz-Stern-dreieck-Ölferschalter für 200 A mit Netzschalter und kombiniertem Umschalter.

Andere Ausführungsformen zeigen eine anlaufabhängige Fortschaltung von Stern nach Dreieck durch Verwendung eines Umschaltelementes in Form eines Stromwächters. In diesem Falle wird die Umschaltung eingeleitet, wenn mit zunehmender Drehzahl der Strom unter bestimmte Werte abgesunken ist. Damit werden wohl Motordrehmoment und Stromlinie für den gesamten Verlauf festgelegt, jedoch wird die Dauer des Anlaufes von dem veränderlichen Lastmoment nicht unwesentlich beeinflusst. Dies kann sich bei empfindlichen Maschinenantrieben nachteilig auswirken. Bei kleinem Überschußmoment besteht durch die sich über längere Zeit erstreckende höhere Stromaufnahme die Gefahr einer thermischen Gefährdung des Motors. Es ist deshalb zweckmäßiger und genauer, eine mit einfachen Mitteln durchführbare Nachstellung der Auslösezeit eines zeitabhängig fortschaltenden Relais vorzunehmen, das gleichzeitig den gewünschten Überstromschutz besitzt.

5. Zusammenfassung

Zur Festlegung der Hauptwerte für Stern-dreieckumschalter ist eine genaue Kenntnis des Anlaufverhaltens der Arbeitsmaschinen und der Motorenkennlinien erforderlich. Erst eine genaue Festlegung dieser Werte gibt die Gewähr für eine einwandfreie Umschaltung und einen sicheren Schutz des Motors gegen Überlastung. Die betriebsmäßige Handumschaltung sollte auf wenige Fälle beschränkt werden. Den heutigen Betriebsanforderungen entsprechen selbsttätige Schaltgeräte, die sich durch ihre Einstellbarkeit in weitgehendem Maße den Anlaufverhältnissen anpassen lassen.

## Der Einfluß der Kriegserfahrungen auf die Entwicklung der Luftschutzbeleuchtung

Von Ernst Kämmerer, Berlin.

DK 628.971/972 : 628.978.6

**Übersicht.** Die durch den Kriegsausbruch geschaffene Zwangslage hat sehr bald gezeigt, daß die Verdunklung industrieller Betriebe allein mit lichttechnischen Mitteln nur in wenigen Sonderfällen durchführbar ist. Wo die Fertigung in vollem Umfange aufrechterhalten werden muß, kommt in der Regel nur eine Abdichtung der Fenster und übrigen Lichtaustrittsöffnungen mit mechanischen Mitteln in Betracht. Für gelegentliche Sonderfälle außerdem in Betracht kommende Verdunklungsmöglichkeiten werden besprochen.

### Einleitung

Bis zum Herbst 1939 mußten alle Veröffentlichungen über Luftschutzbeleuchtung trotz vieler Versuche doch als mehr oder weniger theoretische Abhandlungen angesehen werden. Die vergangenen Kriegsmonate haben der Angelegenheit nunmehr ein ganz anderes Gesicht gegeben; denn die bisherigen Erfahrungen haben zu verschiedenen neuen Erkenntnissen geführt.

Es hat sich u. a. herausgestellt, daß für Arbeitsräume, in denen die Fertigung ohne Erschwerung der Arbeitsbedingungen und ohne erhöhte Unfallgefahr in vollem Umfange aufrechterhalten werden soll, meist nur eine Verdunkelung durch Abdichten der Lichtaustrittsöffnungen mit mechanischen Mitteln in Betracht kommt. Die Wahl der Verdunkelungsmaßnahmen richtet sich außer nach den baulichen Verhältnissen in erster Linie nach den betrieblichen Bedingungen, d. h. nach dem Feinheitsgrad und dem jeweiligen Lichtbedarf der Arbeit, wovon Angaben in DIN 5035 für die verschiedenen Arbeiten enthalten sind. Die Einhaltung der angegebenen Beleuchtungsstärken bedingt bis auf wenige Ausnahmen die Verdunkelung mit mechanischen Mitteln.

Auch eine Umfrage bei rd. 4000 Betrieben ergab, daß mehr als 80 % durch mechanische Mittel verdunkelt werden. Von den befragten Betrieben verdunkeln

58,7 % voll mechanisch,

23,6 % teilweise mechanisch bei gleichzeitiger Anwendung lichttechnischer Mittel,

17,5 % mit lichttechnischen Mitteln allein.

Die restlichen 0,2 % der befragten Betriebe wandten das Doppel- oder Sperrfilterverfahren als optische Verdunkelung bzw. Verdunkelung mit Komplementärfarben an.

Wenn das Ergebnis dieser Umfrage selbstverständlich durch einige Zufälligkeiten beeinflusst sein kann, so dürfte es doch im Hinblick auf die große Zahl der ohne jedes System befragten Betriebe als allgemeingültig betrachtet werden können. Wenn dies aber der Fall ist, dann muß daraus die Folgerung gezogen werden, daß die Verdunkelung von Arbeitsstätten allein mit lichttechnischen oder ähnlichen Mitteln nur in besonderen Fällen in Betracht kommt. Diese Ansicht wird auch vom Hauptausschuß „Gutes Licht“ im Amt „Schönheit der Arbeit“ und der „Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft“ vertreten. Die maßgebende, amtlich genehmigte Veröffentlichung der letzteren vom 10. Januar 1940 hat folgenden Wortlaut:

„Die Verdunkelung durch mechanische Mittel, d. h. die Abdeckung der Lichtaustrittsöffnungen ist überall, wo überhaupt nur technisch und wirtschaftlich durchführbar, anzuwenden, damit bei uneingeschränkter Beleuchtung gearbeitet und die Leistung nach Menge und Güte aufrechterhalten werden kann.

In besonders gelagerten Fällen oder als Notbehelf können auch folgende Mittel Anwendung finden, wobei jedoch einer zweckvollen Energieausnutzung Rechnung zu tragen ist.

1. Verminderung der Allgemeinbeleuchtung
  - a) durch Spannungssenkung an den vorhandenen elektrischen Glühlampen,
  - b) durch Verwendung von Luftschutzglühlampen, Luftschutzleuchten mit geeigneten mechanischen Abblendvorrichtungen versehen, Luftschutzblenden u. dgl. mit zusätzlicher, möglichst begrenzter Arbeitsplatzbeleuchtung mittels Werkplatzleuchten an den arbeitswichtigen Stellen.
2. Sperrfilter (bisher auch als Komplementärfarben-Methode bezeichnet).
3. Leuchtstoffe.“

Für die Wahl der Verdunkelungsmaßnahmen muß in erster Linie zwischen Innen- und Außenbeleuchtung unterschieden werden; denn die in Betracht kommenden Mittel sind grundsätzlich verschieden.

### Verdunkelungsmaßnahmen für Werkräume

Bei der Innenbeleuchtung bzw. bei Arbeitsräumen können verschiedene Verdunkelungsmaßnahmen angewandt werden, deren Besonderheiten im folgenden einzeln betrachtet werden.

#### a. Mechanische Verdunkelung

Je nach den Ansprüchen, die an die zu verdunkelnden Räume und die zu verwendenden Mittel gestellt werden, können vollmechanische Einrichtungen aus stabilen und

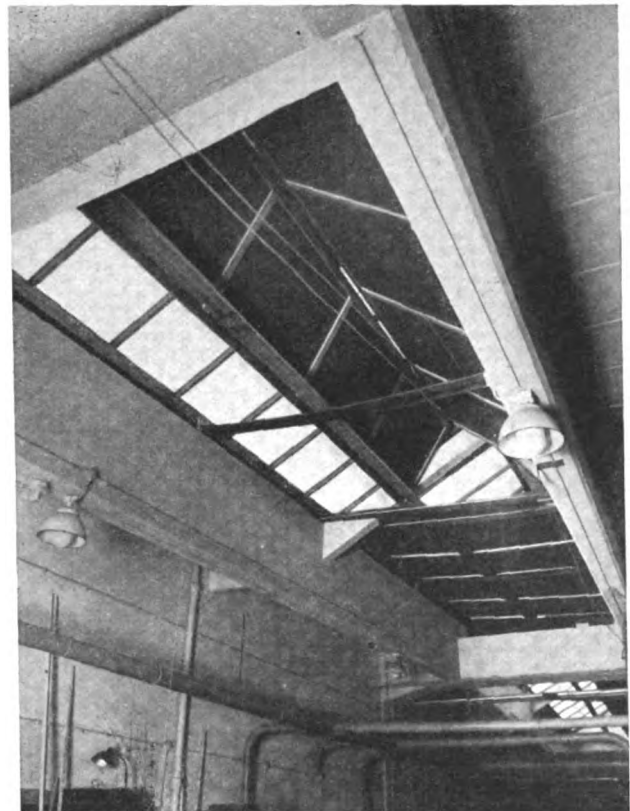


Bild 1. Fensterverdunkelung einer Flachbau-Werkhalle durch Klapprahmen, halbgeöffnet und geschlossen.

lichtundurchlässigen Werkstoffen mit Antrieb durch Motorzug, Winden u. ä. oder, wie in Bild 1, abnehmbare bzw. mit Schnurzug zu betätigende Vorrichtungen aus



Papier, Spinnstoffen, Kunstleder o. ä. angewendet werden. Hierbei sei auf neuere Kunststoffe für die Verdunkelung, Igelit, Guttasyn u. ä., hingewiesen.

#### b. Teilweise mechanische Verdunkelung in Verbindung mit lichttechnischen Maßnahmen

Nach § 10 der 8. Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz vom 23. Mai 1939 dürfen bei lichttechnischer Verdunkelung verbleibende Lichterscheinungen für ein normales Auge bei klarer Sicht aus 500 m Höhe nicht mehr wahrgenommen werden können. Wenn die betrieblichen Verhältnisse auch manchmal eine Herabsetzung der Allgemeinbeleuchtung so weit gestatten, daß der gesetzlichen Vorschrift entsprechend eine ausreichende Verdunkelung allein durch diese Maßnahme zu erreichen ist, so werden vielfach dort, wo eine zusätzliche Beleuchtung der einzelnen Arbeitsplätze erforderlich ist, die notwendigen Beleuchtungsstärken an den einzelnen Arbeitsplätzen so hoch sein, daß diese infolge ihrer hohen Leuchtdichte auf größere Entfernung als helle Lichtflecke deutlich sichtbar sind. In solchen Fällen kann auf eine zusätzliche mechanische Abdichtung der Fenster nicht verzichtet werden. An diese Abdichtung werden natürlich geringere Ansprüche hinsichtlich ihrer Lichtundurchlässigkeit gestellt. Oft genügen einfache Sonnenvorhänge, gegebenenfalls grau eingefärbt. Bisweilen ist eine Abdeckung der unteren Fensterteile ausreichend. Teilweise mechanische Verdunkelung in Verbindung mit lichttechnischen Maßnahmen hat den Vorteil, daß die Raumlüftung nicht beeinflusst wird. Bild 2 zeigt eine Luftschutz-

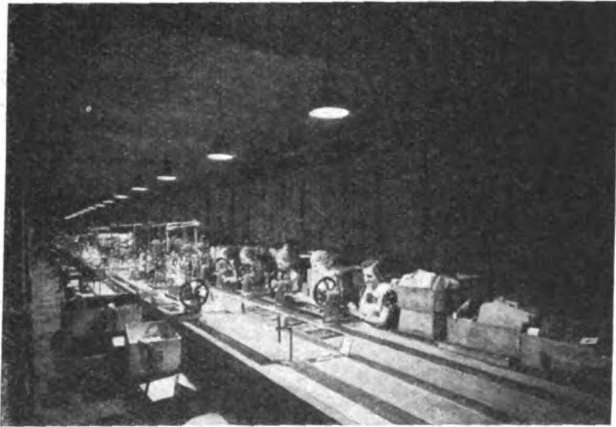


Bild 2. Luftschutz-Bandbeleuchtung durch besondere Werkstattleuchten mit tiefem Schirm.

Bandbeleuchtung aus der Fließfabrikation, wobei eine weitgehende mechanische Verdunkelung in Verbindung mit lichttechnischer Verdunkelung durch Entfernung der allgemeinen Raumbeleuchtung und Anordnung geeigneter Arbeitsplatzbeleuchtung durchgeführt ist.

#### c. Teilweise mechanische Verdunkelung in Verbindung mit lichtundurchlässigen unbunten Anstrichfarben

Teilweise mechanische Verdunkelung in Verbindung mit lichttechnischen Maßnahmen bedingt stets eine sehr weitgehende Herabsetzung der allgemeinen Raumbeleuchtung. Wenn zu befürchten ist, daß infolge der hohen Leuchtdichte an den Arbeitsplätzen der Arbeitsraum und damit verbunden der nicht abgedeckte Teil der Fenster zu stark aufgehellert ist, ist aber auch eine Verminderung der Beleuchtung an den Arbeitsplätzen erforderlich.

Wo dies mit Rücksicht auf den Feinheitsgrad der Arbeit unmöglich ist, andererseits aber eine vollkommene

Abdeckung der Glasflächen bei hohen Hallenbauten oder sehr großen Fensterflächen schwer durchführbar ist, kann eine teilweise mechanische Verdunkelung in Verbindung mit lichtundurchlässigen Anstrichfarben vorgenommen werden. Voraussetzung hierfür ist, daß genügend große Fensterflächen eine Beschränkung der Tageslichtverhältnisse ermöglichen. Je nach dem Feinheitsgrad der Arbeit bzw. der erforderlichen Tages- und künstlichen Beleuchtung sind größere oder kleinere Teile der vorhandenen Glasflächen mit einem mehr oder weniger dichten Farb-anstrich zu versehen. Diese Art der Verdunkelung hat gegenüber Maßnahmen an der künstlichen Beleuchtung den Vorteil, daß die allgemeine Raumbeleuchtung mit höheren Beleuchtungsstärken beibehalten werden kann, wogegen die Arbeitsplatzbeleuchtung oft in friedensmäßigem Zustand belassen wird. Wo zudem noch eine gewisse Einschränkung der künstlichen Beleuchtung ohne nennenswerte Verschlechterung der Arbeitsbedingungen zugänglich ist, lassen sich auf diese Weise selbst Arbeitsräume mit sehr großen Fensterflächen und auch hohe Hallenbauten auf einfache Weise und mit erträglichen Kosten verdunkeln. Wenig zweckmäßig ist es, die gesamten Glasflächen mit einem völlig lichtundurchlässigen Anstrich zu versehen; denn dabei müßte ständig bei künstlichem Licht gearbeitet werden, was schon aus energiewirtschaftlichen Erwägungen nicht gutzuheißen ist.

#### d. Sperrfilterverfahren als Verdunkelung mit bunten Anstrichfarben (Komplementärfarben)

Eine weitere Möglichkeit, Anstrichfarben für die Verdunkelung zu benutzen, bietet das Doppelfilter- oder Sperrfilterverfahren, auch Komplementärfarben-Methode genannt. Die dafür häufig angewendete Bezeichnung „optische Verdunkelung“ trifft nicht ganz zu, da es sich hierbei ebenfalls um vorwiegend lichttechnische Maßnahmen handelt. Das Verfahren baut sich auf der physikalischen Eigenschaft verschiedener Farben auf, sich aufeinander gelegt auszulöschen; derartige Farben sind z. B. Rot und Grün bzw. Blau und Gelb. Als Farbzusammenstellung haben sich die Farben Grün und Orange besser bewährt als die Kombination Blau-Gelb. Die Blaufärbung von Fensterflächen kann wegen der besonders unangenehmen Verfärbung des Tageslichtes nicht empfohlen werden. Die neueren Versuche sind daher auch vorwiegend mit der Kombination Grün-Orange durchgeführt worden. Die Glasflächen werden hierbei mit einem grünen Farb-anstrich versehen, während orangefarbene Glühlampen oder Vorsatzfilter in den Leuchten verwendet werden. Voraussetzung sind Sonderfarben mit hoher Durchlässigkeit für Tageslicht bei möglichst völliger Absorption des entsprechend gefärbten Innenlichtes<sup>1)</sup>.

Um eine unangenehme Verfärbung des Tageslichtes zu verhindern, sollen wenigstens 10 % der Glasflächen ohne Farbfilm verbleiben; diese sind zusätzlich mechanisch zu verdunkeln. Bei Einhaltung dieser Bedingung und möglichst gleichmäßiger Verteilung der ungestrichenen Fensterflächen über den ganzen Raum ist am Tage in derartigen Räumen noch eine Farberkennungsmöglichkeit in meist ausreichendem Umfange vorhanden.

Bei künstlicher, orangefarbiger Glühlampenbeleuchtung ist dies nicht mehr der Fall; dann ist eine Unterscheidung der verschiedenen Werkstoffe, Kupfer, Messing, Aluminium, Eisen u. ä., sehr schwer, wenn nicht unmöglich. Schon aus diesem Grunde ist das Anwendungsgebiet dieses Verfahrens eingeschränkt.

Ein nicht zu übergewandter Nachteil ist die hohe, durch die Färbung der Gläser und Lampen bedingte Absorption, die mit ungefähr 70 % und mehr angenommen

<sup>1)</sup> W. Kirchner u. E. Schanz, Gute Beleuchtung im Betriebe trotz Verdunkelung. Zbl. Gew.-Hyg. 27 (1940) S. 1.  
W. Wietefeld, Erfahrungen bei der Verdunkelung von Werkstätten. Werkstattstechn. 34 (1940) S. 79.

werden muß. Das Verfahren kann also grundsätzlich, wie auch der Anstrich mit unbunten Farben, nur dort angewendet werden, wo eine entsprechende Einschränkung des Tageslichtes ohne Leistungsverluste möglich ist. Die Einhaltung gleicher Beleuchtungsstärke bedingt bei Anwendung orangefarbiger Glühlampen den ungefähr dreifachen Stromaufwand. Ist eine derartige Steigerung in der Belastung des Lichtnetzes nicht möglich, so bleibt nur eine Herabsetzung der Beleuchtungsstärke übrig.

Eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und gleichzeitig angenehmere Lichtfarbe bringt Natrium-Mischlicht, wobei eine orangefarbige Glühlampe an Stelle der sonst üblichen Drosselspule oder eine andere entsprechende Glühlampe mit der Na-Lampe in Reihe geschaltet wird<sup>2)</sup>.

Die jeweils zulässige Beleuchtungsstärke läßt sich errechnen, wenn die Durchlässigkeit des verwendeten Anstriches bekannt ist; diese kann für solche Rechnungen hinreichend genau mit einem Luxmeter festgestellt werden. Die Beleuchtungsstärke läßt sich dann unter Zugrundelegung der für die Fenster zulässigen Leuchtdichten errechnen<sup>3)</sup>.

#### e. Lichttechnische Maßnahmen

Die unter c. und d. aufgeführten Verdunkelungsmaßnahmen werden wertlos, wenn durch die Sprengwirkung von in der Nähe abgeworfenen Bomben die Glasflächen zertrümmert werden. Es ist deshalb zweckmäßig, als Notbehelf noch eine Verdunkelungsmöglichkeit durch Maßnahmen an der Beleuchtungsanlage vorzusehen. Die hierfür in Betracht kommenden Mittel sind in der oben angeführten Veröffentlichung der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft schon genannt. Wenn ein getrenntes Wechselstrom-Licht- und -Kraftnetz vorhanden ist, kann die allgemeine Raumbelichtung durch Spannungsherabsetzung mit Hilfe von Verdunkelungsumspannern auf das notwendige Maß vermindert werden. Dabei können je nach Art der Anlage Mehrphasen-Umspanner für das gesamte Lichtnetz oder auch für einzelne Betriebsabteilungen, aber auch Einphasen-Umspanner in die einzelnen Stromkreise eingebaut werden. Spannungssenkung als Verdunkelungsmaßnahme bietet in der Regel sowohl wirtschaftliche als auch technische Vorteile.

Es ist aber verfehlt, in Gleichstromnetzen eine Verdunkelung durch Spannungsminderung mit Vorschalten von Widerständen durchzuführen. Bei Gleichstromnetzen lassen sich aber meistens mehrere Glühlampen in Reihe schalten.

Bei Verwendung von Blenden oder Luftschutzleuchten treten häufig zu den höheren Stromkosten erhebliche Kosten für eine entsprechend den Kennlinien dieser Leuchten

u. U. erforderliche größere Anzahl von Leuchten mit höheren Anlage- und Unterhaltungskosten.

Bei der Arbeitsplatzbeleuchtung, die an voller Spannung brennt, kommt man in den weitaus meisten Fällen ebenfalls mit normalen Leuchten ohne Vorsatzblenden u. ä. aus. Es empfiehlt sich, die Reflektoren auf der Innenseite mit einem rd. 3 bis 4 cm breiten Rand zu versehen. Die friedensmäßige Beleuchtungsstärke und die

damit verbundene hohe Leuchtdichte des Arbeitsplatzes ist durch Verwenden kleinerer Glühlampen auf ein zulässiges Maß herabsetzbar, wie Bild 3 zeigt. Wie aus der Arbeit von Jainski<sup>4)</sup> hervorgeht, werden

selbst höhere Leuchtdichten an den Arbeitsplätzen vom Flieger aus 500 m Höhe meist nicht mehr wahrgenommen.

In technischer Beziehung spricht für die luftschutzgemäße Spannungsherabsetzung einmal die Möglichkeit, die Verdunkelung unmittelbar von zentra-

ler Stelle aus durchführen zu können, zum anderen wird nur bei Spannungsherabsetzung die durch die Gestaltung der Leuchte bedingte Lichtausstrahlung unverändert beibehalten, so daß die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung bleibt. Die Lebensdauer der Glühlampen ist bei derartig herabgesetzten Spannungen als fast unbegrenzt zu bezeichnen; bei Verwendung von Luftschutzleuchten oder Blenden dürfte diese im Hinblick auf die dabei unvermeidlichen Wärmestauungen ganz erheblich herabgesetzt werden.

#### f. Leuchtstoffe

Für Zwecke der Luftschutzbeleuchtung wurden Leuchtstoffe bis zur letzten Zeit hauptsächlich nur in solchen Betriebsstätten angewendet, wo es in erster Linie darauf ankam, bestimmte ortsfeste Instrumente, Handgriffe, Bedienungshebel u. ä. gut erkennbar zu machen<sup>5)</sup>. Dabei wurden bisher fast ausschließlich die nachleuchtenden phosphoreszierenden Leuchtfarben benutzt. In neuerer Zeit wurden neue, nicht nachleuchtende Leuchtfarben hergestellt, wodurch das Anwendungsgebiet für Leuchtfarben wesentlich vergrößert wurde.

Diese Farben werden durch besondere Lichtquellen zum Leuchten gebracht, was sich physikalisch wie folgt abspielt: Durch unsichtbare Strahlung bestimmter Wellenlänge werden die lumineszierenden Stoffe zum Leuchten angeregt und auf diese Weise kurzweiliges unsichtbares Licht in langweiliges sichtbares Licht umgewandelt<sup>6)</sup>.

Nachleuchtende, phosphoreszierende Leuchtstoffe behalten noch längere Zeit nach beendeter Anregung ihre Leuchtkraft. Für bestimmte Anwendungsgebiete, wie in Kraftwerken, Schaltwarten, Stellwerken, Förderzentralen und ähnlichen Anlagen, bietet diese Eigenschaft eine wertvolle zusätzliche Sicherheit, wenn durch Störungen in der

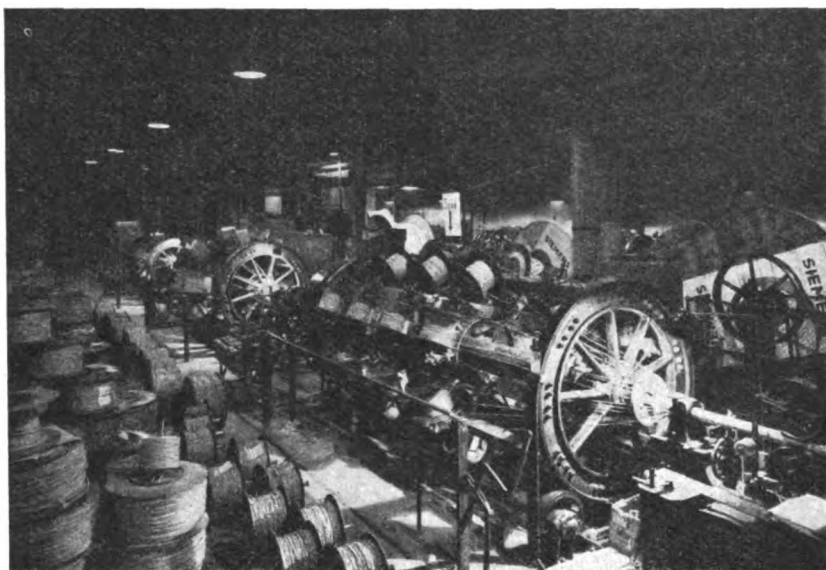


Bild 3. Kabelwerk-Luftschutzbeleuchtung mit Benutzung kleinerer Glühlampen für die Allgemeinbeleuchtung und zusätzlicher Arbeitsplatzbeleuchtung.

<sup>2)</sup> Siehe hierzu auch E. Rulla u. H. Vits, Mischlicht durch Reihenschaltung von Natriumdampflampen und Glühlampen in Wechselstromnetzen. ETZ 61 (1940) H. 19, S. 413.

<sup>3)</sup> Grenzwerte über die zulässigen Leuchtdichten enthält die Arbeit von Jainski, Licht u. Lampe 29 (1940) S. 22.

<sup>4)</sup> Siehe Fußnote 3.

<sup>5)</sup> Anwendungsbeispiele in E. A. Fick u. N. Riehl, Anwendung von Leuchtfarben bei Verdunklung. Gasschutz u. Luftschutz 9 (1940) S. 338.

<sup>6)</sup> N. Riehl u. E. A. Fick, Verdunkelung von Gas- und Wasserwerken nach dem Lumineszenzverfahren. Gas- u. Wasserfach 82 (1939) S. 781.

Stromzuführung die anregende Lichtquelle plötzlich ausfällt. Da das Leuchten nur ganz allmählich abklingt, können alle in solchem Fall erforderlichen Handgriffe mit Sicherheit und ohne Hast ausgeführt werden.

Die Anregung geschieht mit Quecksilberdampf Lampen, deren Kolben aus ultraviolett-durchlässigem Schwarzblauglas besteht, so daß nur ein praktisch unsichtbares Licht zur Ausstrahlung kommt. Bei der Anordnung dieser Lampen muß darauf geachtet werden, daß sie nicht im normalen Blickfeld liegen, weil sonst unangenehme Fluoreszenzerscheinungen auf der Hornhaut des Auges hervorgerufen werden, die aber keine nachteiligen Folgen haben. Die langwellige UV-Strahlung der Quecksilber-Blauglaslampe gestattet auch eine Anordnung in Spiegel-leuchten mit Glassilber Spiegel. Zur zusätzlichen Raum-aufhellung kann die Lampe mit einer Leuchtspirale umgeben werden. Die Anregung kann aber auch mit Tages- oder gewöhnlichem Glühlampenlicht geschehen.

Nicht im gleichen Maße bekannt sind die erst neuerdings hergestellten nichtnachleuchtenden fluoreszierenden Leuchtfarben. Diese sind wetterfest, lichtecht, können mit anderen Farben gemischt werden und sind selbst in verschiedenen Farben lieferbar. Die Leuchtintensität dieser Farben kann durch verschieden hohe Zusätze von Leuchtpigment abgestuft werden. Für die Anregung kommt die schon beschriebene Quecksilberdampf Lampe mit Blauglas kolben in Betracht. Für besondere Fälle genügt auch eine gewöhnliche Glühlampe mit entsprechendem Schwarzblauglas kolben. Eine Anregung durch gewöhnliches Glühlampen- oder Tageslicht kommt nicht in Betracht, weil kein Nachleuchten stattfindet. Ein natürliches Nachlassen der Lumineszenz führt aber nach längerer Zeit zur Wirkungslosigkeit dieser Farben.

Das Anwendungsgebiet dieser Leuchtfarben ist sehr vielseitig. Die Farben sind zur Kennzeichnung von Bordsteinen, Hindernissen, Wagentüren an Fahrzeugen, Bahnsteigkanten, Schildern, Plakaten u. ä. wie Fahrplatafeln geeignet, da sie auch in Form von Transparentlack geliefert werden können. Eine umfassende Betrachtung der vielen Anwendungsmöglichkeiten ist noch nicht möglich, da die diesbezüglichen Versuche noch nicht abgeschlossen sind.

#### Außenbeleuchtung

Für Verdunkelung der Außenbeleuchtung kommen bis auf wenige Ausnahmen nur lichttechnische Maßnahmen in Betracht. In der Verdunkelungsverordnung vom 23. Mai 1939 und in den Richtlinien für die Konstruktion und Anwendung von Richtleuchten sind die diesbezüglichen gesetzlichen Vorschriften verankert<sup>7)</sup>.

Luftschutz-Richtleuchten haben die Aufgabe, auf öffentlichen Verkehrswegen den Verlauf der Fahrbahnen eindeutig zu kennzeichnen und zusätzlich eine schwache Bodenaufhellung zu gewährleisten. Die Beleuchtungsstärke unter der Leuchte darf den Wert von 0,01 lx nicht überschreiten und muß allmählich abklingen. Scharfe Abgrenzung der beleuchteten Fläche zur dunklen Umgebung ist unzulässig. Die Abstände müssen so groß sein, daß sich die beleuchteten Flächen nicht überschneiden, also kein Lichtband entsteht.

Die Herstellung und der Vertrieb von Luftschutz-Richtleuchten muß vom Reichsluftfahrtministerium genehmigt und die Leuchten mit einer Kennnummer versehen sein. Ihr besonderes Merkmal sind die sog. Kennungen, d. s. ein bzw. zwei waagerechte Lichtbänder von 1 cm Breite, die bei der Leuchte mit 2 Kennungen auf eine Entfernung von 150 m in einem Abstand von 10 cm erscheinen müssen. Bild 4 und 5 zeigen Richtleuchten mit 1 und 2 Kennungen. Leuchten mit 2 Kennungen dienen zur Kennzeichnung besonderer Gefahrenpunkte, wie

Straßenkreuzungen mit starkem Verkehr u. a. Die vorgeschriebene Höchstbeleuchtungsstärke von 0,01 lx wird entsprechend der Aufhängehöhe durch verschieden große Glühlampen oder besondere mechanische Einrichtungen an der Leuchte erzielt. Luftschutz-Richtleuchten sind außer für öffentliche Straßen und Plätze auch für Werkstraßen,

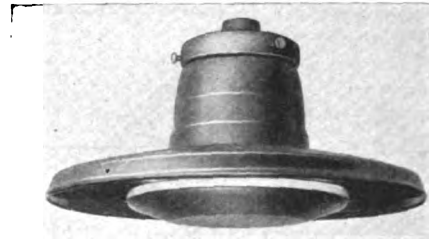


Bild 4. Luftschutz-Richtleuchte mit einer Kennung und kreisförmiger Ausstrahlung.

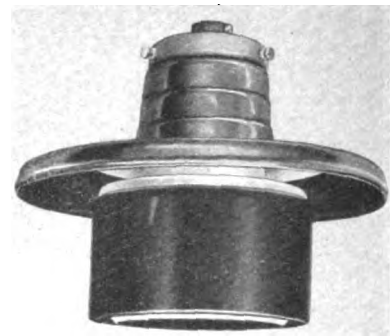
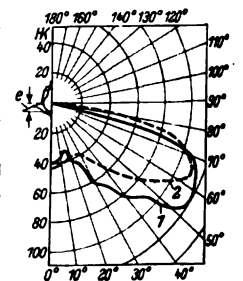
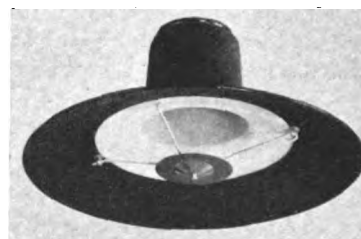


Bild 5. Luftschutz-Richtleuchte mit zwei Kennungen und kreisförmiger Ausstrahlung.

Ein- bzw. Ausfahrten, Schleusen und ähnliche Anlagen, gegebenenfalls auch ohne Kennungen für die Beleuchtung von Baustellen, geeignet. Für Gleis- und Verladeanlagen wurden Breitstrahlleuchten (Bild 6) sowie entsprechende Einsätze für normale Leuchten entwickelt, die infolge ihrer besonderen Gestaltung eine dem Verwendungszweck



1 Schirm mit 200 W-Lampe  $e = 45 \text{ mm}$  2 Schirm mit 100 W-Lampe  $e = 30 \text{ mm}$

Bild 6. Breitstrahlleuchte mit Lichtverteilungsdiagramm.

angepaßte breitstrahlende Lichtverteilung aufweisen. Dadurch wird nicht nur eine sehr gleichmäßige Bodenbeleuchtung, sondern auch eine gute Anleuchtung der Stirnflächen anrollender Wagen erzielt, was im Bahnbetrieb von Bedeutung ist. Bei Luftschutzbeleuchtung wird die Normalbeleuchtung durch Spannungssenkung auf die zulässige Beleuchtungsstärke herabgesetzt. Als Höchstbeleuchtungsstärke ohne Verdunkelungserleichterung ist für Reichsbahnanlagen 0,025 lx zulässig. Breitstrahl-Schirmleuchten dürfen ebenso wie Richtleuchten kein Licht über die Waagerechte austreten lassen.

<sup>7)</sup> Über Gas-Luftschutzbeleuchtung siehe auch: W. Knauss, Verdunkelung u. Straßenbeleuchtung. Gas- u. Wasserfach 83 (1940) S. 112 u. 126 M. Klare, Die Gas-Luftschutz-Richtbeleuchtung. Gas- u. Wasserfach 83 (1940) S. 102.

Für die Anleuchtung von Verkehrszeichen ist ebenfalls eine Reihe verschiedener Sonderleuchten geschaffen worden. Für Luftschutzbeleuchtung wird je nach der Gestaltung der Leuchte die herabgesetzte Beleuchtung durch lichttechnische Maßnahmen oder durch mechanische Mittel erreicht. Besonders zweckmäßig erscheint eine Leuchte, bei der durch eine Abdeckung der Lichtaustritt auf einen schmalen Schlitz beschränkt wird und eine besondere Linse das Licht gleichmäßig auf das anzuleuchtende Schild verteilt.

Bei Anlagen mit industriellen Feuererscheinungen sollen die betreffenden Arbeiten möglichst am Tage ausgeführt werden. In Hochofenanlagen, Kokereien u. a. läßt sich dies nicht immer bewerkstelligen<sup>9)</sup>. Für bestimmte Zeiten werden sich die mit den Feuererscheinungen verbundenen Arbeiten verschieben lassen; da aber in jeder Nacht zu jeder Zeit mit Fliegeralarm gerechnet werden muß, bleibt meist keine andere Wahl als die Errichtung hallenartiger Umbauten, die gegebenenfalls seitlich offen sind und mit transportablen Zwischenwänden ausgerüstet werden.

Für die Beleuchtung von Baustellen können, wenn es zur Aufrechterhaltung der Arbeiten unumgänglich notwendig ist, andererseits die Arbeit auch in der Nacht bzw. während der Dunkelheit unbedingt fortgesetzt werden muß, unter bestimmten Bedingungen höhere Beleuchtungsstärken angewendet werden. Ausnahmegenehmigungen hierfür werden gemäß Erlaß vom 12. Dezember 1939 nur in besonders schwerwiegenden Fällen erteilt. Hierbei ist unbedingt zu beachten, daß die Leuchten einen möglichst kleinen Ausstrahlungswinkel haben, die Beleuchtung auf jeden Arbeitsplatz zu beschränken ist, keine zusammenhängenden Lichtbänder, andererseits aber auch keine Lichtpolster entstehen. Die Beleuchtung muß immer auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt bleiben.

<sup>9)</sup> S. a. F. Riedig, Verdunkelungsvorrichtung für das Löschen von Koks. Montan. Rdsch. 32 (1940) S. 133.

Zwischen den einzelnen beleuchteten Arbeitsplätzen sind Dunkelzonen die wichtigste Voraussetzung für erschwerte Wahrnehmbarkeit solcher Arbeitsstellen aus der Luft. Eine bestimmte Beleuchtungsstärke kann nicht angegeben werden; denn nicht diese, sondern die Leuchtdichte der beleuchteten Fläche ist maßgeblich für die Wahrnehmbarkeit aus der Luft. Die Leuchtdichte ist das Produkt aus der Beleuchtungsstärke und dem Rückstrahlungsvermögen der beleuchteten Fläche. Je nachdem es sich um hellere oder dunklere Flächen handelt, muß die Beleuchtungsstärke niedriger oder höher bemessen werden. Welche Leuchtdichten bei klarer Sicht aus 500 m Höhe nicht mehr wahrgenommen werden können, kann aus der Arbeit von Jainski ersehen werden. Um immer nur kleinere Flächen auszuleuchten, ist die Höhe der Leuchten von Bedeutung. Niedrige Aufhängehöhen gestatten kleinere Leuchtenabstände. Keinesfalls soll die Höhe 5 bis 6 m übersteigen. Kleinere, mäßig helle, von Dunkelzonen unterbrochene Flächen sind vom Flieger schwerer wahrzunehmen als eine große, weniger hell beleuchtete Fläche. Ob die jeweilige Beleuchtung auf einer Baustelle beibehalten werden darf, bestimmt das zuständige Luftgaulkommando.

#### Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei der Verdunkelung von Arbeitsräumen dort, wo es der Lichtbedarf der Arbeit bedingt und eine andere Möglichkeit, ausreichend zu verdunkeln, nicht besteht, eine Abdichtung der Fenster und Oberlichter mit mechanischen Mitteln am Platze ist. Keinesfalls darf dies aber, wenn eine andere Möglichkeit vorhanden ist, im Hinblick auf die Roh- und Werkstofflage geschehen. Es muß verlangt werden, daß vorher eingehend die Anwendungsmöglichkeit der verschiedenen anderen Maßnahmen erwogen wird; dann wird es auch möglich sein, für die unumgänglich notwendigen Fälle mechanischer Verdunkelung die benötigten Werkstoffe zu beschaffen.

## Verhalten von Reaktanzrelais bei zweiseitig gespeisten Kurzschlüssen

(Mittellung aus dem Relaislaboratorium der AEG)

Von H. Gutmann VDE, Berlin

DK 621.316.925.452

**Übersicht.** Die an sich schon länger bekannte Beeinflussung des Meßergebnisses von Reaktanzrelais bei zweiseitig gespeisten Kurzschlüssen wird quantitativ eingehend untersucht. Es wird eine sehr einfache, allgemein anwendbare Gleichung für die Ermittlung des Meßfehlers in Abhängigkeit von allen zu berücksichtigenden Einflußgrößen entwickelt und in Form eines Nomogramms anschaulich dargestellt.

### Einleitung

Es ist bekannt, daß Reaktanzrelais zu Fehlauflösungen neigen, wenn im Netz Leistungspendelungen auftreten oder wenn sie auf der speisenden Seite eines Umspanners mit „drehender“ Schaltgruppe liegen, auf dessen Sekundärseite ein zweiseitiger Fehler eintritt. Im folgenden soll eine weitere Fehlschaltmöglichkeit von Reaktanzrelais näher untersucht werden, auf deren Bestehen im Schrifttum zwar schon verschiedentlich hingewiesen wurde, deren quantitative Behandlung aber bisher noch ausstand. Es handelt sich um das Verhalten von Reaktanzmeßsystemen bei zweiseitig gespeisten Fehlern, wenn die beiderseits eingespeisten Ströme nicht genau in Phase liegen.

Es wird vor allem nachgewiesen, daß Reaktanzrelais im Gegensatz zu Impedanzrelais in vielen praktischen Fällen bedeutend zu kurze Entfernungen, in Sonderfällen

sogar negative Reaktanzen messen können, so daß Fehlabschaltungen mit Schnellzeit möglich sind. Andererseits können sich auch sehr große positive Fehler ergeben.

Die auftretenden Meßfehler werden ganz allgemein als Funktion der beiderseits eingespeisten Ströme, ihres Phasenwinkels sowie des Übergangswiderstandes an der Kurzschlußstelle berechnet und in Form eines Nomogramms dargestellt. Damit können die Fehler für jeden praktisch möglichen Fall bequem ermittelt und unmittelbar in % der Sollreaktanz abgelesen werden.

### A. Allgemeines

Für die Eliminierung des Lichtbogenwiderstandes aus dem Meßergebnis von Distanzrelais sind schon seit langem Meßglieder nach dem Reaktanzprinzip vorgeschlagen und auch praktisch ausgeführt worden. Man glaubte, durch den Übergang zur Reaktanzmessung schlagartig alle Schwierigkeiten beseitigen zu können, die durch zusätzliche Wirkwiderstände, z. B. Lichtbogen- oder Erdübergangswiderstände beim Distanzschutz nach dem Impedanzprinzip befürchtet wurden. Dabei war man ursprünglich der Auffassung, daß sich Distanzrelais nach dem Reaktanzprinzip nicht nur in ausgesprochenen Höchstspannungsnetzen einführen würden, sondern daß

sie nach und nach auch in die Mittelspannungsnetze einzudringen vermöchten.

Tatsächlich ist jedoch gerade das Gegenteil eingetreten, und die Impedanzrelais haben sich immer mehr auch dort eingeführt, wo man früher das eigentliche Gebiet des Reaktanzschutzes sah<sup>1)</sup>. Der Grund für diese Entwicklung der Praxis liegt wohl darin, daß Meßsysteme nach dem Reaktanzprinzip eine Reihe anderer Schwierigkeiten mit sich bringen, die man ursprünglich teils nicht beachtete, teils als nicht besonders erheblich angesehen hatte.

Zu diesen Schwierigkeiten zählt in erster Linie die besonders starke Neigung von Reaktanzrelais zu Fehlauflösungen bei Pendelungen. Eine Reihe von Veröffentlichungen hat bereits gezeigt, daß Reaktanzrelais im allgemeinen nur in Verbindung mit zusätzlichen Pendelsperreinrichtungen eingebaut werden dürfen. Weiterhin ist bereits gezeigt worden, daß Reaktanzrelais auch dann zu Fehlauflösungen neigen, wenn sich zwischen der Einbaustelle der Relais und dem Fehlerort Umspanner mit „drehender“ Schaltgruppe, z. B. mit Stern/Dreieckschaltung der Wicklungen befinden. Durch die vektordrehende Wirkung des Umspanners kann nämlich der Kurzschlußwinkel auf der speisenden Seite derart verkleinert werden, daß die Reaktanzkomponente erheblich zu gering erscheint und einen Fehler in unmittelbarer Nähe des Relais vortäuscht.

Nachstehend soll eine weitere Fehlauflösemöglichkeit von Reaktanzrelais näher untersucht werden, die in vielen Fällen gegeben ist. Es soll insbesondere gezeigt werden, daß die Reaktanzmessung nur dann richtige Werte liefert, wenn einseitige Speisung vorliegt oder die beiderseits eingespeisten Ströme genau in Phase sind. An einigen Beispielen soll dargelegt werden, daß schon verhältnismäßig geringfügige Phasenabweichungen zu Meßfehlern führen, die größenordnungsmäßig durchaus an diejenigen von Impedanzrelais heranreichen, und daß außerdem bei Reaktanzrelais auch sehr erhebliche negative Fehler möglich sind, die zu den unerwünschtesten Fehlauflösungen mit Schnellzeit Veranlassung geben können. Auch hierüber ist im Schrifttum bereits andeutungsweise berichtet worden<sup>2)</sup>.

**B. Vektordarstellung**

Gemäß Bild 1 a bzw. b sei angenommen, daß an den Endpunkten I und II einer Leitung mit der Schleifenimpedanz  $Z_1 + Z_2$  Reaktanzrelais eingebaut sind. An der

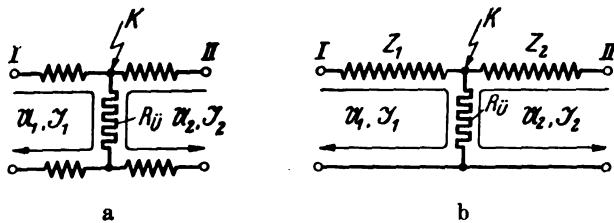


Bild 1. Grundsätzliche Schaltungen von Leitungen mit Fehlerstelle K.

Fehlerstelle K sei ferner ein zusätzlicher Wirkwiderstand  $R_u$  angenommen, der von einem Lichtbogen- oder sonstigem Übergangswiderstand, z. B. Erdübergangswiderstand, herrühren möge, und dessen Einfluß vom Reaktanzrelais beseitigt werden soll.

Zunächst ist ohne weiteres ersichtlich, daß z. B. die Kurzschlußspannung  $U_1$  nicht allein durch den Strom  $I_1$  und die Impedanz  $Z_1$  und  $R_u$  bestimmt wird, sondern daß infolge der Einspeisung von der anderen Seite her sich

in der Klemmenspannung  $U_1$  auch eine Komponente bemerkbar machen muß, die von dem zusätzlichen Spannungsabfall des Stromes  $I_2$  an  $R_u$  herrührt. Solange nun  $I_2$  mit  $I_1$  genau in Phase liegt, wird hierdurch nur die Wirkkomponente von  $U_1$  beeinflusst, und die Reaktanz des Kurzschlußkreises einwandfrei gemessen: Weicht jedoch  $I_2$  in der Phase von  $I_1$  ab, so wird  $U_1$  am Relaiseinbaustelle durch eine zusätzliche Blindkomponente beeinflusst, wodurch die Reaktanzmessung unmittelbar eine Fälschung erfährt.

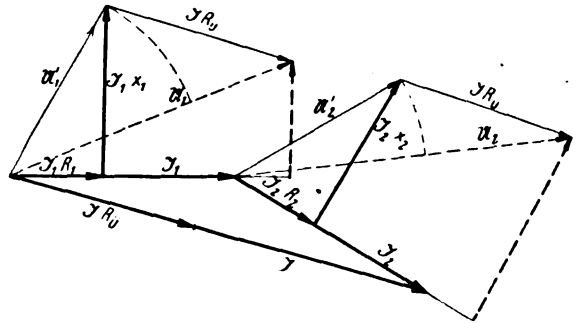


Bild 2. Vektordarstellung der Größen von Bild 1.

Diese Verhältnisse seien an Bild 2 näher verfolgt. Hier sind die von den beiden Leitungsenden her eingespeisten Ströme  $I_1$  und  $I_2$  dem Betrage nach gleich groß angenommen, jedoch eilt  $I_2$  gegen  $I_1$  nach. Damit ergeben sich ohne Berücksichtigung des Übergangswiderstandes  $R_u$  zunächst die Klemmenspannungen  $U'_1$  und  $U'_2$  aus  $I_1 R_1$ ,  $I_1 X_1$  und  $I_2 R_2$ ,  $I_2 X_2$ , wenn  $R_1$ ,  $X_1$  und  $R_2$ ,  $X_2$  die Komponenten von  $Z_1$  und  $Z_2$  bedeuten. Diese Spannungsdreiecke sind hier dargestellt unter der Annahme, daß sich der Fehler genau in der Mitte der Leitung befindet.

Zur Berücksichtigung von  $R_u$  muß nun zu diesen Spannungen  $U'_1$  und  $U'_2$  noch der Vektor  $I R_u = (I_1 + I_2) R_u$  addiert werden, so daß man für die Kurzschlußspannungen an den Enden der Leitung endgültig die Resultierenden  $U_1$  und  $U_2$  erhält. Den Relais werden also diese Spannungen im Verein mit den Strömen  $I_1$  und  $I_2$  zugeführt. Die gemessenen Reaktanz entsprechen dem Lot von  $U_1$  bzw.  $U_2$  auf  $I_1$  bzw.  $I_2$ . Man sieht, daß dieses für das Relais bei I merklich kleiner ist als der Sollwert  $Z_1 X_1$ , während die Reaktanz bei II zu groß gemessen wird.

Bei Verwendung von Impedanzrelais wären die Fehler durch die algebraische Differenz  $U_1 - U'_1$  bzw.  $U_2 - U'_2$  gegeben. Man sieht, daß diese Fehler zwar etwas größer sind als beim Reaktanzrelais; sie sind jedoch auf alle Fälle positiv, so daß insbesondere bei Relais mit stetiger bzw. gemischter Kennlinie die Selektivität der Auslösung nicht beeinträchtigt wird. Bei Reaktanzrelais können dagegen unmittelbar Fehlauflösungen auftreten, weil die Schnellzone des einen Relais in Richtung auf die Sammelschienen des anderen Streckenendes zu verlängert wird und leicht über diese hinweg weit in die anschließenden Leitungsabschnitte wandern kann.

Aus Bild 2 geht ferner hervor, daß der negative Meßfehler des Relais I noch ganz erheblich größer werden kann, wenn man beispielsweise annimmt, daß  $I_2$  etwa den doppelten oder dreifachen Betrag von  $I_1$  besitzt. Hierdurch würde der zusätzliche Vektor  $I R_u$  entsprechend weiter vergrößert und außerdem noch eine Schwenkung in der ungünstigen Richtung erfahren, d. h. der Fehler würde in doppelter Hinsicht vergrößert.

Daß die gemessene Reaktanz auch Null oder gar negativ werden kann, geht besonders deutlich aus Bild 3 hervor. Ist z. B. die Reaktanzkomponente des zu schützenden Anlageteiles klein, wie dies etwa in Kabelnetzen

<sup>1)</sup> R. Schimpf u. Oberdorfer, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 55 (1937) S. 189.

<sup>2)</sup> M. Schleicher, Die moderne Selektivschutztechnik. Verlag J. Springer, Berlin 1930, S. 131. Elektro-J. 29 (1932) S. 83.

oder bei kurzen Freileitungsstrecken der Fall ist, so ist natürlich der prozentuale Einfluß der zusätzlichen Spannung  $\mathfrak{Z} R_{\bar{u}}$  besonders groß. Wie Bild 3 zeigt, treten hier im gewählten Beispiel bei Reaktanzrelais Fehler in der Größenordnung von  $\pm 70\%$  auf. Es ist auch leicht ein-

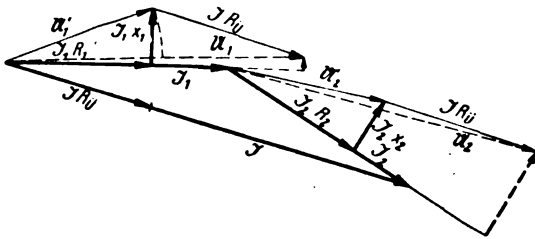


Bild 3. Vektordarstellung für kleine Reaktanzkomponenten.

zusehen, daß die vom Relais I gemessene Reaktanz den Betrag Null oder sogar negative Werte erreichen kann, wenn  $\mathfrak{Z}_2$  größer als  $\mathfrak{Z}_1$  angenommen wird, was praktisch jederzeit möglich ist.

C. Allgemeine Fehlerberechnung

Wie aus den vorstehenden grundsätzlichen Betrachtungen hervorgeht, kann der Meßfehler von Reaktanzrelais bei zweiseitig gespeisten Kurzschlüssen nicht nur erhebliche positive Werte erreichen, sondern im Gegensatz zum Impedanzrelais auch gleichgroße negative Werte annehmen. Solche Fälle sind ganz besonders unerwünscht, weil sie unmittelbar zu Fehlauflösungen mit Schnellzeit führen können. Man wird sich deshalb gern Klarheit darüber verschaffen, wie groß die Meßfehler sind, die unter den verschiedensten Bedingungen auftreten. Es sollen deshalb diese Fehler ganz allgemein in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Einspeiseverhältnissen, vom Verhältnis des Übergangswiderstandes zum Leitungswiderstand und vom Phasenwinkel  $\psi$  zwischen den beiderseits eingespeisten Strömen berechnet werden.

Wir gehen hierbei von einer Fehlersehleife mit der Leitungsimpedanz

$$\mathfrak{Z} = R + jX$$

aus und wollen ganz allgemein den Meßfehler eines am Anfang der Sehleife eingebauten Reaktanzrelais berechnen, der sich ergibt, wenn an der Fehlerstelle ein zusätzlicher Wirkwiderstand  $R_{\bar{u}}$  auftritt, der von dem vom Lei-

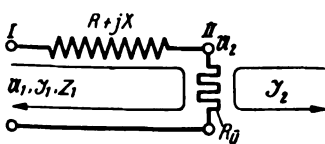


Bild 4. Schaltung einer doppelt gespeisten Fehlersehleife.

tungsanfang zufließenden Kurzschlußstrom  $\mathfrak{Z}_1$  und von der anderen Seite her mit einem Strom  $\mathfrak{Z}_2$  beliebiger Größe und Phasenlage gespeist wird (Bild 4). Bei einem metallischen Kurzschluß in Punkt II würde sich am Punkt I eine Spannung

$$U'_1 = \mathfrak{Z}_1 \mathfrak{Z}$$

einstellen. Infolge des Übergangswiderstandes  $R_{\bar{u}}$  und der Speisung des Punktes II von der rechten Seite her tritt hierzu die Zusatzkomponente

$$U_2 = (\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2) R_{\bar{u}}$$

so daß sich für die in I tatsächlich gemessene Spannung der Wert

$$U_1 = U'_1 + U_2 = \mathfrak{Z}_1 \mathfrak{Z} + (\mathfrak{Z}_1 + \mathfrak{Z}_2) R_{\bar{u}}$$

ergibt. Damit wird die in I gemessene Impedanz

$$\begin{aligned} \mathfrak{Z}_1 &= \frac{U_1}{I_1} = \mathfrak{Z} + R_{\bar{u}} + \frac{\mathfrak{Z}_2}{\mathfrak{Z}_1} R_{\bar{u}} \\ &= R + jX + R_{\bar{u}} + \frac{I_2}{I_1} (\cos \psi + j \sin \psi) R_{\bar{u}}, \end{aligned}$$

wobei  $\psi$  der Winkel zwischen  $I_1$  und  $I_2$  ist.

Das Reaktanzrelais in I mißt die Blindkomponente dieses Ausdruckes, d. h. den Wert

$$X_1 = X + \frac{I_2}{I_1} R_{\bar{u}} \sin \psi. \tag{1}$$

Hierin stellt der erste Summand den Sollwert der Reaktanzmessung dar, nämlich die tatsächliche Reaktanzkomponente der Sehleife von Leiter zu Leiter. Der zweite Summand gibt unmittelbar den Meßfehler des Reaktanzrelais an. Dieser ist direkt proportional dem von der anderen Seite her eingespeisten Strom  $I_2$ , sowie dem Übergangswiderstand  $R_{\bar{u}}$ . Er ist ferner eine Funktion des Winkels  $\psi$  zwischen  $I_1$  und  $I_2$ . Für  $\psi = 0$  ist auch der

bei voreilendem  $I_2$  ist F positiv, X wird zu groß gemessen.  
bei nacheilendem  $I_2$  ist F negativ, X = „klein“

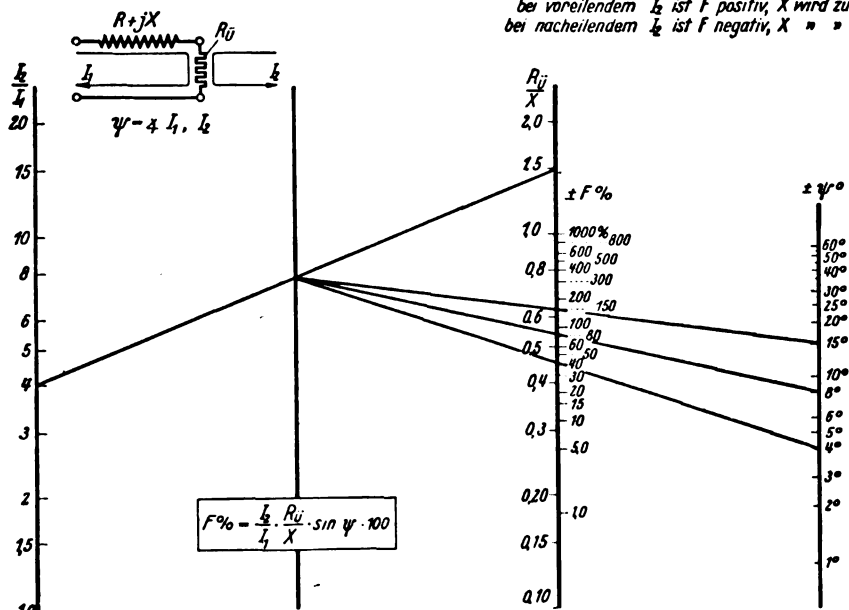


Bild 5. Nomogramm zur Bestimmung der Meßfehler von Reaktanzrelais bei zweiseitig gespeisten Kurzschlüssen.

Fehler Null; er ist positiv für voreilendes  $I_2$  ( $\psi > 0$ ) und negativ für nacheilendes  $I_2$  ( $\psi < 0$ ). Für den prozentualen Meßfehler eines Reaktanzrelais bei zweiseitiger Speisung ergibt sich somit die allgemeine Beziehung:

$$F \% = \frac{I_2}{I_1} \frac{R_{\bar{u}}}{X} \sin \psi \cdot 100. \tag{2}$$

Der Meßfehler ist also für gegebene Einspeiseverhältnisse um so größer, je geringer die Reaktanzkomponente der zu schützenden Leitung ist; er ist daher grundsätzlich für kurze Leitungen erheblich größer als bei langen Streckenabschnitten.

Um die Gl. (2) für möglichst alle praktisch denkbaren Werte von  $I_1, I_2, X, R_{\bar{u}}$  und  $\psi$  in einfacher Weise auswerten zu können, ist in Bild 5 diese Fehlergleichung in Form eines Nomogrammes dargestellt. Der Fehler wird hierbei aus folgenden drei Einflußgrößen ermittelt:

1. Verhältnis  $I_2/I_1$  der beiderseits eingespeisten Ströme,

2. Verhältnis  $R_w/X$  von Übergangswiderstand und tatsächlicher Reaktanz der Schleife von Leiter zu Leiter,

3. Winkel  $\psi$  zwischen den beiderseits eingespeisten Strömen.

Demgemäß enthält das Nomogramm 3 Skalen, auf denen diese Werte aufgetragen sind, sowie eine Skala für die unmittelbare Ablesung des Fehlers  $F$  in % der Sollreaktanz.

Der Gang der Fehlerermittlung ist für ein Beispiel eingezeichnet. Man geht zunächst von dem für den betrachteten Fall zugrunde gelegten Verhältnis  $I_2/I_1$  und  $R_w/X$  aus und erhält durch Verbindung dieser beiden Punkte auf der mittleren unbeschrifteten Geraden einen Hilfspunkt. Verbindet man diesen mit dem jeweils angenommenen Wert des Winkels auf der rechten Skala, so erhält man auf der  $F$ -Skala unmittelbar den Meßfehler in % des Reaktanz-Sollwertes.

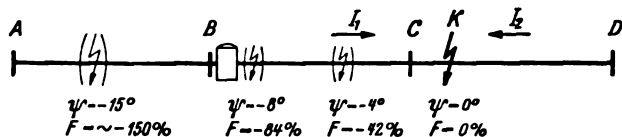


Bild 6. Erläuterung der vorgetäuschten Fehlerstellenwanderung.

Der Fehler ist positiv bei positivem Winkel  $\psi$ , d. h. bei Voreilung von  $I_2$  gegenüber  $I_1$ . Dann wird die Reaktanz zu groß gemessen, und es ergibt sich eine zu hohe Auslösezeit. Bei Nacheilung von  $I_2$  gegen  $I_1$  ist der im Nomogramm abgelesene Fehler negativ zu werten. In diesem Falle würde das Relais also eine zu kurze Entfernung des Fehlers feststellen. Damit ist die unmittelbare Gefahr einer Fehlauselösung in Schnellzeit gegeben, da der Bereich für die Schnellabschaltung in diesem Falle weit über die Sammelschiene am anderen Streckenende hinauswandert. Das im Nomogramm eingezeichnete Beispiel zeigt, daß schon bei der wirklich geringfügig erscheinenden Phasenabweichung von nur  $4^\circ$  so erhebliche Meßfehler möglich sind, daß eine Fehlauselösung eintreten kann.

Die im Nomogramm Bild 5 eingezeichneten Zahlenbeispiele erläutert außerdem Bild 6. Je nach der Größe

der Nacheilung von  $I_2$  gegen  $I_1$  wandert die dem Reaktanzrelais  $B$  vorgetäuschte Fehlerstelle vom tatsächlichen Fehlerort auf das Relais zu.

Bei Kabelleitungen oder kurzen Freileitungsstrecken ist die Reaktanzkomponente  $X$  sehr klein. Der Quotient  $R_w/X$  kann deshalb unter Umständen höhere Werte annehmen, als im Nomogramm berücksichtigt ist. Man kann dann zunächst irgendeinen passenden Bruchteil des tatsächlichen Betrages einsetzen und den damit gefundenen Fehler einfach entsprechend vervielfachen, da ja zwischen  $R_w/X$  und  $F$  Proportionalität herrscht. Für nicht zu große Winkel  $\psi$  kann man bis zu etwa  $20^\circ$  mit praktisch ausreichender Genauigkeit den Meßfehler eines Reaktanzrelais auch ohne Benutzung des Nomogrammes aus folgender einfachen Beziehung ermitteln:

$$F \% = 1,73 \frac{I_2}{I_1} \frac{R_w}{X} \psi (^{\circ});$$

hierbei kann  $\psi$  direkt in Winkelgraden eingesetzt werden.

### Zusammenfassung

Bei der Untersuchung des Verhaltens von Reaktanzrelais bei zweiseitig gespeisten Kurzschlüssen ergab sich, daß der Meßfehler nur in dem praktisch sehr seltenen Fall verschwindet, daß der von der anderen Seite her eingespeiste Kurzschlußstrom mit dem im betrachteten Reaktanzrelais fließenden Strom genau in Phase ist.

Die wesentlichste Feststellung ist hierbei, daß Reaktanzrelais im Gegensatz zu Impedanzrelais sehr erhebliche negative Meßfehler ergeben können, und daß sogar die Reaktanz Null ( $F = -100\%$ ) oder überhaupt negative Reaktanzen ermittelt werden können, womit die unmittelbare Gefahr von Fehlauselösungen in Schnellzeit gegeben ist. An einem Beispiel wurde gezeigt, daß ganz geringfügige Phasenabweichungen, mit denen wegen der meist unsymmetrischen Lage des Fehlers selbst in vollständig symmetrisch aufgebauten Netzen gerechnet werden muß, schon so erhebliche negative Meßfehler ergeben können, daß eine Fehlauselösung mit Sicherheit zu erwarten ist. Diese Fehler können natürlich noch ganz erheblich vergrößert werden, wenn infolge des Kurzschlusses eine gegenseitige Verdrehung der Polräder der beiderseits eingespeisten Maschinen eintritt.

## Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen

### VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

#### VDE 0250 U

#### Entwurf

Einspruchefrist: 1. Juli 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr

**Änderung der ab 15. Oktober 1936 gültigen Fassung**

#### § 2

#### Leiter

a) Für die Beschaffenheit der Kupferleiter gilt VDE 0201 „Vorschriften für Kupfer für Elektrotechnik“. Die Kupferleiter sollen, wenn sie nicht verzinkt sind, durch einen gefärbten Film oder eine andere gleichwertige Schicht von der Gummihülle lückenlos getrennt sein.

b) Für die Beschaffenheit der Aluminiumleiter gilt VDE 0202 U „Umstellvorschriften für Aluminium für Elektrotechnik“. Die Zugfestigkeit des Aluminiums der fertigen Leitung muß 13 bis 17 kg/mm<sup>2</sup> betragen. Die Durchmesser der ein-

DK 621.315.33(083.133.3)

zelnen Drähte des Aluminiumleiters dürfen nicht kleiner als 1,35 mm sein.

#### § 3

#### Gummihülle und Gummimantel

Die Gummihüllen und die Gummimäntel sind einer Alterungsprüfung zu unterwerfen. Probestücke werden in einem Wärmeschrank mit zirkulierender Luft 7-mal 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von  $70 \pm 2^\circ$  gehalten. Die Erwärmung ist an der Leitung ohne gummiertes Band und ohne Beflechtung, aber mit dem Leiter vorzunehmen.

Die Gummihüllen und die Gummimäntel müssen nach Fertigstellung nachstehenden Bedingungen entsprechen:

Vor und nach der Erwärmung müssen die Gummihüllen und die Gummimäntel die in Tafel Ia angegebenen Mindestwerte für Zugfestigkeit und Bruchdehnung aufweisen, wobei die Dehnungswerte bei einer Meßlänge von 2 cm festzustellen sind. Die mechanischen Eigenschaften nach der Erwärmung sind erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank festzustellen.

Tafel I a

1 Leitungsart	2 Gummihülle der Ader		4 Innerer Gummimantel		6 äußerer *) Gummimantel	
	Zugfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Bruchdehnung %	Zugfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Bruchdehnung %	Zugfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>	Bruchdehnung %
NGA (UV), NRA (UV), NRAM (UV), NRU (UV), NBU (UV), NBEU (UV), NPA (UV), NFA (UV), NPL (UV), NPLR (UV), NSA (UV)	25	100	—	—	—	—
NFL (UV), NTK (UV), NTSK (UV)	35	150	—	—	—	—
NLG (UV), NLH (UV)	25	100	—	—	35	150
NFLG (UV), NMH (UV), NSH (UV), einadrig bis 16 mm <sup>2</sup>	35	150	—	—	35	150
NSH (UV) mehradrig bis 16 mm <sup>2</sup>	35	150	25	100	35	150
NSH (UV) über 16 mm <sup>2</sup>	35	150	35	150	100	300
NT (UV)	35	150	35	150	100	300

\*) Liegen bei den äußeren Gummimänteln die vor der Erwärmung festgestellten Werte für Zugfestigkeit und Bruchdehnung höher als die vorgeschriebenen Mindestwerte, so dürfen die Anfangswerte nach der Erwärmung nicht mehr als 25% abgefallen sein.

§ 5

Unterscheidung der Adern von mehradrigen Leitungen

In mehradrigen Leitungen muß eine Ader deutlich unterscheidbar von den anderen gekennzeichnet sein.

Die Kennzeichnung kann erfolgen durch Färbung der Leiterbespinnung, des gummierten Bandes oder der Gummihülle.

§ 6

Gummiaderleitungen

Bezeichnung: N G A (UV).

Nennspannung: 750 V.

Gummiaderleitungen sind zulässig

- mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1 bis 16 mm<sup>2</sup>,
- mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1 bis 500 mm<sup>2</sup>,
- mit eindrähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 16 mm<sup>2</sup>,
- mit mehrdrähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 16 bis 500 mm<sup>2</sup>.

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben.

(Tafel I wird Tafel I b, Angaben wie bisher, jedoch sind diejenigen für Querschnitte über 500 mm<sup>2</sup> zu streichen.)

Die Gummihülle ist mit gummiertem, gewebtem Band bewickelt. Bei Leitungen von 1 bis 6 mm<sup>2</sup> ist entweder das Band in geeigneter Weise getränkt, oder es ist eine getränkte Beflechtung aus Kunstfaser über dem ungetränkten Band aufgebracht. Bei Leitungen von 1,5 mm<sup>2</sup> mit Aluminiumleitern und bei Leitungen über 6 mm<sup>2</sup> ist nur die getränkte Beflechtung aus Kunstfaser über der ungetränkten Bandbewicklung zulässig.

Bei mehradrigen Leitungen darf die Beflechtung gemeinsam sein.

(Weiterer Text wie bisher.)

§ 8

Rohrdrähte

a) Verwendung:

Für feste Verlegung in trockenen Räumen.

Für feste Verlegung über Putz [NRA (UV)].

Für feste Verlegung unter und über Putz [NRAM (UV)].

Nennspannung: 250 V.

b) Bau:

NRA (UV)- und NRAM (UV)-Leitungen sind als Mehrfachleitungen zulässig

- mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1 bis 10 mm<sup>2</sup>,
- mit 7-drähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 16 mm<sup>2</sup>,
- mit eindrähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 10 mm<sup>2</sup>,
- mit 7-drähtigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 16 mm<sup>2</sup>.

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben. Für die Dicke der Gummihülle gilt Tafel I b in § 6. Die Gummihülle ist mit gummiertem, gewebtem Band oder einem Film bewickelt.

Die Adern sind miteinander verseilt und mit einer Hülle umgeben, deren Wanddicke bei den Leitungen von 1 bis 6 mm<sup>2</sup> 0,4 mm und bei den Leitungen von 10 und 16 mm<sup>2</sup> 0,6 mm betragen muß. Diese Hülle kann aus mehreren Lagen getränkten Papiers [NRA (UV)] oder aus einer Bitumen-Regenerat-Mischung [NRAM (UV)] bestehen. Die Hohlräume sind mit Papier oder Bitumen-Regenerat-Mischung ausgefüllt. Über dieser Hülle folgt ein gefalzter, eng anliegender Metallmantel. Die Wanddicke des Metallmantels muß bei Stahl mindestens 0,2 mm, bei anderen Metallen mindestens 0,25 mm sein. Falls der Metallmantel aus Stahl besteht, ist er mit einem rost-sicheren Überzug zu versehen.

Unmittelbar unter dem gefalzten Metallmantel und in metallener Verbindung mit ihm kann bei Leitungen mit Kupferleitern ein eindrähtiger blanker oder verzinnter Kupferleiter mit einem Nennquerschnitt von 1 mm<sup>2</sup> oder ein weicher, verzinkter Stahldraht von 1 mm Dmr., bei Leitungen mit Aluminiumleitern ein Beidraht aus weichem, verzinktem Stahldraht von 1 mm Dmr. eingelegt sein [Bezeichnung: NRAS (UV) bzw. NRAMS (UV)].

Für den äußeren Durchmesser gelten die Werte der Tafel IV.

Tafel IV

1		2	
Anzahl der Adern und Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Außendurchmesser (über Falz gemessen) Größtwert mm	Anzahl der Adern und Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Außendurchmesser (über Falz gemessen) Größtwert mm
2 × 1	8,5	4 × 1	10
2 × 1,5	9	4 × 1,5	11
2 × 2,5	11	2 × 2,5	12
2 × 4	12	4 × 4	14
2 × 6	13	4 × 6	15
2 × 10	16	4 × 10	19
2 × 16	19	4 × 16	22
3 × 1	9,5	5 × 1,5	12
3 × 1,5	10	5 × 2,5	14
3 × 2,5	11		
3 × 4	13		
3 × 6	14		
3 × 10	17		
3 × 16	21		

c) Elektrische Prüfung

Rohrdrähte müssen in trockenem Zustande eine Wechselspannung von 2 kV und 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Metallmantel 1/2 h lang aushalten.

d) Biegeprüfung

Ein 1 m langes Probestück wird auf einen Dorn vom 10-fachen Außendurchmesser der Leitung derart aufgewickelt, daß der Falz des Metallmantels nicht durchweg in der neutralen Zone liegt. Bei einem Leitungs-Außendurchmesser über 12 mm ist ein Dorn vom 15-fachen Durchmesser anzuwenden. Der Dorn ist mit Stahlblechstreifen von etwa 1 mm Dicke versehen, die in gleichmäßigen Abständen von etwa 8 mm an seinem Umfang eingesetzt sind und 1 mm aus der Dornoberfläche hervorstehen.

Bei dieser Prüfung darf der Metallmantel nicht reißen und der Falz nicht aufgehen.

e) Prüfung des Rostschutzes

Zur Prüfung der Rostsicherheit des Überzuges müssen Mantelstücke zunächst gründlich gereinigt und ihre Schnittflächen paraffiniert werden. Die Rohrdrahtstücke werden mehrfach in weißes Fließpapier gewickelt und in ein frisch hergestelltes Gemisch von drei Teilen 1%iger Lösung von rotem Blutlaugensalz in Wasser und einem Teil 1%iger Lösung Ammoniumpersulfat in Wasser getaucht. Zulässige Blaufärbung nach einer Prüfdauer von 5 min bis Rostgrad R<sub>2</sub> nach DIN DVM 3210 (Anstrichfarben).

§ 9

Kabelähnliche Leitungen

Verwendung:

Für feste Verlegung unter und über Putz.

(Für Verlegung im Erdboden nicht zulässig.)

Nennspannung: 300 V.

I. Umhüllte Rohrdrähte

Bezeichnung: N R U (UV).

a) Bau

NRU-Leitungen sind als Mehrfachleitungen zulässig mit eindrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1 bis 10 mm<sup>2</sup>,



mit 7-dräftigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 16 mm<sup>2</sup>,  
mit eindräftigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 10 mm<sup>2</sup>,  
mit 7-dräftigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 16 mm<sup>2</sup>.

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben. Für die Dicke der Gummihülle gilt Tafel I b in § 6.

Die Gummihülle ist mit gummiertem, gewebtem Band oder einem Film bewickelt.

Die Adern sind miteinander verseilt und mit einer Bitumen-Regenerat-Mischung so umpreßt, daß die Hohlräume ausgefüllt sind und der Mantel für Leitungen von 1 bis 6 mm<sup>2</sup> 0,4 mm und bei den Leitungen von 10 und 16 mm<sup>2</sup> 0,6 mm dick ist.

Über diesem Mantel folgt ein gefalzter, eng anliegender Metallmantel. Die Wanddicke des Metallmantels muß bei Stahl mindestens 0,2 mm, bei anderen Metallen mindestens 0,25 mm sein. Falls der Metallmantel aus Stahl besteht, ist er mit einem rost sichereren Überzug zu versehen.

Unmittelbar unter dem gefalzten Metallmantel und in metallener Verbindung mit ihm kann bei Leitungen mit Kupferleitern ein eindräftiger, verzinnter Kupferleiter mit einem Nennquerschnitt von 1 mm<sup>2</sup> oder ein weicher, verzinkter Stahldraht von 1 mm Dmr., bei Leitungen mit Aluminiumleitern ein Beidraht aus weichem, verzinktem Stahldraht von 1 mm Dmr. eingelegt sein [Bezeichnung: NRUS (UV)].

Der gefaltete Metallmantel ist mit chemisch widerstandsfähiger Masse umgeben, mit mindestens zwei in chemisch widerstandsfähiger Masse gebetteten Lagen getränkter Papiers bewickelt und mit Faserstoffen (Baumwolle, Jute, Hanf oder gleichwertigen Stoffen) beflochten, die mit chemisch widerstandsfähiger Masse getränkt sind.

Die Schutzhülle über dem Metallmantel darf auch aus einer anderen gleichwertigen Hülle bestehen. Bei Verwendung von thermoplastischen Kunststoffen ist VDE 0285 einzuhalten.

Für den äußeren Durchmesser gelten die Werte der Tafel IVa.

Tafel IVa

1	2	1	2
Anzahl der Adern und Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Außendurchmesser Größtwert mm	Anzahl der Adern und Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Außendurchmesser Größtwert mm
2 × 1	12	4 × 1	14
2 × 1,5	13	4 × 1,5	15
2 × 2,5	15	4 × 2,5	16
2 × 4	16	4 × 4	18
2 × 6	17	4 × 6	19
2 × 10	21	4 × 10	24
2 × 16	24	4 × 16	27
3 × 1	13	5 × 1,5	16
3 × 1,5	14	5 × 2,5	17
3 × 2,5	15		
3 × 4	17		
3 × 6	19		
3 × 10	22		
3 × 16	26		

b) Prüfung des Rostschutzes

Zur Prüfung der Rostsicherheit des Überzuges müssen zunächst die Umhüllungen entfernt werden und die Mantelstücke gründlich gereinigt und deren Schnittflächen paraffiniert werden. Die Rohrdrähtstücke werden mehrfach in weißes Fließpapier gewickelt und in ein frisch hergestelltes Gemisch von drei Teilen 1%iger Lösung von rotem Blutlaugensalz in Wasser und einem Teil 1%iger Lösung Ammoniumsulfat in Wasser getaucht. Zulässige Blaufärbung nach einer Prüfdauer von 5 min bis Rostgrad R<sub>2</sub> nach DIN DVM 3210 (Anstrichfarben).

II. Bleimantelleitungen

Bezeichnung: N B U (UV) (mit Faserstoffbeflechtung)  
N B E U (UV) (mit Stahlbandbewehrung und Faserstoffbeflechtung).

a) Bau

NBU (UV)- und NBEU (UV)-Leitungen sind als Mehrfachleitungen zulässig  
mit eindräftigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 1 bis 10 mm<sup>2</sup>,  
mit 7-dräftigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 16 mm<sup>2</sup>,  
mit eindräftigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 1,5 bis 10 mm<sup>2</sup>,  
mit 7-dräftigen Aluminiumleitern in Nennquerschnitten von 16 mm<sup>2</sup>.

Der Leiter ist mit einer vulkanisierten Gummihülle umgeben. Für die Dicke der Gummihülle gilt Tafel I b in § 6.

Die Gummihülle ist mit gummiertem, gewebtem Band oder einem Film bewickelt.

Die Adern sind miteinander verseilt und mit einer Bitumen-Regenerat-Mischung so umpreßt, daß die Hohlräume ausgefüllt sind und der Mantel für Leitungen von 1 bis 6 mm<sup>2</sup> 0,4 mm und bei den Leitungen von 10 und 16 mm<sup>2</sup> 0,6 mm dick ist. Über diesem Mantel folgt ein nahtloser Bleimantel. Für die Dicke des Bleimantels gelten die Werte in Tafel V.

Unmittelbar unter dem Bleimantel und in metallener Verbindung mit ihm kann bei Leitungen mit Kupferleitern ein eindräftiger, verzinnter Kupferleiter mit einem Nennquerschnitt von 1 mm<sup>2</sup> oder ein weicher, verzinkter Stahldraht von 1 mm Dmr., bei Leitungen mit Aluminiumleitern ein Beidraht aus weichem, verzinktem Stahldraht von 1 mm Dmr. eingelegt sein [Bezeichnung: NBUS (UV) bzw. NBEUS (UV)].

Der Bleimantel ist mit chemisch widerstandsfähiger Masse umgeben, mit mindestens zwei in chemisch widerstandsfähiger Masse gebetteten Lagen getränkter Papiers bewickelt und mit Faserstoffen (Baumwolle, Jute, Hanf oder gleichwertigen Stoffen) beflochten, die mit chemisch widerstandsfähiger Masse getränkt sind [Bezeichnung: NBU (UV)]. Bei bewehrten Bleimantelleitungen [Bezeichnung: NBEU (UV)] ist über der Papierbespinnung eine Bewehrung mit zwei Lagen Stahlband von 0,2 mm Dicke, hierüber eine Bewicklung mit einer in chemisch widerstandsfähiger Masse gebetteten Lage getränkter Papiers und darüber eine Beflechtung mit Faserstoffen (Baumwolle, Jute, Hanf oder gleichwertigen Stoffen), die mit chemisch widerstandsfähiger Masse getränkt ist, angebracht.

Die Schutzhülle über dem Bleimantel darf auch aus einer anderen gleichwertigen Hülle bestehen. Bei Verwendung von thermoplastischen Kunststoffen ist VDE 0285 einzuhalten.

Für Bleimanteldicke und Außendurchmesser der Bleimantelleitung gelten die Werte der Tafel V.

Tafel V

1	2	3	4
Anzahl der Adern und Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Dicke des Bleimantels etwa mm	N B U (UV) Größtwert mm	N B E U (UV) Größtwert mm
2 × 1	0,8	13	14
2 × 1,5	0,8	14	15
2 × 2,5	0,8	15	16
2 × 4	0,9	18	19
2 × 6	0,9	19	20
2 × 10	1	23	24
2 × 16	1	26	27
3 × 1	0,8	14	15
3 × 1,5	0,8	15	16
3 × 2,5	0,9	16	17
3 × 4	0,9	19	20
3 × 6	0,9	20	21
3 × 10	1	24	25
3 × 16	1	28	29
4 × 1	0,8	15	16
4 × 1,5	0,8	16	17
4 × 2,5	0,9	17	18
4 × 4	0,9	20	21
4 × 6	0,9	21	22
4 × 10	1	26	27
4 × 16	1	30	31

Elektrische Prüfung der kabelähnlichen Leitungen

Die umhüllten Rohrdrähte und Bleimantelleitungen müssen in trockenem Zustande eine Wechselspannung von 2 kV und 50 Per/s zwischen den Leitern und zwischen Leiter und Metallmantel 1/2 h lang aushalten.

Prüfungen der Umhüllung der kabelähnlichen Leitungen

a) Elektrische Prüfung der Umhüllung

Die zu prüfende Leitung ist über einen Dorn von etwa 20-fachem Außendurchmesser der Leitung, mindestens aber von 30 cm, zu einem vollständigen Ring zu biegen und in Wasser zu legen. Die Enden sollen je 25 cm herausragen. Nach 3 h muß dann der Ring zwischen Metallmantel und Wasser 10 min lang eine Wechselspannung von 1 kV aushalten. Beim Biegen von Leitungen mit gefalztem Metallmantel soll der Falz seitlich liegen. Bei Prüfung der Ausführung NBEU (UV) ist die Stahlbandbewehrung freizulegen und nicht mit dem Bleimantel zu verbinden.

Die Prüfung ist zunächst an drei Probestücken vorzunehmen. Hält eines dieser Probestücke die Prüfspannung nicht aus, so ist eine weitere Prüfung mit zwei neuen Probestücken

vorzunehmen. Wird von einem dieser beiden Probestücke die Prüfung auch nicht bestanden, so genügt die untersuchte Leitung nicht.

#### b) Chemische Prüfung der Umhüllung

Ein Stück von 1,5 m der zu prüfenden Leitung wird um einen Dorn von etwa 20-fachem Außendurchmesser der Leitung, mindestens aber von 30 cm, zu einer Wendel gewickelt. Beim Biegen von Leitungen mit gefalztem Mantel soll der Falz seitlich liegen. Die Enden sind mit Kabelvergußmasse abzudichten. Diese Wendel wird den Dämpfen von Salpetersäure mit dem spezifischen Gewicht 1,285 bei einer Zimmertemperatur von etwa 20° acht Tage lang ausgesetzt.

Die Wendel ist unter ein geeignetes Gefäß zu legen, das auf eine Glasplatte gestellt wird. 100 cm<sup>3</sup> Salpetersäure sind in eine Porzellanschale von 15 cm Dmr. zu gießen und ebenfalls unter das Gefäß zu bringen. Die Wendel ist auf Glas-

stäben so zu lagern, daß sie die Gefäßwand nicht berührt. Das Gefäß ist auf der Glasplatte sorgfältig abzudichten und in diffusum Licht unter Vermeidung unmittelbarer Sonnenbestrahlung aufzustellen. Unter ein Gefäß dürfen nur zwei Wendeln gelegt werden.

Nach dieser Behandlung muß die Leitung nach einstündiger Wasserung eine Wechsellspannung von 1 kV zwischen Metallmantel und Wasser 10 min lang aushalten. Bei Prüfung der Ausführung NBEU (UV) ist die Stahlbandbewehrung freizulegen und nicht mit dem Bleimantel zu verbinden.

#### § 20

##### Aufzugsteuerleitungen

Im ersten Absatz ist der 6. Satz wie folgt zu ändern:  
„Die verseilten Adern sind mit getränktem, gewebtem Band in offener enger Wendel zu umwickeln.“

## Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen

### VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

#### VDE 0810

##### Entwurf

Einspruchsfrist: 1. Juli 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr

**Anderung der ab 1. Januar 1928 gültigen Fassung**

#### § 4

##### Beschaffenheit der Gummihülle

Die Gummihülle ist einer Alterungsprüfung zu unterwerfen. Probestücke werden in einem Wärmeschrank mit umlaufender Luft 7-mal 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von  $70 \pm 2^\circ$  gehalten. Die Erwärmung ist an der Leitung ohne gummiertes Band und ohne getränkte Beflechtung, aber mit dem Leiter vorzunehmen.

Die Gummihülle der Leiter muß nach Fertigstellung nachstehenden Bedingungen entsprechen:

Vor und nach der Alterungsprüfung muß die Gummihülle eine Zugfestigkeit von 50 kg/cm<sup>2</sup> und eine Bruchdehnung von 250% der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen. Die Feststellung der mechanischen Eigenschaften nach der Alterungsprüfung hat erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank zu erfolgen.

#### § 5 A

##### Verwendungsbereich

Wortlaut wie bisheriger § 5.

#### § 5 B

##### Abschirmung

Für solche Fernmeldeanlagen, in denen ein Schutz gegen elektrische Beeinflussungen notwendig ist, können die isolierten Leitungen abgeschirmt werden. Die Abschirmung besteht aus einer Bespinnung oder Beflechtung. Hierfür können Drähte, Metallgospinstfäden, bei isolierten Drähten und Kabeln auch Metallband oder metallisiertes Papier oder beides verwendet werden.

#### § 10 A

##### S B

Wortlaut wie bisheriger § 10.

#### § 10 B

##### Seidenlackdrähte

##### a) S L

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen.

Der Leiter aus einem Kupferdraht von 0,6 mm Durchmesser ist mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der

Bespinnung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn vom 5-fachen Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn Schaltverbindungen durch Lötten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinkt sein. SL können auch mehrfach verseilt sein.

SL müssen so beschaffen sein, daß 5 m lange Stücke in trockenem Zustand einer Wechsellspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Für die Spannungsprüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

##### b) L S L

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle in Fernmeldeanlagen, auch bei tropenmäßiger Beanspruchung.

Der Leiter aus einem Kupferdraht von 0,6 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen und darüber mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der Bespinnung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn vom 5-fachen Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn Schaltverbindungen durch Lötten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinkt sein. LSL können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach viertägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens 60 MΩ je 1 km Länge bei 20° aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen. Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach viertägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit bei 20° einer Wechsellspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Für die Spannungsprüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

##### c) L U L

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen auch bei tropenmäßiger Beanspruchung sowie in Rohr auf oder unter Putz.

Der Kupferleiter von 0,8, 1,0, 1,5 oder 1,8 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen und darüber mit Kunstseide beflochten. Über der Beflechtung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn vom 5-fachen Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn LUL als Schaltdraht verwendet und Schaltverbindungen durch Lötten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinkt sein.

LUL können auch mehrfach verseilt sein.

Für die elektrischen Eigenschaften gelten die gleichen Vorschriften wie für LSL-Drähte.

## Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen

VDE-Aussehuß für Drähte und Kabel

### VDE 0810 U

Entwurf

Einspruchsfrist: 1. Juli 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfes auf eigene Gefahr

Änderung der ab 1. April 1935 gültigen Fassung

#### § 4

Beschaffenheit der Gummihülle

Die Gummihülle ist einer Alterungsprüfung zu unterwerfen. Probestücke werden in einem Wärmeschrank mit zirkulierender Luft 7 · 24 h ununterbrochen auf einer Temperatur von  $70 \pm 2^\circ$  gehalten. Die Erwärmung ist an der Leitung ohne gummiertes Band und ohne getränkte Beflechtung, aber mit dem Leiter vorzunehmen.

Die Gummihülle der Leiter muß nach Fertigstellung nachstehenden Bedingungen entsprechen:

Vor und nach der Alterungsprüfung muß die Gummihülle eine Zugfestigkeit von  $25 \text{ kg/cm}^2$  und eine Bruchdehnung von 100% der Anfangslänge bei einer Meßlänge von 2 cm aufweisen. Die Feststellung der mechanischen Eigenschaften nach der Alterungsprüfung hat erst 24 h nach dem Herausnehmen aus dem Wärmeschrank zu erfolgen.

#### § 5 A

Verwendungsbereich

Wortlaut wie bisheriger § 5.

#### § 5 B

Abschirmung

Für solche Fernmeldeanlagen, in denen ein Schutz gegen elektrische Beeinflussung notwendig ist, können die isolierten Leitungen abgeschirmt werden. Die Abschirmung besteht aus einer Bespinnung oder Beflechtung. Hierfür können Drähte, Gespinnstfäden, bei isolierten Drähten und Kabeln auch Metallband und/oder metallisiertes Papier verwendet werden.

#### § 8

L P (U V)

Geeignet zur festen Verlegung in trockenen Räumen über Putz oder in Rohr unter Putz sowie zur freien Verlegung innerhalb und außerhalb der Gestelle, Vielfachumschalter usw. der Fernmeldeanlagen.

Der Leiter von 0,5, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5 oder 1,8 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen, mit zwei Lagen Zellulose, Papier oder gleichwertigem Stoff umhüllt und mit einer Lage Baumwolle, Misch- oder Kunstfaser beflochten; die Beflechtung ist getränkt. Die Drähte können auch mehrfach verseilt sein.

Die Drähte müssen so beschaffen sein, daß 5 m lange Stücke in trockenem Zustand einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Für die Spannungsprüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

LP (UV) mit Leitern von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser darf nur als Schaltdraht in den Gestellen, Vielfachumschaltern usw. der Fernmeldeanlagen verwendet werden.

#### § 10 A

S B (U V)

Wortlaut wie bisheriger § 10.

#### § 10 B

Seidenlackdraht

a) S L (U V).

Geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen.

DK 621.315.33(083.133.3)

Der Leiter aus einem Kupferdraht von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser ist mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der Bespinnung ist ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug aufgebracht, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn vom 5-fachen Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn Schaltverbindungen durch Lötten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinkt sein. SL (UV) können auch mehrfach verseilt sein.

SL (UV) müssen so beschaffen sein, daß 5 m lange Stücke in trockenem Zustand einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Für die Spannungsprüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

b) L S L (UV)

LSL (UV) mit Kupferleiter von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser geeignet zur Verlegung innerhalb der Apparate und Gestelle in Fernmeldeanlagen auch bei tropenmäßiger Beanspruchung.

LSL (UV) mit Kupferleiter von 0,6 mm Durchmesser auch geeignet zur Verlegung in Rohr auf oder unter Putz.

Der Leiter aus einem Kupferdraht von 0,5 oder 0,6 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen und darüber mit zwei Lagen Kunstseide besponnen. Über der Bespinnung liegt ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn vom 5-fachen Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn LSL (UV) als Schaltdraht verwendet und Schaltverbindungen durch Lötten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinkt sein. LSL (UV) können auch mehrfach verseilt sein.

Bei der Abnahme im Lieferwerk müssen die Drähte nach viertägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mindestens  $60 \text{ M}\Omega$  je 1 km Länge bei  $20^\circ$  aufweisen. Er wird mit einer Gleichspannung von 100 bis 200 V gemessen. Außerdem müssen 5 m lange Stücke nach viertägigem Liegen in Luft von 80% relativer Feuchtigkeit bei  $20^\circ$  einer Wechselspannung von 800 V bei 50 Hz zwischen den Leitern 10 min lang widerstehen. Für die Spannungsprüfung von Einfachdrähten sind zwei 5 m lange Stücke zusammenzudrehen.

c) L U L (UV)

Geeignet zur Verlegung in Rohr auf oder unter Putz, mit Kupferleiter auch innerhalb der Apparate und Gestelle der Fernmeldeanlagen auch bei tropenmäßiger Beanspruchung.

Der Leiter von mindestens 0,8 mm Durchmesser ist mit einer Lackschicht überzogen und darüber mit Kunstseide beflochten. Über der Beflechtung liegt ein zusammenhängender, gut biegsamer und schwer entflammbarer Lacküberzug, der so beschaffen sein muß, daß er beim Biegen über einen Dorn vom 5-fachen Drahtdurchmesser nicht bricht. Wenn LUL (UV) als Schaltdraht verwendet und Schaltverbindungen durch Lötten hergestellt werden sollen, kann der Kupferleiter verzinkt sein. LUL (UV) können auch mehrfach verseilt sein.

Für die elektrischen Eigenschaften gelten die gleichen Vorschriften wie für LSL (UV).

### C. Bauart und Prüfung der Kabel

#### I. Innenkabel

Geeignet zur festen Verlegung über Putz sowie zur Verlegung innerhalb und außerhalb der Gestelle, Vielfachumschalter usw. der Fernmeldeanlagen; Kabel nach §§ 11 und 12 nur in trockenen Räumen.

Leiterdurchmesser 0,5, 0,6, 0,8 und 1,0 mm bei den Innenkabeln nach § 13 und § 16 0,6, 0,8 und 1,0 mm.

Die zum Kabelkern verseilten Adern .....

## RUNDSCHAU

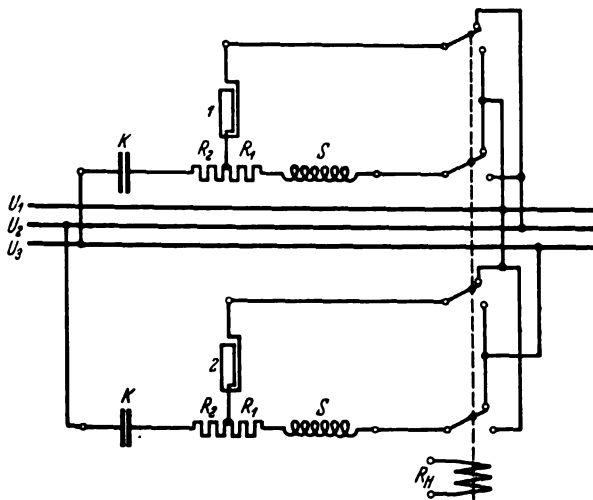
### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.316.925.1

DK 621.316.925

**Symmetrische Komponenten der Leistung bei Richtungsrelais.** [Nach J. Sallard, Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 865; 9½ S., 14 B.]

Der Verfasser erläutert die an sich bekannten und besonders im Ausland öfter angewendeten Möglichkeiten, Richtungsrelais für den Selektivschutz mit symmetrischen Komponenten der Leistung zu verwenden. Man unterscheidet dementsprechend eine Anzeige der direkten, der inversen Leistung und der Nulleistung. Der Vorteil der Verwendung der inversen bzw. der Nulleistung zur Richtungsangabe liegt darin, daß das Drehmoment dabei am Fehlerort im Gegensatz zur direkten Leistung am größten ist. Der Nachteil besteht darin,



- |        |                                                             |            |              |
|--------|-------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| 1 u. 2 | Spannungsspulen des wattmetrischen Relais                   | K          | Kondensator  |
|        |                                                             | $R_1, R_2$ | Widerstände  |
| $R_H$  | Umschalterelais, wird nur bei dreipoligem Kurzschluß erregt | S          | Induktivität |

Bild 1. Umschaltung des Wattmeters von inverser auf direkte Leistungsangabe.

daß bei dreiphasigem Kurzschluß weder eine inverse Leistung noch Nulleistung besteht. Der Verfasser schlägt daher nach eingehender mathematischer und graphischer Darlegung der Verhältnisse vor, ein dreiphasiges Richtungsrelais zu verwenden, wovon zwei Systeme durch Umschaltung entweder die direkte oder die inverse Leistung anzeigen und das dritte System die Nulleistung angibt. Ähnlich der Angabe der direkten Leistung mit Hilfe von zwei gekoppelten wattmetrischen Systemen läßt sich auch die inverse Leistung durch zwei Systeme darstellen, wobei nur im Spannungspfad die links-läufigen Komponenten verwendet werden. Der Verfasser gibt dann eine einfache Kunstschaltung aus Induktivität, Kapazität und ohmschem Widerstand an, wobei durch Umschaltung der Abgriffe von dieser Kunstschaltung im Spannungspfad wahlweise durch die zwei Wattmeter die direkte bzw. inverse Leistung angezeigt werden kann (Bild 1). Normalerweise ist das Relais zur Anzeige der inversen Leistung geschaltet und wird mit einem Hilfsrelais bei Ansprechen der drei Anregerrelais entsprechend dem dreiphasigen Kurzschluß auf direkte Leistungsangabe umgeschaltet. Das dritte System ist nur vom Summenstrom und der Summenspannung zur Angabe der Nulleistung beaufschlagt. Die drei Systeme sind miteinander starr gekoppelt. H. Ngb.

**Neuere Erfahrungen mit Relaischutz in den V. S. Amerika.** [Nach Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 588; 4½ S.]

Seit etwa 1930 sind Leistungsschalter und Schnellrelais mit sehr kurzen Abschaltzeiten in Gebrauch. Um einen Überblick über die in den inzwischen vergangenen 10 Jahren gemachten Erfahrungen zu gewinnen, veranstaltete der Unterausschuß für Relais des Ausschusses für Schutzvorrichtungen im AIEE eine Rundfrage unter seinen Mitgliedsvereinigungen, die folgendes ergab:

Der sofort wirkende Überstromschutz wird von den meisten Gesellschaften als verlässlicher Erdschlußschutz bezeichnet. Die Einstellungen der Auslöser für das Abschalten bewegen sich zwischen 100 und 200 % des größten symmetrischen „durchgehenden“ Fehlerstromes. Bei langen Leitungen wurden meist die oberen Werte gewählt, doch werden in Einzelfällen auch andere Erfahrungen angegeben. Bei einer Gesellschaft wurden 85 bzw. 70 % aller Fehler von auf Eisenmasten bzw. Holzmasten verlegten Leitungen durch sofort wirkende Überstromrelais abgeschaltet.

Gegen Phasenkurzschlüsse hat sich das Distanzrelais, sowohl als Reaktanz- als auch als Impedanzrelais, abgesehen von einigen Fehlabschaltungen mit Außertrittfallen und Stößen bei Parallelschaltungen bewährt. Andere Fehlschaltungen konnten auf nicht richtig eingestelltes Zusammenwirken von Richtungs- und Impedanzglied zurückgeführt werden. Weiter wird noch über die Erfahrungen bei Erdschlüssen berichtet.

Für kürzere Leitungen wird in steigendem Maße die Schutzvorrichtung mit Steuerleitung benutzt, und zwar bei Wechselstrom als Differentialschutz und bei Gleichstrom als Richtungs-Vergleichsschutz. Die Auslösezeit der verwendeten Relais soll unter 0,01 s liegen. Die ähnlich wirkende Schutzvorrichtung mit Trägerstromverbindung wurde bisher noch wenig angewendet. Eine Gesellschaft stellte dabei 1,2 % Fehlauflösungen fest, wovon ein Drittel auf die Trägerstromvorrichtung zurückzuführen war. Die Wirkung der Trägerstromvorrichtung wird vom herrschenden Wetter beeinflusst. Verbesserungen an Relais und Einrichtung haben aber viele Fehler beseitigt.

Der Quervergleichsschutz für parallele Leitungen, etwa durch kreuzweise geschaltete Energierichtungsglieder, spricht nur bei Fehlern einer Leitung an, nicht dagegen bei Fehlern an den parallelen Leitungen des gleichen Schutzsystems. Für die richtige Wirkungsweise von Stromvergleichsschutz-Einrichtungen mit Waagebalkenrelais hat sich die peinlich genaue Abgleichung der Stromwandlerkennlinien als unbedingt notwendig erwiesen. Durch Kupplungsschalter werden die Quervergleichsbedingungen manchmal ungünstig beeinflusst. Für den Sammelschienenschutz hat sich außer dem Impedanzrelais der Differentialschutz mit sofort wirkenden Überstromrelais bewährt, wobei die Übersetzung der Stromwandler so gewählt werden soll, daß sie unter keinen Umständen mehr als den 10fachen Nennstrom führen sollen.

Die Erfahrungen in den V. S. Amerika haben ferner gezeigt, daß kurzzeitige Störungen Schnellrelais im Gegensatz zu Relais mit Zeitverzögerung zu Fehlauflösungen, unnötigen Auslösungen oder zum Versagen veranlassen können. Fehlauflösungen bei sofort wirkenden Überstromrelais durch Stromstöße können aber durch einen Nebenwiderstand vermieden werden. Auch gegen andere kurzzeitige Störungen gibt es Gegenmittel. Gegen die Auswirkungen von ungleichzeitig schließenden Schalterkontaktpaaren auf Erdschlußrelais wird in der Ausprache ein Schnellinduktionsrelais empfohlen und über gute Erfahrungen an 80 Reaktanzrelais für Erdschlußschutz berichtet. Da der Erdschlußstromkreis oft einen beträchtlichen Widerstand aufweist, sollen Reaktanzrelais besser noch als Impedanzrelais geeignet sein. Ferner werden in der Diskussion Fehlerquellen durch unrichtige Konstruktion des Anlaufes, schlechte Funktion von Kontakten, fälschende Stromüberlagerungen, Fehler in Strom- und Spannungswandlern und Einwirkungen benachbarter Relais behandelt. Ob.

Meßgeräte und Meßverfahren

DK 621.317.332.029.63

Die Messung von Scheinwiderständen im Gebiet der Dezimeterwellen. [Nach N. H. Kaufmann, Z. Hochfrequenztechn. 53 (1939) S. 61; 6 S., 9 B.]

Zur Bestimmung des Scheinwiderstandes wird in der Hochfrequenztechnik bis in das Frequenzgebiet von 200 MHz die Resonanzmessung an einem Schwingungskreis mit konzentrierter Kapazität und Induktivität ausgeführt. Je höher man aber in das Spektrum hineinkommt, um so mehr versagt das Verfahren, da z. B. bei Dezimeterwellen schon nicht mehr von Kreisen mit konzentrierten Elementen gesprochen werden kann. Hier in diesem Gebiet liegt ein Mittelding zwischen einem Schwingungskreis mit konzentrierten Größen und der Leitung vor. Die letztere ist aber ebenso wie ein Schwingungskreis exakter Behandlung zugänglich, sodaß sich also mit Hilfe der Leitungstheorie

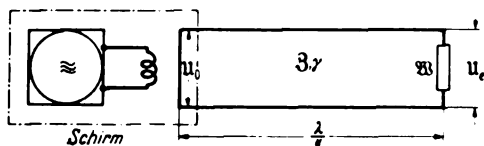


Bild 2. Erläuterung des Meßprinzips.

ein genaues Verfahren zur Scheinwiderstandsmessung im Gebiet kurzer und kürzester Wellen aufbauen läßt. Diese hieraus entspringenden Verfahren kommen ohne jede graphische Näherung aus, und alle auftretenden Größen können exakt mathematisch ausgedrückt werden. Das dementsprechend von Kaufmann gewählte Verfahren beruht auf folgendem: An beliebiger Stelle einer Doppelleitung, in der ein unbekannter Widerstand eingeschaltet ist, werden die Strom- und Spannungsgrößen gemessen, und aus dem Eingangswiderstand der Leitung wird dann auf den unbekanntem Widerstand, der die Leitung abschließt, geschlossen. Auf diese Weise wurde es möglich, das Verfahren der Resonanzmessungen an konzentrierten Schwingungskreisen auf Leitungskreise zu übertragen. Die theoretischen Grundlagen für die Messung lassen sich so zusammenfassen: Eine Leitung, deren Länge gleich  $\frac{\lambda}{4}$  ist, wird lose induktiv an einen Sender angekoppelt (Bild 2). Nach den Leitungsgleichungen hängt dann die Ausgangsspannung  $U_e$  mit dem Abschlußwiderstand, den Leitungskonstanten und dem Wellenwiderstand durch folgende Gleichungen zusammen:

$$U_0 = j \left( \sin \beta \frac{\lambda}{4} + \frac{3}{W} \cos \beta \frac{\lambda}{4} \right) = -j \frac{1}{\beta \frac{\lambda}{4} + W} \quad (1)$$

$$\frac{U_0}{U_e} = -j \frac{3}{W} \quad (1a)$$

$$\text{für } \beta \frac{\lambda}{4} \ll 1 \text{ und } \beta = 0, \frac{\beta}{4} \ll \frac{1}{3}$$

Wird nun als Widerstand  $W$  der veränderbare Meßkreis benutzt, so läßt sich aus der Messung der Eingangsspannung  $U_e$  der Leitwert  $G$  ermitteln. Ferner ist aus den Beziehungen zu entnehmen, daß im Falle  $\beta = 0$  die Meßspannung  $U_e$  dem Widerstand proportional ist (Bild 3).

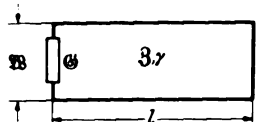


Bild 3. Meßkreis mit veränderlicher Leitungslänge.

Bei der Ausführung der Messungen nach dieser Theorie werden die in der Hochfrequenztechnik üblichen Verfahren angewandt. Beim Halbwertsverfahren wird bei Resonanzkreisen die Halbwertsbreite der Resonanzkurve bestimmt, bei Leitungen die Länge der Leitung, wo die Höhe der Kurve nur noch das  $1/\sqrt{2}$ -fache des Resonanzfalles beträgt. Ist  $\delta$  die Halbwertsbreite oder Halbwertsverschiebung, so gilt

$$\frac{U_e(l_{res})}{U_e(l_{res} + \delta)} = \sqrt{2}, \quad (2)$$

woraus die Wirkkomponente des Meßobjekts berechnet werden kann. Das zweite Verfahren benutzt den Vergleich der Reso-

nanzkreissspannungen. Hier wird am Meßkreis die Spannung mit und ohne Widerstand gemessen; durch einen geeigneten Vergleichswiderstand kann man den unbekanntem bestimmen.

Zur Bestimmung des Scheinwiderstandes bei Dezimeterwellen werden beide Verfahren angewandt, da in beiden Fällen dieselbe Meßschaltung benutzt werden kann. Ist der Widerstand sehr hoch, so wird das Vergleichsverfahren herangezogen, während für nicht allzuhohe Widerstände das Halbwertsverfahren geeignet ist. Geht man zur eigentlichen Messung des Widerstandes über, so sind bei der Leitung zwei Fälle zu unterscheiden. Als Fall I gilt die Messung bei verlustloser Leitung, d. h.  $\beta = 0$ . Unter Zuhilfenahme der Leitungsgleichungen läßt sich mit der erwähnten Voraussetzung für den Widerstand des Meßkreises

$$\frac{1}{W} - G' = G + \frac{1}{3} \cot \beta \frac{\lambda}{4}$$

finden, woraus für  $\beta = 0$ , also

$$\gamma = j \alpha = j \frac{2\pi}{\lambda} \text{ und } Z = Z \text{ mit } G = X + j Y$$

$$\frac{U_0}{U_e} = Z \cdot X + j \left( Y - \frac{1}{Z} \cot \alpha l \right) \quad (3)$$

und das Maximum von  $U_e$  bei einer Länge  $l = l_{res}$ .

$$Y = \frac{1}{Z} \cot \alpha l_{res} \quad (4)$$

gefunden wird. Besitzt das Meßobjekt nun einen reellen Leitwert, so ist die Resonanzlänge  $\frac{\lambda}{4}$ , also  $l_{res} = \frac{\lambda}{4} - l_0$ , wenn  $l_0$  die Abweichung von der Resonanzlänge bedeutet, und die Blindkomponente kann aus der Gleichung

$$Y = \frac{1}{Z} \text{tg } \alpha l_0 \quad (5)$$

gefunden werden. Hiernach liegt eine Leitungsverkürzung vor, wenn die Blindkomponente kapazitiv ist, und dementsprechend eine Verlängerung der Leitung, falls es sich um einen induktiven Blindwiderstand handelt. Den Wirkwiderstand ermittelt man dann in der Resonanzschaltung aus der Größe  $\frac{1}{W_{max}} = X$ .

Bei der Beschreibung des angeführten Meßverfahrens tritt der Unterschied zwischen dem Halbwertsverfahren bei einem Schwingungskreis mit konzentrierten Schaltelementen und dem Leitungs-Halbwertsverfahren für Dezimeterwellen klar hervor. Bei dem letzteren muß in fast allen Fällen die Blindkomponente berücksichtigt werden, sofern beide Widerstandskomponenten gegenüber dem Wellenleitwert groß genug sind. Hinsichtlich des Vergleichsverfahrens ergeben sich zwischen Schwingungs- und Leitungskreis keine besonderen Unterschiede. Etwas schwieriger liegen die Verhältnisse, wenn die Verluste des Kreises nicht zu vernachlässigen sind, d. h. wenn  $\beta \neq 0$  ist. Dies zu berücksichtigen hat aber nur dann einen Sinn, wenn die Verluste gegenüber dem Wirkanteil von  $G$  im Kreis nicht mehr zu vernachlässigen sind. Berechnungsformeln hierfür sind in der Arbeit von Kaufmann angegeben.

Um eine Messung nach dem geschilderten Verfahren durchführen zu können, ist ein Instrument mit hinreichend hohem Eingangswiderstand erforderlich. Kaufmann gibt hierfür eine Meßeinrichtung an, die mit einer Sonderdiode ausgerüstet ist, die im Dezimeterwellengebiet eine Kathoden-Anoden-Kapazität von 0,6 pF besitzt. Dieses Instrument wird mit einer Leitung verbunden, wodurch ein hoher Eingangswiderstand entsteht, wenn man am Ende einer kurzgeschlossenen Leitung von der Länge  $\frac{\lambda}{4}$  mit hohem Eingangswiderstand einen geringen Bruchteil der Eingangsspannung abgreift. Dieses Verfahren hat den einen Nachteil, daß es um so unempfindlicher ist, je näher man die Diode an den Kurzschluß heranbringt; dafür wird aber der Eingangswiderstand der gesamten Anordnung um so größer.

Die vollständige Meßeinrichtung ist aus Bild 4 zu entnehmen, wo als Meßleitung eine Doppelleitung benutzt wird, deren  $Z$  aus dem Leitungsabstand  $a$  und Leiterdicke  $d$  nach der Formel  $Z = 120 \cdot \ln \frac{2a}{d} \Omega$  ermittelt werden kann. Bei der Messung ist dann auf folgende Dinge ein besonderer Wert zu legen: Abschirmung des Senders und Rückwirkungsfreiheit der angekoppelten Systeme. Bei Meßobjekten mit hohem Wirkwiderstand ist der Spannungszeiger lose anzukoppeln, um Fehler durch den Eingangswiderstand des Instruments zu vermeiden. Außerdem ist die Ausbildung der Resonanzkurven, besonders

beim Halbwertsverfahren und hinreichende mechanische Stabilität der Doppelleitung wichtig. Zum Schluß werden noch einige Meßergebnisse mitgeteilt, die mit einer Wellenlänge von

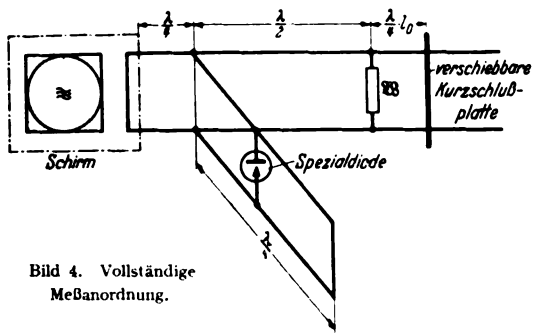


Bild 4. Vollständige Meßanordnung.

$\lambda = 54$  cm gewonnen wurden, und an diesen die Ungenauigkeiten betrachtet, die für das Halbwertsverfahren bis zu 10% betragen. Hsr.

DK 536.623 : 621.315.616

**Meßverfahren zur Bestimmung der Temperaturleitzahl und der spezifischen Wärme von Kunststoffen.** [Nach F. Gottwald, Kunststoffe 29 (1939) S. 248; 4 S., 8 B.]

Fast alle seither angegebenen Methoden zur Bestimmung der Wärmeleitzahl von Kunststoffen messen im stationären Zustand und benötigen deshalb große Meßzeiten. Diesen Nachteil umgehen die nichtstationären Verfahren. Man bestimmt hierbei die Temperaturleitzahl  $a$ . Die Wärmeleitzahl  $\lambda$  erhält man dann als Produkt aus der Temperaturleitzahl  $a$ , der spezifischen Wärme  $c$  und der Wichte  $s$ .

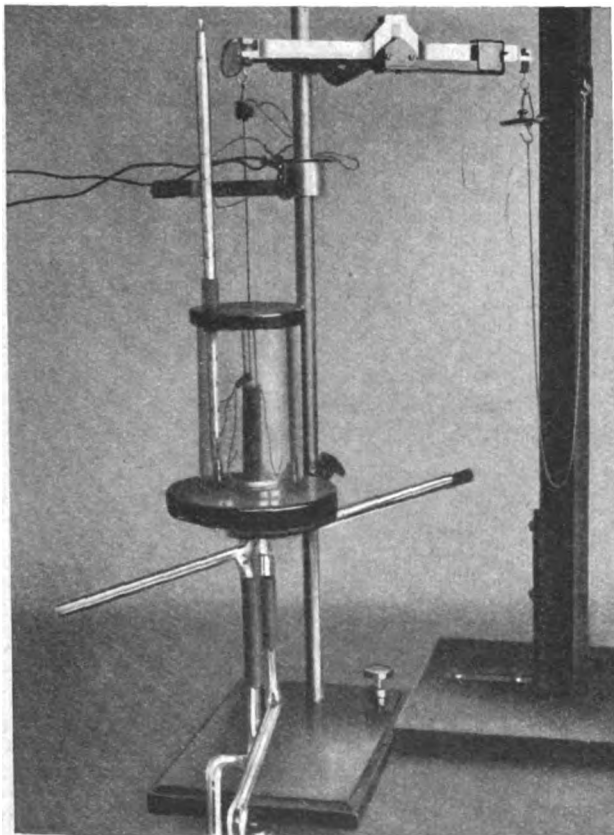


Bild 5. Ansicht der Meßapparatur.

Ausgehend von dem Dampfkalorimeter nach Bunsen wurde eine einfache Meßapparatur gebaut (s. Bild 5) und erprobt, die in einem einzigen Versuch sowohl  $c$  als auch  $a$  zu messen gestattet. In den Kalorimeterraum, der aus einem oben und unten mit einer Hartpapierplatte verschlossenen Glaszylinder besteht, führen zwei Rohrleitungen, wovon die eine den

Dampf zuführt und die andere das Kondenswasser ableitet. Die Probe, ein Stab von 60 mm Länge (halber „Normalstab“), ist in dem Raum an zwei Kupferdrähten aufgehängt, welche die beiden Lötstellen eines Thermoelements im Kalorimeterraum mit einem Galvanometer verbinden. Die eine Lötstelle befindet sich in einer mit Wasser gefüllten 1 mm-Bohrung in der Längsachse der Probe und die andere frei im Kalorimeterraum. Man mißt also den Unterschied zwischen der Außen- und der Innentemperatur der Probe.

Die Differenz zwischen der Temperatur in der Probenmitte und außen folgt dem Gesetz:

$$\vartheta = A e^{-k a t}$$

Hierin bedeuten:  $A$  eine Konstante,  $a$  die Temperaturleitzahl,  $t$  die Zeit und  $k$  eine Funktion der geometrischen Abmessungen der Probe. Aus dem experimentell bestimmbar Temperaturanstieg in der Probenmitte kann man die Abklingkonstante  $k \cdot a$  und damit auch die Temperaturleitzahl  $a$  berechnen. Da nicht alle bei der Berechnung zugrunde gelegten Voraussetzungen und Randbedingungen vollständig erfüllt werden, muß der gefundene Wert noch mit einem Korrekturfaktor von der Größe 1,18 bis 1,20 multipliziert werden. Er ist von  $k$  abhängig und kann durch Versuche bestimmt werden.

Durch Auswägen der Probe am Anfang und am Ende des Versuchs wird die Dampfmenge bestimmt, die sich auf der Probe kondensierte und sie von der Anfangstemperatur auf die Dampftemperatur erwärmte. Multipliziert man dieses Gewicht mit der Verdampfungswärme, so erhält man die zugeführte Wärmemenge. Da außerdem das Gewicht der Probe und die Temperaturdifferenz, um welche die Probe erwärmt wurde, bekannt sind, kann man die spezifische Wärme berechnen.

Die Meßeinrichtung ist sehr einfach und läßt sich leicht selbst herstellen. Die spezifische Wärme und die Temperaturleitzahl werden im gleichen Versuch bestimmt. In dem Produkt aus Temperaturleitzahl, spezifischer Wärme und Wichte hat man dann außerdem noch die Wärmeleitzahl. Die Meßdauer hängt von der Probenform und der Temperaturleitzahl ab und beträgt im Mittel nur 10 min. Dieser Vorteil macht das Meßverfahren für technische Reihenmessungen sehr geeignet. Es lassen sich damit auch andere elektrische Isolierstoffe messen, deren Temperaturleitzahlen in derselben Größenordnung liegen; d. h. zwischen 0,001 und 0,007 cm<sup>2</sup>/s. Die spez. Wärme von Kunststoffen liegt zwischen 0,25 und 0,40 cal/°C · g. Die Wärmeleitzahl ergibt sich zu 0,0003 bis 0,0025 cal/cm · s · °C. eb.

#### Lichttechnik.

DK 612.8 : 628.971.6/8

**Die Anpassungsfähigkeit des menschlichen Auges.** [Nach H. Lossagk, Licht 9 (1939) S. 164, 183 u. 223; 7½ S., 15 B.]

Der Verfasser gibt eine systematische, allgemein verständliche Einführung in die lichttechnischen und physiologischen Eigenschaften des Auges und zeigt insbesondere die Anwendung der dargestellten Erkenntnisse auf die Beurteilung der Sichtverhältnisse im Straßenverkehr, vor allem bei Nacht. Das Auge, dessen Bau und Funktionen mit denen der photographischen Kamera verglichen werden, hat zwar nur eine beschränkte Fähigkeit, Helligkeitseindrücke zu addieren, dafür aber eine ungeahnte Anpassungsfähigkeit an die herrschenden Helligkeiten (Adaptation). Für das Erkennen von Einzelheiten ist jedoch nicht der allgemeine Empfindlichkeitszustand an sich maßgebend, sondern die Fähigkeit, Leuchtdichteunterschiede zu erkennen, also die Unterschiedsempfindlichkeit. Wichtig ist vor allem die gute Wahrnehmung der Leuchtdichteunterschiede, da erst mit Hilfe des Bewußtseins auf Grund von Erfahrung und Übung die Ausdeutung der vom Auge aufgenommenen reinen Leuchtdichteunterschiede gelingt. Für jede Adaptationsleuchtdichte gibt es bei festem Schwinkel und fester Darbietungszeit eine untere Grenze noch wahrnehmbarer Leuchtdichteunterschiede, die sogenannte Schwelle. Das Weber-Fechnersche Gesetz über den linearen Anstieg der Schwelle mit der Adaptationsleuchtdichte gilt nach Versuchen von König und Brodhun nur für einen gewissen, dem Tageslicht entsprechenden Leuchtdichtebereich; für höhere und geringere Leuchtdichten ist die Schwelle größer, als nach diesem Gesetz zu erwarten ist. Das hat zur Folge, daß gleichbleibende Kontraste von einer gewissen Leuchtdichte ab unerschwellig, also unsichtbar werden (Tarnung eines Hindernisses im Straßenverkehr). Das ist gleichbedeutend mit einer Abnahme des Auffälligkeitwertes, für den der prozentuale Unterschied zwischen dem eben noch wahrnehmbaren und dem tatsächlich vorhandenen Leuchtdichteunterschied einen Anhalt bieten kann. Unte.

Zugrundelegung von unter bestimmten Verhältnissen ermittelten Schwellenwerten nach Arndt und Berücksichtigung schwellenerhebender Einflüsse, wie verkürzte Blickzeit, verringerte Sehwinkelgröße, Sichtstörungen, Lichtverluste und Blendstörungen, ergeben sich Anhaltspunkte für die Größe der Schwelle. Die Leuchtdichten sind an Ort und Stelle zu messen. Hiernach behandelt der Verfasser rein qualitativ die physiologische Empfindlichkeitsspanne, für die etwa 1:100 angegeben wird; diese nimmt je nach der Adaptation verschiedene, nahezu gleich große Bereiche in dem gesamten Leuchtdichtespielraum ein und wird von den Empfindungen Hell und Dunkel begrenzt. Unter der Voraussetzung, daß für diesen Empfindungsspielraum der Verlauf der Unterschiedsempfindlichkeit ähnlich wie für wechselnde Adaption ist, folgert der Verfasser im Hinblick auf Verkehrsfragen die Notwendigkeit, allzu große Leuchtdichteunterschiede im Blickfeld zu vermeiden, um möglichst gute Unterschiedsempfindlichkeit zu schaffen. Letzteres liegt meistens bei Tageslicht vor, das Gegenteil bei Nacht. An Unfallbeispielen für Verkehrsverhältnisse bei Tage und bei Nacht werden die gewonnenen Erkenntnisse erläutert und auf die Notwendigkeit der genauen Nachahmung der Adaptationsverhältnisse bei gerichtlichen Entscheidungen hingewiesen. *nch*

### Verkehrstechnik

DK 621.315.211 : 621.315.616.9 : 625.1/2

**Reichsbahnversuche mit kunststoffisolierten Kabeln und Leitungen.** [Nach H. Blatz, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 168; 1½ S.]

Schaltleitungen, deren Isolation aus plastifizierter Äthylzellulose mit einer darüberliegenden Hülle aus Polyvinylchloridmassen besteht, haben sich im allgemeinen gut bewährt. Diese Kunststoffmassen müssen aber wegen der begrenzten Wärmebeständigkeit in manchen Fällen zweckmäßig durch Perbunan oder Buna S ersetzt werden<sup>1)</sup>, wie z. B. bei den Steuerleitungen einer Lokomotive, die durch Buna S isoliert wurden. Bei Sondergummikabeln und elektrisch beanspruchten beweglichen Leitungen waren dagegen Thermoplaste geeignet.

Kabel mit geschwächtem Bleimantel und einem Stützmantel aus Stoffen der Polyvinylchloridbasis wurden innerhalb der Gleisanlagen von Bahnhöfen verlegt und hier starken Erschütterungen ausgesetzt. Zahlreiche Versuche laufen auch mit bleimantelfreien Kabeln, die noch unter den verschiedensten Bedingungen der Verlegung geprüft werden. Das Blei ist hier durch eine Masse aus Polyvinylchlorid, Azetylzellulose u. a. ersetzt. Die verhältnismäßig hohe Durchlässigkeit aller Kunststoffe führte zur Verwendung von weniger feuchtigkeitsempfindlichen Isolationen. So wurde ein Kabel mit Gummisolation und einem Mantel aus Polyakrylatmasse verlegt. Einige Kabel sind mit Polyvinylchloridmassen ummantelt, andere wieder besitzen abwechselnde Lagen bituminierten Papiers und Zellulosefolien mit einem Mantel aus bituminiertem Krepppapier.

Niederspannungskabel sind versuchsweise in sauren, moorigen Böden innerhalb der Gleisanlagen von Bahnhöfen verlegt, in denen sie starken Erdschütterungen ausgesetzt sind. Hier wurde der Bleimantel bei gleichzeitiger Verstärkung des Papier-Bitumen-Polsters geschwächt. In gleichen Böden wurden ferner Kabel verlegt, deren papierisolierte Adern für sich und gemeinsam als Gürtel Igelithüllen besitzen. Bei anderen Kabeln bestand die Ader- und Gürtelisolierung nur aus Igelitmassen. Interessante Ergebnisse erwartet man von einem Kabel, für dessen Aufbau Polyvinylchloridmasse und bituminiertes Glasgespinnband Verwendung gefunden haben. Diese kunststoffummantelten Kabel werden regelmäßig auf ihre Isolations- und Kapazitätswerte überprüft. Ab und zu werden Kabelmuster entnommen und laboratorienmäßig untersucht. Weiterhin wird die Einführung von Glaswolle in Verbindung mit Bitumen als Kabelkorrosionsschutz verfolgt. Für NRU-ähnliche Leitungen in feuchten und trockenen Räumen wird in größeren Versuchen die Eignung von Polyvinylchloridmassen als Mantelbaustoff geprüft. *Pno.*

### Fernmeldetechnik

DK 621.396.029.6(06)(73)

**Bericht über die Tagung des Institutes of Radio Engineers 1939.** [Nach Electronics 12 (1939) H. 10, S. 14; 5 S., 10 B.]

Auf der im September 1939 in New York abgehaltenen 14. Tagung des IRE standen die Fragen des Fernsehens, der Ultrahochfrequenztechnik und des Flugfunks im Vordergrund.

<sup>1)</sup> Vgl. auch P. Nowak u. H. Hofmeier, Synthetische Hochpolymere als Werkstoffe im Kabel- und Leitungsbau, Kunststoffe 28 (1938) S. 54. H. Berger, ETZ 61 (1940) H. 5, S. 97.

Unter den vielen Vorträgen über die Anwendung von Elektronengeräten ist besonders ein Kathodenstrahl-Frequenzmodulator bemerkenswert. In einem Kathodenstrahlrohr ist der Leuchtschirm durch eine Scheibe ersetzt, die nach Art einer archimedischen Spirale in zwei Teile geschlitzt ist. Lenkt man den Elektronenstrahl kreisförmig über diese Scheibe, indem die zu modulierende Hochfrequenz den zwei Ablenkplattenpaaren um 90° gegeneinander phasenverschoben zugeführt wird, so entsteht in einem an die beiden Segmente angeschlossenen Ausgangskreis eine phasenmodulierte Hochfrequenz, da die Größe der Hochfrequenzspannungsamplitude und gleichzeitig der Radius des geschriebenen Kreises von der niederfrequenten Modulationsspannung gesteuert ist. Durch Verwendung von archimedischen Spiralen mit mehreren Windungen können Phasenverschiebungen von mehreren 100° erzeugt werden, was gegenüber dem Armstrongschen Verfahren mit einer größten ursprünglichen Phasenverschiebung von 30° vorteilhaft ist, da die Zwischenschaltung von Frequenzvervielfachern vermieden wird. Dieses Verfahren wurde bereits praktisch in regelmäßigen Rundfunksendungen erprobt.

Ein anderer Vortrag beschäftigt sich mit der Ionisation und Koronaentladung bei Isolatoren. Hohlräume im Inneren von Isolatoren, die zu Entladungen Anlaß geben, werden bei Netz- bzw. Hochfrequenzbetrieb von einer empfindlichen Brückenordnung angezeigt.

Eine neue Anwendung des Thyratrons dient zur Verformung von Kabelsignalen. Die bei gesteigerter Telegraphiergeschwindigkeit versagenden elektromechanischen Umformrelais erforderten die Schaffung eines zuverlässigen Systems. Bei den hier geschilderten Verfahren wirkt das durch die Kabelkapazität und Selbstinduktion verzerrte Zeichen auf der Empfangsseite auf die Gitterkreise zweier Thyratrons. Erreicht die Signalspannung einen bestimmten Wert, so zündet das eine Thyatron und liefert im Anodenkreis einen Rechteckimpuls. Gleichzeitig wird durch diesen Impuls das zweite Thyatron für die nächste Zündung vorgespannt. Durch richtige Einstellung der Vorspannungen wird erreicht, daß Signalschwankungen nicht angezeigt werden.

Aus den vielen Vorträgen über Fernsehfragen seien nur einige herausgegriffen. Ein Filter aus koaxialen Leitungstücken wurde für Einseitenband-Fernschübertragungen entwickelt. Dieses dämpft die Tonträgerfrequenz gegenüber dem benachbarten Bildträger besonders stark. Man erreicht dies durch eine Hintereinanderschaltung dreier abgestimmter Rohrleitungen und erhält so wesentlich bessere Werte als bei Verwendung von Filtern mit konzentrierten Kapazitäten und Selbstinduktionen. Der Einfluß der Sekundärelektronen auf die Potentialverteilung und auf die Wirkungsweise von Fernseh-Bildfängerröhren wurde quantitativ untersucht. Dabei konnten die Aufladepotentiale isolierter Anodenscheiben gemessen und dadurch wichtige Erkenntnisse für den Bau von Bildspeicherröhren gewonnen werden. Ein weiterer Vortrag aus dem Gebiet des Fernsehens beschäftigt sich mit den Eigenschaften verschiedener Mischrohre für Fernsehzwecke. Im Hinblick auf das Röhrenrauschen wird eine Penthode mit einem Gitterwiderstand von 4 MΩ als besonders günstig erkannt. Ein Fabrikationsprüfgerät für Fernsehempfänger, das bereits im praktischen Betrieb verwendet wird, wurde ausführlich geschildert.

Zwei Vorträge beschäftigen sich mit der Anwendung der Ultrahochfrequenztechnik im Flugfunk zu Navigationszwecken. Ein Kathodenstrahlrohr-Indikator läßt die Lage eines Flugzeuges gegenüber einem frequenzmodulierten, nach allen Richtungen strahlenden Sender erkennen. Dieser Sender speist drei Antennen, eine direkt, die beiden anderen über zwei Übertragungsleitungen. Die dadurch erzielten Verzögerungen reichen gegenüber der Frequenzänderung aus, um jede Antenne eine andere Frequenz ausstrahlen zu lassen. Da außerdem der Abstand des Flugzeuges von den Antennen verschieden ist, läßt sich aus diesen Frequenzänderungen die Lage des Flugzeuges mit diesem Indikator bestimmen. Ein neuartiges Verstärkerrohr für Ultrahochfrequenz verwendet einen stromstarken Elektronenstrahl, der durch einen Hohlraumresonator hindurchtritt und an diesen einen Teil seiner Strahlenergie als Schwingungsenergie abgibt. Bei 500 MHz wurde bei 10 W Steuerleistung eine zehnfache Verstärkung erzielt, wobei ein Kreis mit 10 MHz Bandbreite gespeist wurde. Eine neue 20 kW-Fernsehtetrode für 100 MHz ist bemerkenswert, da bei dieser eine weitgehende Entkopplung von Gitter- und Anodenkreis durch einen besonderen Schirmkasten erzielt wird. Wegen der geringen Gitteranodenkapazität erübrigt sich dabei eine Neutralisation. Mit zwei Röhren dieser Art wurde mit einem Wirkungsgrad von über 50% bei  $\lambda = 3$  m eine Ausgangsleistung von 56 kW erreicht.

Drg.

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.392.2.001.24

Zur Berechnung elektrischer Netzwerke.

Euler hat den Satz aufgestellt, daß für jedes beliebige Polyeder (und seine Projektion) die Summe der Ecken und Flächen gleich ist der Anzahl der Kanten plus 2.

$$E + F = K + 2.$$

Jedes elektrische ebene Netzwerk kann als Projektion eines Polyeders gedacht werden.

Dabei entspricht:

1. jeder Ecke ein Knoten mit der Gleichung  $\sum i = 0$
2. jeder Fläche eine Masche mit der Gleichung  $\sum e = 0$
3. jeder Kante ein Strompfad mit der Gleichung  $i w = e$ .

Das Ziel der Berechnung eines Netzwerkes ist, für die gegebenen  $K$ -Widerstände die Ströme zu bestimmen. (Die Spannungen ergeben sich aus 3.).

Die Knoten ( $E$ , Ecken) liefern  $E$  Bestimmungsgleichungen Die Maschen ( $F$ , Flächen) liefern  $F$  Bestimmungsgleichungen

Es können demnach  $E + F$  Bestimmungsgleichungen für  $K$  Unbekannte ( $i$ ) aufgestellt werden.

Aus  $E + F = K + 2$  folgt, daß die Zahl der Bestimmungsgleichungen für ein ebenes Netzwerk stets um 2 größer ist als die Zahl der Unbekannten.

Dies ist der Beweis für den Erfahrungssatz, daß in jedem ebenen elektrischen Netzwerk die Zahl der Unbekannten um 2 überbestimmt ist.

Max Skalicky

DK 621.315.5.029.5.052.3

Hochfrequenz-Speiseleitung aus drei parallelen Leitern. [Nach K. Morita, Elektrotechn. J., Tokio 3 (1939) S. 164; 2 1/2 S., 7 B.]

In der Arbeit wird eine Speiseleitung aus drei parallelen Leitern, die in einer Ebene liegen, berechnet und gemessen. Die Leitungen sind so geschaltet, daß die mittelste als Zuleitung und die beiden äußeren als Rückleitungen dienen. Dem einfachen parallelen Drahtsystem gegenüber haben sie den Vorteil des sehr viel geringeren Strahlungsverlustes und dem konzentrischen gegenüber den des einfachen Aufbaus.

Zunächst wird der Wellenwiderstand der Dreidrahtleitung berechnet:

$$z = 90 \ln \left[ \frac{D}{2^{1/2} r} \right].$$

$D$  ist der Abstand und  $r$  der Radius der Drähte. Der Widerstand ist ungefähr 1/3 des Wellenwiderstandes einer entsprechenden Zweidrahtleitung. Der Strahlungswiderstand der Dreidrahtleitung ist rechnermäßig kleiner als die Hälfte des Strahlungswiderstandes der Zweidrahtleitung. Das ist besonders günstig bei kleinen Wellenlängen, weil man mit Rücksicht auf den Strahlungswiderstand der Leitung zu kleinen Abständen übergehen muß. Der mechanische Aufbau der Dreidrahtleitung ist wegen des möglichen größeren Abstandes einfacher als der Aufbau der Zweidrahtleitung.

Die Versuche wurden so ausgeführt, daß sowohl mit dem Zweidraht- als auch mit dem Dreidrahtsystem die Resonanzkurve einer Schwingung von  $\lambda = 53$  cm Wellenlänge aufgenommen wurde. Der Ausschlag im Resonanzfall war beim Dreidrahtsystem mit konstanter fester Kopplung ungefähr 7 mal größer als bei einem Zweidrahtsystem, dessen Kopplung nicht so genau definiert war. Jedenfalls zeigte es sich, daß die Resonanzkurve des Dreidrahtsystems wesentlich schärfer ist.

(Anm. d. Ber.: Die Messungen können wegen der undefinierten Kopplungsverhältnisse — das Dreidrahtsystem war galvanisch gekoppelt und das Zweidrahtsystem induktiv — nicht ohne weiteres verglichen werden. Aus den Rechnungen ergibt sich unzweifelhaft ein beträchtlicher Unterschied, so daß eine genaue Messung zum Vergleich der beiden Leitungssysteme von Interesse wäre.) Thi.

Physik

DK 535-37 : 537-523

Ermüdungserscheinungen elektronenbestrahlter Leuchtmassen. [Nach W. Grotheer, Z. Phys. 112 (1939) S. 541; 19 S., 25 B.]

W. Grotheer untersucht quantitativ die bekannte Tatsache, daß die Helligkeit elektronenbestrahlter Leuchtmassen mit der Zeit abnimmt. Zunächst wird bei unbewegtem Elektronenstrahl ein Leuchtfleck bestimmter Größe mit einer magneti-

schen Linse erzeugt und in Durchsicht wie in der Fernsichttechnik die Helligkeit mit einer Selen-Sperrschichtphotozelle und Spiegelgalvanometer gemessen. Die Ermüdungskurven zeigen, daß die Lichtstärke bei gleichbleibender Belastung anfangs rasch, später langsamer abnimmt und endlich in einen nicht weiter abklingenden Restteil übergeht. Ferner treten bei Bestrahlung mit Elektronen Schwärzungen der Leuchtmasse auf, die einen Teil des emittierten Lichts absorbieren. Die absorbierte Lichtmenge läßt sich durch Messung der Transparenz bestimmen; sie muß beim Vergleich mit den theoretischen Ermüdungskurven berücksichtigt werden. Die Theorie beruht auf der Annahme, daß z. B. bei Elektronenbestrahlung der Leuchtmasse Zinksilikat Zn-Atome ausgelöst werden, die die Leuchtzentren vernichten und dadurch die Ermüdung veranlassen. Außerdem ballen sich Zn-Atome zu schwärzenden Zn-Komplexen zusammen. Andererseits vereinigen sich Zn-Atome wieder mit dem Säureradikal und führen dadurch zu einer Erholung der Leuchtmasse. Die Theorie ergibt bei der Stromdichte  $I$  für die Lichtemission  $L = L_1 - \frac{\beta I}{a} (1 - e^{-\alpha t})$  und für die Transparenz

$$T = 1 - \epsilon \frac{\beta I}{a} (1 - e^{-\alpha t}).$$

Die Messungen bestätigen die Richtigkeit dieser Ausdrücke. Die Ermüdung bei regelmäßiger Unterbrechung wie auch beim bewegten Elektronenstrahl kann restlos auf die des unbewegten zurückgeführt werden. Br.

DK 621.385.833

Über die Möglichkeit der Untersuchung lebender Substanz mit Elektronenmikroskopen. [Nach M. v. Ardenne, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 239; 3 S., 2 B.]

Ob mit Elektronenmikroskopen lebende Substanz, ohne daß eine Abtötung eintritt, photographiert oder beobachtet werden kann, hängt von der spezifischen Elektronenbelastung der zu untersuchenden Objekte und von deren Empfindlichkeit gegen diese Belastung ab. Der Mindestwert für die Größe der Objektbelastung beim Elektronenmikroskop folgt aus der für notwendig angesehenen Schwärzung der photographischen Schicht. Unter den zur Zeit in der Praxis gegebenen Möglichkeiten ergibt sich als Mindestbelastung bei einer Aufnahmereihe von 2 bis 5 Bildern und für ein Auflösungsvermögen von  $10^{-6}$  mm der Wert  $2$  bis  $5 \cdot 10^{-4}$  C/cm<sup>2</sup>. Die kritische Elektronenbelastung lebender Substanz nach Art der zugrunde gelegten Objekte (Sporen) liegt für die üblichen Anodenspannungen der Elektronenmikroskope dagegen in der Größenordnung  $3 \cdot 10^{-6}$  C/cm<sup>2</sup>. Die Elektronenbelastungen, mit denen für ein Auflösungsvermögen von  $10^{-6}$  mm und insbesondere bei der Herstellung von Reihenaufnahmen bestenfalls gerechnet werden darf, sind also  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Größenordnungen höher als die Grenzbelastungen lebender Substanz. Zur Zeit muß also die Möglichkeit der Untersuchung lebender Substanz mit Elektronenmikroskopen von gutem Auflösungsvermögen verneint werden. Es erscheint jedoch nicht ausgeschlossen, daß die bestehende Lücke durch verschiedene am Schluß des Aufsatzes angedeutete Verbesserungsmaßnahmen über kurz oder lang geschlossen wird. Vb.

DK 537-541

Der Öffnungsfehler von elektrostatistischen Rohrlinsen. [Nach E. Gundert, Z. Phys. 112 (1939) S. 689; 2 S., 2 B.]

Es wird der Öffnungsfehler einer aus zwei Rohrelektroden bestehenden Beschleunigungslinse nach Bild 6 durch den Versuch bestimmt. Das Meßverfahren besteht darin, daß aus einem Strahlkegel durch eine mit mehreren Löchern verschiedenen Achsabstandes versehene Blende dünne Einzelstrahlen ausge-

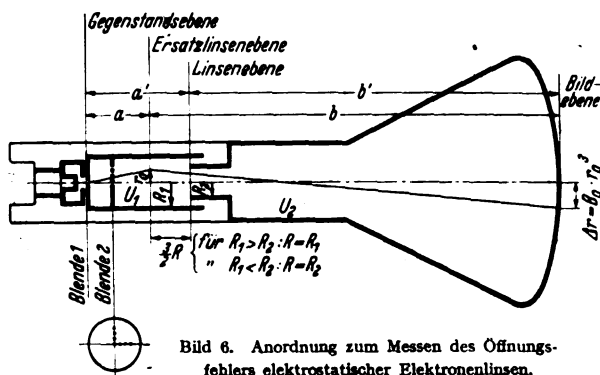


Bild 6. Anordnung zum Messen des Öffnungsfehlers elektrostatistischer Elektronenlinsen.



blendet werden. Auf dem Bildschirm würden bei idealen Linsen alle Einzelstrahlen in einem einzigen, dem sog. Gaußschen Bildpunkt vereinigt werden. Durch den Öffnungsfehler treten jedoch Abweichungen auf. Der Auftreffpunkt der achsenfernen Einzelstrahlen liegt infolge der sphärischen Seitenabweichung um ein gewisses Stück vom Gaußschen Bildpunkt verschoben, und zwar um so mehr, je größer der Achsabstand des Einzelstrahls und der Öffnungsfehler ist. Die Arbeit will vornehmlich die Frage klären, inwieweit sich der Öffnungsfehler in Abhängigkeit von verschiedenen Rohrdurchmessern beider Linsenelektroden ändert. Hierfür wird aus den Messungen die Öffnungsfehlerkonstante berechnet und der Zusammenhang zeichnerisch wiedergegeben. Aus diesen Kurven geht hervor, daß bei vorgeschriebenem größtem Linsendurchmesser der Öffnungsfehler am kleinsten bei gleich großen Zylindern der Beschleunigungslinse ist. Der Öffnungsfehler steigt an, sobald einer der beiden Zylinderdurchmesser verkleinert wird. *Be.*

DK 621.383.42

**Zur Kenntnis des Selen-Photoelements.** [Nach A. Becker, Z. Phys. 112 (1939) S. 629; 19 S., 12 B.]

Die vorliegende Arbeit schließt sich an eine frühere Veröffentlichung von A. Becker und E. Kruppke an<sup>1)</sup>, deren Gegenstand die Einwirkung langsamer und mittelschneller Kathodenstrahlen auf Selen-Photoelemente war, und als deren Ergebnis die an einigen Selen-Vorderwand-Elementen gemessene Abhängigkeit des Dunkelstroms von der Geschwindigkeit und Stromstärke der auftreffenden Primärelektronen mitgeteilt wurde. In der vorliegenden Arbeit wurde das Verhalten von Selen-Photoelementen mit und ohne Vorspannung in beiden Richtungen unter dem Einfluß von weißem und zerlegtem Licht untersucht. Von den Ergebnissen, die zum Teil die anderer Verfasser bestätigen, seien hier die wichtigsten erwähnt. Untersuchungen über die Abhängigkeit des Photoeffekts von der belichteten Fläche des Photoelements zeigen, daß die erregte EMK bei voller Ausleuchtung der gesamten Fläche gleich der Leerlaufspannung wird und von der Größe der belichteten Fläche unabhängig bleibt. Der innere Widerstand als Funktion der Beleuchtung ist nur vom Betrag des Lichtstroms, nicht aber von seiner Dichte abhängig; also ist es für seinen Wert belanglos, ob der Lichtstrom die ganze Fläche ausleuchtet oder nur auf einen kleinen Teil derselben gebündelt wird, was unter der Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen Widerstandsänderung und Lichtstrom sowie der Parallelschaltung einzelner Widerstandsbahnen gleicher Leitfähigkeit begreiflich erscheint. Besonders interessant ist das Verhalten der untersuchten Photoelemente bei tiefen Temperaturen. Die Versuche des Verfassers unterscheiden sich von früheren durch sorgfältiges Ausruhen der Zellen, die vor dem Versuch tagelang im Dunkeln gehalten wurden. Wohl besonders infolge dieser Maßnahme treten auch Abweichungen von früheren Ergebnissen auf. Die auf  $-180^\circ$  gekühlten Zellen werden nur von rotem und ultrarotem Licht lichtelektrisch beeinflusst, während das gesamte sichtbare Spektrum in diesem Temperaturbereich lichtelektrisch völlig unwirksam ist, gleichviel ob eine zusätzliche äußere EMK im Stromkreis liegt oder nicht. Übereinstimmend mit früheren Untersuchungen vertritt Becker auf Grund seiner Versuchsergebnisse die Meinung, daß im Selen-Photoelement zwei Zonen des Widerstandes vorhanden sind: die eine örtlich eng begrenzte, als Quelle der inneren, lichtelektrischen EMK (wohl mit der sonst als Sperrschicht bezeichneten identisch), und eine andere, die lediglich die Unterhaltung des Photostroms bzw. den Bahnwiderstand maßgebend beeinflusst. *Swg.*

### Werkstatt und Baustoffe

DK 621.3.011.2.025 : 621.315.612

**Über den Wechselstromwiderstand von keramischen Werkstoffen bei Temperaturen bis zu  $600^\circ$ .** [Nach E.-F. Richter, Phys. Z. 40 (1939) S. 597;  $6\frac{1}{2}$  S., 10 B.]

Nachdem in einer früheren Arbeit<sup>2)</sup> das Verhalten keramischer Werkstoffe bei Gleichspannung untersucht worden war und bei alkalihaltigen keramischen Stoffen bei Dauerbeanspruchung infolge elektrolytischer Reinigung eine starke Zunahme des spezifischen Durchgangswiderstandes mit der Zeit festgestellt wurde, ergaben die von E.-F. Richter jetzt mit Wechselspannung durchgeführten Messungen zeitliche Konstanz. Auch erwiesen sich die Meßwerte bei mehrmaliger

Wiederholung am gleichen Prüfling als gut wiederholbar. Der Wechselstromwiderstand in Abhängigkeit von der Temperatur kennzeichnet also eindeutig das Isolationsvermögen der keramischen Werkstoffe. Dabei ergab sich der spezifische Widerstand im ganzen untersuchten Temperaturbereich bei Porzellan um etwa 3 Größenordnungen kleiner als bei den gleichfalls untersuchten magnesiumsilikathaltigen Sondermassen, für die er beispielsweise von annähernd  $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$  bei  $200^\circ$  auf  $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$  bei  $600^\circ$  absinkt. Gemessen wurden kreisförmige Platten von etwa 80 mm Dmr. und 5 mm Dicke, die beiderseits mit eingebranntem Platin- oder Silberbelag versehen waren und im Gegensatz zu den früheren Gleichspannungsmessungen kein unterschiedliches Verhalten zeigten. Dagegen wurde ein gewisser Einfluß der Brennzeit festgestellt. Die Messungen wurden in einem Muffelofen mit genau regelbarer Temperatur durchgeführt. Bei der hohen Dielektrizitätskonstante keramischer Werkstoffe ist eine Trennung der gemessenen Wechselströme in Blind- und Wirkkomponenten unerlässlich, weshalb oberhalb eines spezifischen Widerstandes von  $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$  eine Scheringsche Hochspannungsbrücke mit Vibrationsgalvanometer und verlustfreiem Normalkondensator zur Bestimmung des Wirk- und Blindwiderstandes bzw. des Verlustfaktors und der Kapazität benutzt werden mußte, während unterhalb  $10^9 \Omega \cdot \text{cm}$  der Scheinwiderstand unmittelbar aus Strom- und Spannungsmessungen errechnet werden konnte. Beide Verfahren führten zu den gleichen spezifischen Widerstandswerten, wenn als Modell des verlustbehafteten Kondensators ein verlustfreier Kondensator angenommen wurde, zu dem ein rein ohmscher Widerstand parallel geschaltet ist, der in bekannter Weise nach der Formel  $R = 1/\omega C \operatorname{tg} \delta$  zu errechnen ist. Die Frequenz betrug im allgemeinen 50 Hz, doch wurden vergleichsweise auch Messungen mit Tonfrequenz ( $\omega = 5000$ ) durchgeführt. Dabei zeigte sich ein auffallend verschiedenes Verhalten der Temperaturabhängigkeit der dielektrischen Eigenschaften. Diese sollen daher später nochmals durch systematische Untersuchungen über den Leitungsmechanismus keramischer Stoffe erforscht werden. *W. W.*

### Verschiedenes

DK 621.396.615.11 : 786

**Das Novachord, ein neues elektrisches Musikinstrument.** [Nach F. D. Merrill, Electronics 12 (1939) H. 11, S. 16; 5 S., 10 B.]

Beim „Novachord“, einem Musikinstrument mit rein elektrischer Tonerzeugung, hat der Erbauer nicht eine Nachahmung der Klangfarbe bestehender und sich bewährender Instrumente beabsichtigt. Das Instrument ist äußerlich ähnlich einem Klavier gebaut und hat einen Tonumfang von 6 Oktaven. Der höchsten Oktave entsprechend arbeiten ständig 12 Röhrengeneratoren in einer kapazitiven Rückkopplungsschaltung, die eine sehr obertonreiche Schwingung erzeugt. Die Wechselspannungen für die niederen Oktaven werden daraus durch ein fünffache Frequenzhalbierung gewonnen. Dazu ist für jede Taste ein eigenes Frequenzteilerrohr sowie ein Steuerrohr nötig. Beim Anschlagen der Taste wird die Gitterspannung des letzteren so geändert, daß der entsprechende Ton hörbar wird. Die Klangfarbenbeeinflussung erfolgt in zweifacher Weise: Im Eingang der 72 Steuerröhren kann das Einschwingen des Tones durch Zuschalten von Widerstands-Kondensator-Kombinationen verändert werden. Dabei wird ein plötzliches Ansprechen bzw. ein schnelles oder langsames An- oder Abklingen des Tones erzielt. Die zweite Klangfarbenregelung erfolgt gemeinsam für alle Tasten im Verstärker. Durch ähnliche Mittel, wie sie in Rundfunkgeräten zur Verbesserung der Tonfärbung verwendet werden, können Baß- bzw. Diskantlagen stärker hervorgehoben werden. Die dazu nötigen Schalter sind in einem Panel hinter der Klaviatur angebracht und können auch während des Spiels bedient werden. Die Gesamtlautstärkeregelung geschieht stetig mittels eines Pedals, das den Kondensator des negativen Rückkopplungs-zweiges einer Verstärkerstufe regelt. Auch können mit einem Pedal beliebige BaßTöne angehalten werden (Orgelpunkt). Das Instrument ist mit  $a = 440$  Hz temperiert gestimmt. Um eine gute Frequenzkonstanz zu erhalten, müssen die Betriebsspannungen mit Hochvakuumröhren stabilisiert und die Selbstinduktionen der 12 Steuersender hochwertig ausgeführt werden. Das Nachstimmen des Gerätes erfolgt durch Verschieben der Eisenkerne der Abstimmspulen. Das im Handel erhältliche Gerät ist für Vollnetzbetrieb ausgeführt, verbraucht 450 W, ist 1,35 m lang bzw. tief und wird von einem Manual aus gespielt. *Drg.*

<sup>1)</sup> Z. Phys. 107 (1937) S. 474.

<sup>2)</sup> G. Pfestorf u. E.-F. Richter, Phys. Z. 39 (1938) S. 141.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag G. m. b. H.: Berlin 223 84

## Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hat einen Entwurf zu Änderungen und Ergänzungen zu VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“ aufgestellt.

Ferner wurden Entwürfe zu Änderungen und Ergänzungen zu

VDE 0810 „Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen“

und

VDE 0810 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen“

ausgearbeitet. Die Entwürfe sind in ETZ 61 (1940) H. 24, S. 544 bzw. S. 547 und 548 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 1. Juli 1940 einzureichen.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung

Viefhaus

## Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein  
(Gegründet 1879)

Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33 IV, VDE-Haus.  
Fernsprecher: 34 88 85.

## Arbeitsgemeinschaften (Technischer Nachwuchs)

Die Teilnahme ist frei. VDE-Mitgliedschaft ist nicht Bedingung.

**Hochfrequenztechnik.** Leiter: Dr.-Ing. F. W. Gundlach VDE.

13. Juni 1940, 18<sup>30</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. Vortragsreihe „Fernsehen“: „Breitbandverstärker“. Vortragender: Dipl.-Ing. Rud. Schienemann.

**Elektrizitätswerke.** Leiter: Dipl.-Ing. L. Auer VDE.

14. Juni 1940, 18<sup>00</sup>, VDE-Haus, Großes Sitzungszimmer. „Die Anpassung des Kraftwerkbaues an die energiewirtschaftliche Aufgabestellung bei Errichtung neuer und Erweiterung bestehender Dampfkraftwerke.“ Vortragender: Dipl.-Ing. K. Schröder.

VDE Bezirk Berlin

vormals Elektrotechnischer Verein

Der Geschäftsführer

Burghoff

## Sitzungskalender

**VDE Bezirk Braunschweig.** 14. 6. (Fr), 20<sup>15</sup>, T. H. Hochspannungsinst.: „Mechanische und elektrische Probleme beim Entwurf von Grenzleistungsturbogeneratoren“ (mit Lichtb.). Dr. Nimsch VDE.

**Physikalische Gesellschaft zu Berlin.** 12. 6. (Mi), 19<sup>30</sup>, Phys. Inst. Univ. Reichstagsufer 7/8: „Über amorphe Metalle“. H. Zahn u. J. Kramer.

## PERSONLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

**W. Ohnesorge.** — Am 9. Juni waren 50 Jahre vergangen, seit Herr Reichspostminister Dr.-Ing. e. h. W. Ohnesorge VDE seine für die deutsche Fernmeldetechnik so außerordentlich erfolgreiche Tätigkeit bei der Deutschen Reichspost begann. Zahlreiche Neuerungen gehen unmittelbar auf seine Erfindertätigkeit zurück, die sich auf eine umfassende mathematisch-physikalische Ausbildung stützt; weit umfangreicher sind jedoch noch die Fortschritte, die wir seinen Anregungen verdanken. Im Weltkriege setzte er sich als Chef der Telegraphendirektion im Großen Hauptquartier nachdrücklich für die Entwicklung der Verstärker ein. Die von ihm 1915 angegebene Vierdraht-Verstärkerschaltung ermöglichte erstmalig einen Fernsprechweitverkehr über weiteste Entfernungen. Dank dieser Erfindung konnten zwischen den weit auseinander liegenden Fronten im Osten und Westen sowie auf dem Balkan ständig Fernsprechverbindungen aufrechterhalten werden. Der politische Zusammenbruch Deutschlands nach dem Weltkriege veranlaßte Ohnesorge, nun erst recht seine Kräfte für eine Entwicklung des Fernmeldewesens zur Erhöhung der Wehrhaftigkeit einzusetzen. Im Jahre 1920 gründete er die erste nationalsozialistische Ortsgruppe außerhalb Bayerns in Dortmund. Die Berufung zum Abteilungspräsidenten bei der RPD Berlin 1924 und zum Präsidenten des RPZ 1929 ermöglichten es Ohnesorge, schon vor der Machtübernahme durch den Führer für eine Umgestaltung und Entwicklung des Nachrichtenwesens zu einem der wichtigsten Instrumente nationalsozialistischer Staatsführung erfolgreich zu wirken. Am 1. 3. 1933 wurde Ohnesorge vom Führer mit der Leitung des Reichspostministeriums betraut, zunächst als Staatssekretär und seit dem 2. 2. 1937 als Reichspostminister. Die Entwicklung und der Ausbau des Drahtfunkes und insbesondere die Schaffung eines deutschen Fernsehens sind die am meisten in Erscheinung tretenden Erfolge des Wirkens von Reichspostminister Dr. Ohnesorge in diesen Jahren. Eng verbunden mit seinem Namen ist die Verlegung des deutschen Breitbandkabelnetzes und die Gründung der Forschungsanstalt der Deutschen Reichspost. Arbeiten zur Einschränkung ausländischer Rohstoffe und zu ihrem Ersatz durch heimische Rohstoffe sowie zur Schaffung neuer Nachrichtenmittel für Zwecke der Staatsführung und Landesverteidigung wurden auf Anregung von Reichspostminister Dr. Ohnesorge erfolgreich vorwärtsgetrieben. Auch auf die Tätigkeit des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, dessen Vorsitzender er in den Jahren 1933 bis 1938 war, hat der Herr Reichspostminister befruchtend und anregend gewirkt und die Ausrichtung und Einordnung des VDE in die nationalsozialistische Gemeinschaftsarbeit durchgeführt.

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 629.1 : 621.33

**Die Fahrdynamik der Verkehrsmittel.** Eine Berechnungsgrundlage für das Wirtschaften. Von Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Müller. Mit 236 B., XV u. 432 S. im Format 175 × 250 mm. Verlag von Julius Springer, Berlin 1940. Preis geh. 45 RM, geb. 46,80 RM.

Der auf dem Gebiet der Betriebswissenschaften sehr bekannte Verfasser hat schon vor längerer Zeit ein wissenschaftliches Verfahren zur Behandlung von Fragen der Fahrdynamik der Verkehrsmittel entwickelt, das für alle Fahrzeuge brauchbar ist. In früheren einzelnen Aufsätzen hat er gezeigt, daß nicht nur für den Eisenbahnbetrieb, sondern auch für Straßenbahnen, Kraftwagen und Schifffahrt dieses neue Verfahren anwendbar ist und gegenüber anderen Rechnungswegen wesentliche Vereinfachungen bringt.

Dieser ganze Stoff ist nun unter dem Namen: „Fahrdynamik der Verkehrsmittel“ in einen einheitlichen Rahmen

gebracht und wesentlich erweitert worden. Es entstand so ein Werk, daß jedem, ganz gleich, mit welchem Verkehrsmittel er sich beschäftigt, die Möglichkeit gibt, sich Antwort auf die verschiedensten Fragen zu holen, so z. B. nach der Zweckmäßigkeit der festen und beweglichen Anlagen, der richtigen Durchführung des Betriebes, der Nachprüfung der Kosten u. a. m. Wie auch schon der Untertitel „Eine Berechnungsgrundlage für das Wirtschaften“ erkennen läßt, ist es keine trockene Wissenschaft, sondern lebendige Gegenwart, die nicht nur dem Lernenden seine Weiterbildung ganz wesentlich erleichtert, sondern auch dem Betriebsfachmann manches Neue und Wertvolle für seinen Betrieb bietet. Der Leser braucht dabei keine Angst vor langen Formeln zu haben, denn der Vorteil des neuen Verfahrens liegt gerade darin, daß in erster Linie geometrische Ausdrucksmittel angewendet werden. Dadurch sind der Aufbau anschaulich und die Anwendung einfach.

Es ist bei einer so umfassenden wissenschaftlichen Behandlung verkehrlicher Fragen selbstverständlich, daß auch die technischen Fachgebiete eingehend zu Worte kommen. Der Leser der ETZ wird daher sein Gebiet nicht nur mit wenigen Worten abgetan finden, wie es leider manchmal vorkommt, sondern die Elektrotechnik, die heute im Verkehrswesen eine ausschlaggebende Rolle spielt, ist so berücksichtigt, wie es ihr zukommt. Das gleiche gilt für die anderen Fachgebiete. Das Buch verspricht also nicht nur etwas, sondern hält es auch. Da auch zahlreiche Rechenbeispiele das Verfahren erläutern und Bilder, Zahlenangaben und Tafeln zu weiterem Verständnis beitragen, wird jeder Leser Nutzen aus dem Studium des Buches ziehen.

Der 1. Abschnitt behandelt ganz allgemein die Grundlagen der Fahrdynamik aller Verkehrsmittel und beginnt mit einem Abriss der Bewegungslehre. Es folgen dann Leistung und Energieverbrauch der Antriebsmaschinen. Den Zugkräften gegenüber stehen die Widerstände der Fahrzeuge und der Strecke. Hieraus entwickelt der Verfasser nach seinem Verfahren die Fahrkraftlinien, aus denen sich dann wieder die zurückgelegten Wege und die Geschwindigkeiten ermitteln lassen.

Im 2. Abschnitt werden nun diese Erkenntnisse auf den Fernbahnbetrieb angewandt. Behandelt sind Zugfahrten mit Dampf und elektrischen Lokomotiven sowie mit Triebwagen verschiedenster Bauart. Für jede Fahrzeuggattung werden die Leistungs- und Verbrauchstafeln errechnet, die Widerstände bestimmt und dann die Fahrkraftlinien aufgestellt. Ihre Auswertung ergibt wieder die Fahrzeiten sowie Energie- und Arbeitsaufwand. Besonders behandelt wird die Zugfahrt beim Bremsen. Ein besonderer Teil ist den Anwendungen in der Praxis gewidmet und muß als besonders wertvoll bezeichnet werden. Der zweite Abschnitt schließt mit einer eingehenden Behandlung der Zugbildung.

Der 3. Abschnitt beschäftigt sich mit der Fahrdynamik der städtischen Verkehrsmittel. Es werden unterschieden Stadtschnellbahnen, Straßenbahnen, Autobusse und Oberleitungsomnibusse, also hauptsächlich Fahrzeuge mit Antrieb durch Elektromotor. Zur Einleitung bringt daher der Verfasser erst die Motorkennlinien und die verschiedenen Arten der Motorsteuerung. Für eine Zugfahrt der Stadtschnellbahn und eine Straßenbahnfahrt werden wieder die Fahrkraftlinien errechnet und sogenannte Netztafeln aufgestellt, aus denen dann Fahrzeit und Stromverbrauch entnommen werden können. Die Selbstkostenberechnung eines Straßenbahnlaufes beschließt den dritten Abschnitt.

Im 4. Abschnitt wird die Fahrdynamik des Bauzugbetriebes als Berechnungsgrundlage für die Kostenermittlung der Erdarbeiten gebracht, ein Gebiet, das in diesem Leserkreis weniger interessiert.

Der 5. Abschnitt behandelt die Fahrdynamik des Kraftwagenbetriebes. Sehr zu begrüßen ist, daß sich jetzt durch das Verfahren des Verfassers die Möglichkeit bietet, die Kosten einer Kraftwagenfahrt in einfacher Weise und doch genau zu ermitteln. Es wird hier zweifellos eine fühlbare Lücke ausgefüllt. Auch die Untersuchung darüber, ob in einem besonderen Falle die Zufuhr von Gütern durch Gleisanschluß oder Kraftwagen wirtschaftlicher ist, werden viele begrüßen. Abschließend wird die Personenbeförderung mit Autobussen untersucht.

Der 6. Abschnitt behandelt die Fahrdynamik der Binnenschifffahrt, der 7. Abschnitt die zeichnerische Ermittlung der Flugbahn und der Flugzeit eines Motorflugzeuges. Gerade der letzte Abschnitt zeigt am deutlichsten, wie allgemein anwendbar das neue Verfahren ist. Es sind wohl noch nie die Bewegungen eines Flugzeuges bildlich und in so einfacher Weise auf wissenschaftlicher Grundlage dargestellt

worden. Auch auf diesem Gebiet wird das neue Berechnungsverfahren sicher noch weiter an Bedeutung gewinnen.

W. Draeger VDE

DK 534.1

**The acoustic air-jet generator.** Von Jul. Hartmann (Ingeniørvidenskabelige Skrifter, 1939, Nr. 4). Mit zahlr. B., 14 Taf. u. 202 S. im Format B 5. Kommissionsverlag, G. E. C. Gad, Kopenhagen 1939.

In dem vorliegenden Buch gibt der Verfasser eine zusammenfassende Darstellung der von ihm und seinen Mitarbeitern seit 1916 durchgeführten Arbeiten, die zur Schaffung eines akustischen Luftstromgenerators führten.

Das Buch enthält folgende Hauptabschnitte: 1. Der Generator und das akustische Laboratorium. 2. Die Technik der Messungen am Luftstrom-Generator. 3. Die Leistungen des Luftstrom-Generators. 4. Interferenz- und Beugungserscheinungen. 5. Die Wirkungsweise des Luftstrom-Generators.

Im ersten Abschnitt werden der konstruktive Aufbau des Schallgenerators, die verschiedenen Hilfsmittel für seine Inbetriebsetzung und die Einrichtung des Schallraumes besprochen. Außerdem werden die optischen Verfahren, insbesondere die Schlierenmethode, die zu gewissen Untersuchungen der Vorgänge im Luftstrahl und in der Schallwelle dienen, ausführlich erörtert. Im zweiten Abschnitt werden die verschiedenen Meßverfahren zur Ermittlung der Schallintensität und des Schalldruckes beschrieben; hier findet der Leser eine ganze Reihe neuer bzw. verbesserter Schallmeßverfahren. Eine große Zahl von Versuchsreihen und Diagrammen ergänzen diese Ausführungen, die für jeden, der sich mit Schalluntersuchungen beschäftigt, sehr interessant und wichtig sind. Der dritte Abschnitt bringt dann Näheres über die Leistung des Schallgenerators. Erörtert werden die Abhängigkeit der Wellenlänge und Schalleistung von der Einstellung des Oszillators im Schallstrahl und vom Druck, mit dem der Luftstrahl aus der Düse austritt, die Verteilung der Schallstrahlung um den Generator und die Abhängigkeit seines Wirkungsgrades von den verschiedenen Faktoren. Auch hier wird der Text durch zahlreiche Versuchsreihen und Diagramme vorteilhaft ergänzt. Im vierten Abschnitt werden ausführlich die verschiedenen Verfahren zur Messung der Schallwellenlänge behandelt. Auch hier findet man vieles, was für die richtige Ausbildung eines Schallinterferometers von Bedeutung ist. Es werden Strahlungsdiagramme mitgeteilt für den Fall, daß der Schallgeber in einem Hohlspiegel oder in konischen Trichtern eingebaut ist. Messungen der Schallbeugung an einem Gitter beschließen diesen Abschnitt. Das letzte Kapitel bringt eine Fülle sehr interessanter Untersuchungen über den Mechanismus der Schwingungserzeugung. Mit Hilfe optischer Verfahren, von denen neben der bekannten Schlierenmethode besonders ein neues Spiegelverfahren zu erwähnen ist, bei dem die Kompressionswelle mit ihrem sehr starken Dichteanstieg direkt als optischer Spiegel benutzt wird, konnten in sehr schöner Weise die Druck- und Dichteverteilung in dem Luftstrahl zwischen Düse und Oszillator experimentell nachgewiesen werden. Eine Reihe wirklich prachtvoller photographischer Aufnahmen geben Zeugnis von dem großen experimentellen Geschick, mit dem gerade diese optischen Versuche durchgeführt wurden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß hier ein Werk vorliegt, das eine große Menge neuer physikalischer Ergebnisse bringt, die bisher in vielen Einzelarbeiten des Verfassers und seiner Mitarbeiter in verschiedenen Zeitschriften zerstreut waren. Das Buch wird nicht nur jedem, der sich mit der Erzeugung intensiver Schallwellen in Gasen beschäftigt, ein unentbehrlicher Ratgeber sein, es wird darüber hinaus auch dem Physiker in experimenteller und theoretischer Beziehung mancherlei Anregung geben.

L. Bergmann

**Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:**

Dipl.-Ing. H. Gutmann VDE, Berlin O 17, Bassewitzstr. 10  
Dipl.-Ing. E. Kämmerer, Berlin-Friedrichsfelde, Waldseeerstr. 9a  
Dipl.-Ing. K. Kirsch VDE, Berlin-Karlshorst, Ehrenfelestr. 31

**Abschluß des Heftes: 7. Juni 1940.**

**Wissenschaftliche Leitung:** Harald Müller VDE (s. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (s. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und B. Heinrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 54 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 20. Juni 1940

Heft 25

## Elektroöfen für die Aluminiumerzeugung

Von Julius Wolf, Dortmund

DK 621.365.23 : 669.71/72

**Übersicht\*).** Bei der Gewinnung und Weiterverarbeitung von Aluminium und Magnesium bis zum Enderzeugnis ist der Elektroöfen unentbehrlich. In dem Aufsatz soll dies am Beispiel des Aluminiums gezeigt werden.

### Die Herstellung von Tonerde

Der wichtigste Rohstoff für die Herstellung von Tonerde ist bekanntlich der Bauxit. Er enthält in wechselnder Zusammensetzung neben der wertvollen Tonerde Beimengungen von Eisenoxyd und Kieselsäure. Ein guter, naturtrockener Bauxit hat folgende Zusammensetzung:

Aluminiumoxyd	50 bis 60 %	Titanoxyd	. . 1 bis 1,5 %
Eisenoxyd	. . 12 bis 14 %	Kieselsäure	. 2 bis 3 %

Eine unmittelbare Überführung dieses Rohstoffes in das Rohmetall durch thermische Reduktion mit Kohle, wie sie bei fast allen anderen Metallen üblich ist, ist z. Z. nicht möglich, wenigstens verfügt die Industrie bis heute noch nicht über die Mittel, eine solche unmittelbare Überführung auszuüben. Nach dem heutigen Stand der Technik ist die Erzeugung von sehr reinem Aluminiummetall nur durch elektrolytische Reduktion möglich. Vorbedingung für die Reinheit des erzeugten Metalls ist

jedoch, daß die zur Elektrolyse verwandte Tonerde ebenfalls einen sehr hohen Reinheitsgrad aufweist, also frei von allen jenen Beimengungen, wie Eisenoxyd, Titanoxyd und Kieselsäure, ist, weil sie im reduzierten Zustande im Aluminium wieder erscheinen und seine Güteeigenschaften herabsetzen.

Die im Bauxit enthaltene Tonerde muß deshalb in weitgehendem Maße von diesen Beimengungen gereinigt

werden. Bis vor einigen Jahren geschah dies allein durch die sogenannten naß-chemischen Reinigungsverfahren, die ziemlich verwickelt und langwierig sind. Um zu einer einfacheren Reinigung der Tonerde zu gelangen, hat man deshalb in neuerer Zeit die elektrothermische Verarbeitung von Bauxit mehr als bisher in die Praxis einzuführen versucht. In den Lichtbogenöfen, deren man sich dazu bedient, wird der Bauxit, um die erwähnten schädlichen Beimengungen möglichst auszuschneiden, mit geeigneten Zuschlägen versehen und sozusagen einer Grob-Vorreinigung unterworfen. Grundsätzlich stellt dies also nichts anderes als eine Weiterentwicklung des Verfahrens der elektrothermischen Gewinnung von künstlichem Korund dar. Von den verschiedenen bekanntgewordenen Verfahren sind als bedeutsam zu nennen

die Verfahren von Haglund, Pedersen und als drittes ein amerikanisches Verfahren von Hoopes-Hall.

Beim Haglund-Verfahren werden vorzugsweise kiesel-säurehaltige Bauxite in bestimmter Gattierung, die sich nach der Analyse des Rohstoffes richtet, zusammen mit Kohle und Schwefelkies in einem mit Drehstrom betriebenen Lichtbogen-Reduktionsofen umgeschmolzen, ähnlich wie ihn Bild 1 zeigt. Neben der erwünschten Tonerdeschlacke, die zu etwa 80 % aus rein

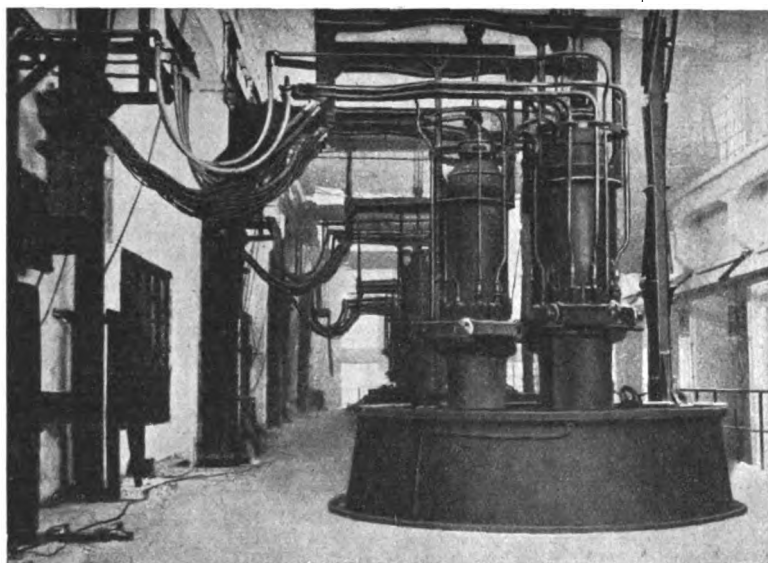


Bild 1. Bauxit-Lichtbogenschmelzofen.

auskristallisierter Tonerde und etwa 20 % Aluminiumsulfid besteht, bildet sich durch die Verbindung des bei diesem Verfahren reduzierten Eisens und des Siliziums Ferrosilizium, das am Boden des Ofens abgeschieden wird; durch das Eisen wird auch das allerdings nur zum Teil reduzierte Titan gebunden.

Die nach dem Pedersen-Verfahren in gleichen Öfen durchgeführte Reinigung wird so gelenkt, daß man Kalzium-Aluminat-Schlacke erhält. Zu dem Zweck wird Bauxit mit Eisenerzen, gebranntem Kalk und Kohle um-

\* Der Aufsatz stellt einen Teil eines Vortrages dar, gehalten im VDE Bezirk Berlin (Fachgebiet „Elektrowärme“) am 8. 3. 1938.

geschmolzen, und man erhält dann außer der schon erwähnten Schlacke ein schwefelarmes Eisen.

Etwas anders arbeitet das Hoopes-Hall-Verfahren. Hier wird der Bauxit vor der Verarbeitung im Lichtbogenofen einer Vorbehandlung unterworfen, wobei er mit Quarzsand und feingemahlener Kohle oder mit Koks gemischt und gesintert wird. Dieses Sintergut, das außer dem Hauptbestandteil Aluminiumoxyd etwa 20 bis 25 % Eisenoxyd und 10 bis 12 % Kieselsäure enthält, wird in großen Drehstrom-Lichtbogenöfen mit je 15 000 kVA Anschlußwert dem Aufschluß unterworfen. Dabei entsteht neben der eigentlichen Tonerde durch Reduktion ein aluminiumhaltiges Ferrosilizium, das zum Teil auch Titan mitaufnimmt; der Titangehalt in der Tonerde sinkt dabei von 2,5 % auf 0,25 %.

Im äußeren Aufbau sind diese Öfen den neuzeitlichen Stahlschmelzöfen ähnlich; sie haben einen zylindrisch-schachtförmigen Ofenkessel, der zur Kühlung mit Wasser doppelwandig ausgebildet ist. Das Ganze ist auf einer Wiege kippar gelagert. Um die Mitte des Ofenschachtes sind im Dreieck die Elektroden angeordnet, und dazwischen wird durch besondere Zuführungen das Einsatzgut in den Ofen eingetragen. Die während des Betriebes entstehenden Gase werden durch eine wassergekühlte Haube einer Entstaubungsanlage zugeführt.

Der Betrieb geht in der Weise vor sich, daß das gesinterte Gut mit stückigem Koks im Gesamtgewicht von ungefähr 8 bis 10 t in den Ofen eingetragen und in etwa vier Stunden geschmolzen wird. Am Ende der Schmelze wird zunächst durch einen unteren Abstich das am Boden angesammelte Ferrosilizium entfernt und dann durch ein darüberliegendes Abstichloch die Tonerde abgestochen. Hierauf wird der Ofen wieder von neuem beschickt; der Betrieb ist also nicht durchlaufend. In einem Ofen können täglich 40 bis 50 t Bauxit in Tonerde übergeführt werden. Der Stromverbrauch wird mit etwa 5500 bis 6000 kWh/t angegeben.

Bei den beschriebenen Verfahren erhält man eine Tonerde, die einer Weiterverarbeitung auf naß-chemischem Wege unterworfen werden muß, um im Enderzeugnis eine Tonerde jener Beschaffenheit zu erreichen, die zur Erzeugung eines besonders reinen Aluminiums notwendig ist. So gelangt man z. B. bei dem letztgenannten Verfahren von Hoopes-Hall zu einer Tonerde, die nach der naß-chemischen Fertigung folgende Werte aufweist:

Tonerde . . .	99,64 %	Titanoxyd . . .	0,16 %
Kieselsäure . . .	0,08 %	Kalziumoxyd . . .	0,02 %
Eisenoxyd . . .	0,094 %		

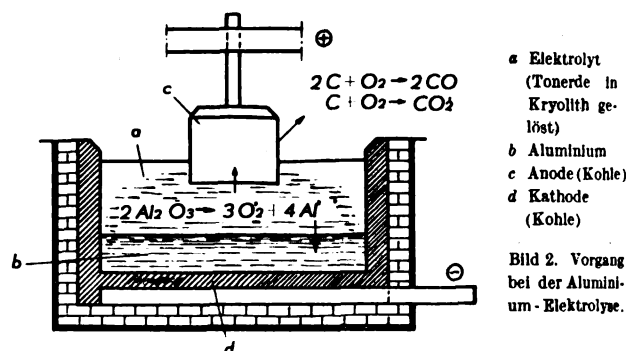
Auch bei dem Pedersen-Verfahren soll man nach den Angaben der Industrie eine Tonerde erhalten, die in ihrer Zusammensetzung für die Gewinnung eines sehr reinen Aluminiums geeignet ist<sup>1)</sup>.

#### Die Verarbeitung von Tonerde in Aluminium

Die Weiterverarbeitung der Tonerde in Aluminium geht in der Elektrolyse vor sich. In ihrer heutigen Form wurde sie erst mit Ausgang des vorigen Jahrhunderts in größerem Maßstab in die Industrie eingeführt. Vorher erzeugte man das Aluminium nur durch Reduktion der Tonerde mit metallischem Natrium. Erst durch Einführung der Schmelzflußelektrolyse, wie sie durch Kiliiani, Hall und andere entwickelt wurde, gelang es, Aluminium in größeren Mengen herzustellen und den Preis von rd. 25 RM/kg um die Jahrhundertwende auf den heutigen Stand von 1,33 RM/kg herabzudrücken.

Das Wesen der Schmelzflußelektrolyse besteht darin, daß man Tonerde in schmelzflüssigem Zustande mit Gleichstrom niedriger Spannung und hoher Stromstärke

in die Bestandteile Aluminium und Sauerstoff zerlegt. Da nun die reine Tonerde einen Schmelzpunkt von über 2000 °C hat und die Zerlegung in einem so hohen Temperaturbereich viele Schwierigkeiten bereiten würde, wendet man ein Verfahren an, das bei niedrigen, besser zu beherrschenden Temperaturen vor sich gehen kann. Es besteht in der Zuhilfenahme von Kryolith, der die Fähigkeit hat, in schmelzflüssigem Zustande Tonerde aufzulösen und ihren Schmelzpunkt herabzusetzen. Dadurch ergeben sich für die Durchführung der Elektrolyse große Vorteile. Zunächst wird das Aluminium bei Temperaturen erzeugt, die verhältnismäßig wenig über seinem Schmelzpunkt liegen; so werden Metallverluste durch Verdampfung, Rückoxydation oder Bildung unerwünschter Verbindungen des Aluminiums, wie zum Beispiel Aluminiumkarbid, vermieden. Gleichzeitig ergibt sich dadurch eine bessere Stromausbeute und ein niedrigerer Stromverbrauch.



a Elektrolyt (Tonerde in Kryolith gelöst)  
b Aluminium  
c Anode (Kohle)  
d Kathode (Kohle)

Bild 2. Vorgang bei der Aluminium-Elektrolyse.

Vor der Beschreibung der Öfen, in denen die Elektrolyse vorgenommen wird, lohnt es sich, noch etwas näher auf die Elektrolyse selbst einzugehen. Die Bäder arbeiten mit einer Temperatur zwischen 800 und 900 °C. Um den Ofen nicht mit höheren Temperaturen betreiben zu müssen, darf der Tonerdegehalt des Elektrolyten nicht höher als 25 bis 30 % sein. Infolge ihres gelösten Zustandes befindet sich die Tonerde in der Schmelze in einem weitgehend dissoziierten Zustande, d. h. sie ist in ihre atomaren, entgegengesetzt elektrisch geladenen Bestandteile, die Ionen, gespalten. Durch die Wirkung des dem Schmelzbad durch Elektroden zugeführten Gleichstromes bestimmter Spannung wandern die ionisierten Teilchen zu der entgegengesetzt geladenen Elektrode, und zwar die positiv geladenen Metallteilchen zur Kathode und die negativ geladenen Sauerstoffteilchen zur Anode. Der dort abgeschiedene Sauerstoff verbrennt mit der Elektrodenkohle zu Kohlenoxyd und Kohlensäure und entweicht aus dem Ofen. Der Vorgang wird durch Bild 2 veranschaulicht. Der als Lösungsmittel dienende Kryolith bleibt von dieser Zersetzung unberührt, weil die Spannung auf einer solchen Höhe gehalten wird, daß der Kryolith noch nicht elektrochemisch zerlegt wird. Die theoretische Zersetzungsspannung der Tonerde beträgt 2,8 V; praktisch ist sie jedoch höher und beträgt normalerweise je nach Ofenausführung 5,0 bis 6,0 V. Dies hat vor allem seinen Grund darin, daß dem Strom nicht nur die Aufgabe zufällt, die Tonerde zu zerlegen, sondern auch das Schmelzbad durch Widerstandsbeheizung auf Betriebstemperatur zu halten.

Aus dem Verlauf der Elektrolyse ergibt sich zwangsläufig der grundsätzliche Aufbau dieser Öfen. So wird die Kathode am Boden des Ofens und die Anode oben angeordnet, d. h. sie ragt, wie es Bild 3 zeigt, in die flach ausgebildete, nach oben offene Ofenwanne hinein. Diese besteht aus einem kräftigen, mit starken Profilen verstärkten Blechkasten, der zur Isolierung mit Magnesit oder Schamotte und innen außerdem noch mit Kohleplatten ausgekleidet ist. Unten am Boden befinden sich die ziemlich starken Kathodenkohlen, in die die negativen Stromzuführungsschienen eingebettet sind. Die

<sup>1)</sup> Es wäre wünschenswert, wenn diese elektrothermischen Vorbehandlungsverfahren auch in Deutschland mehr Eingang fänden, da man damit auch unsere einheimischen Ausgangsstoffe verarbeiten könnte.

Anode wird bei dieser Ofenausführung durch ein auf dem kathodischen Ofenunterteil aufgesetztes Gerüst getragen. Sie ist in mehrere kleinere Elektroden, die je zu zwei nebeneinander in einer Reihe angeordnet sind, unterteilt und in der Höhe durch beiderseits an den Traggerüsten befindliche Spindeln verstellbar. Wegen der Anodenunterteilung nennt man diese Öfen auch Vielelektrodenöfen. Aus der Darstellung ist die Unterteilung des Bades in zwei waagerechte Schichten deutlich erkenntlich. Das flüssige Metall liegt unten am Boden und darüber das Tonerde-Kryolith-Bad, das durch eine feste Kruste von noch kälterem, ungeschmolzenem Tonerde-Kryolith-Gemisch wärmeisolierend abgedeckt bzw. gegen Luftzutritt von oben wirksam abgeschlossen ist.

Der Vielelektrodenofen in der beschriebenen Form ist weit verbreitet. Außer der gezeigten Ausführung bestehen selbstverständlich Abarten in der Bauform, deren Entwicklung den Wunsch nach Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und die Suche nach der Verbesserung dieser Öfen erkennen läßt. Als Nachteil dieser Ofenart hat man z. B. empfunden, daß die Auflösung der Anode in eine Vielzahl von Einzelelektroden das öftere Einsetzen von neuen Anodenkohlen notwendig macht. Mit dem Elektrodenwechsel sind selbstverständlich Verluste an Kohle, Tonerde und Kryolith verbunden.

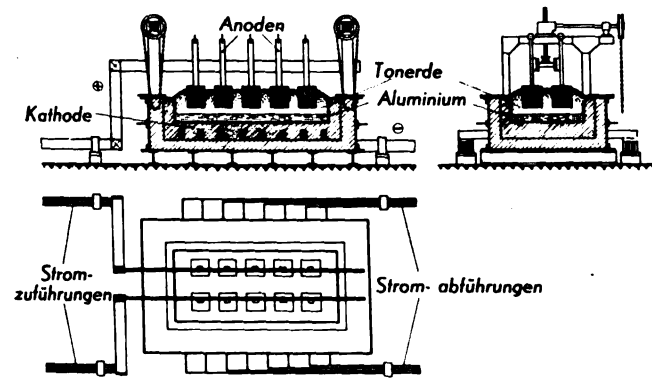
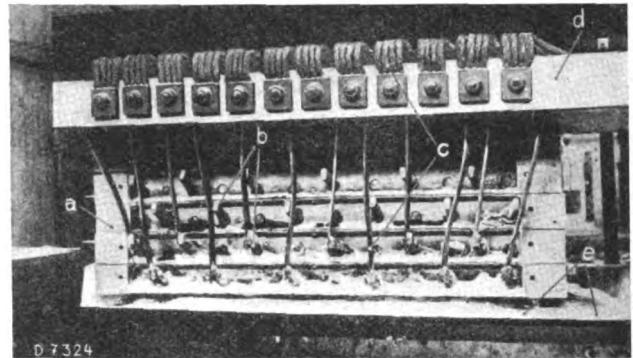


Bild 3. 15 000 A-Vielelektrodenofen für die Aluminium-Elektrolyse.

Diese Umstände mögen wohl vielfach mit der Grund gewesen sein, neuerdings in der Aluminium-Elektrolyse zur Verwendung der sogenannten Söderberg-Elektrode überzugehen. Durch die Einführung dieser Elektrodenform hat sich die bisher gebräuchliche Ofenform bzw. der Ofenunterteil nicht geändert. Statt der Vielzahl von kleinen Anodenkohlen ragen jedoch je nach Ofengröße nur eine oder zwei Elektroden größeren Querschnitts in den kathodischen Ofenteil hinein. Die Vereinfachung gegenüber früher wird am besten durch ein Beispiel kenntlich gemacht. Während man bei einem Vielelektrodenofen von 24 000 A sechzehn Einzelelektroden benötigt, hat der Söderberg-Ofen beispielsweise nur eine Elektrode von etwa 2,5 m Länge und 1 m Breite. Öfen mit höherer Strombelastung werden zuweilen auch mit zwei Elektroden ausgerüstet. Welche Vorteile sich daraus für die Ofenbedienung ergeben, ist ohne weiteres klar.

Die Söderberg-Elektroden arbeiten durchlaufend und sind selbstbackend, d. h. sie werden in Abständen von einigen Tagen durch Nachfüllen plastischer Kohlemasse, einem Gemisch von feingemahlenem Petrolkoks, Teer und Pech, in den oben aus dem Ofen herausragenden Elektrodenmantel laufend erneuert. Unten in geringer Höhe über dem Bade werden die Elektroden durch einen besonders ausgebildeten, mehrteiligen Rahmen zusammengehalten. Die Stromzuführung geschieht durch auswechselbare Kontaktbolzen, die auf den Längsseiten unten in die Elektroden eingeschlagen und durch biegsame Kupferbänder mit den oben angeordneten Kathodenschienen verbunden sind, wie dies bei dem in Bild 4 gezeigten Ofen

mit einer Elektrode zu sehen ist. Die Elektrode hängt mit ihrem Rahmen in einem besonderen Tragwerk und kann durch Winden gehoben oder gesenkt werden. Der Aufbau dieser Öfen gestattet eine vollkommen geschlossene Bauweise, so daß die während des Betriebes entstehenden Kryolithdämpfe, Kohlenoxydgase und die vom Brennen der Elektroden selbst herrührenden Gase abgesaugt wer-



a Elektrode  
b Kontaktbolzen  
c Verbindungsleitungen  
d Sammelschienen  
e Bad

Bild 4. Aluminium-Elektrolyseöfen mit Söderberg-Elektrode.

den können. Bild 5 zeigte eine Reihe solcher geschlossener Öfen. Über den Öfen sind die Abzugsrohre und die aus dem Gebäude herausführenden Gassammelrohre deutlich erkenntlich. Eine Belästigung der Ofenarbeiter durch Hitze, Rauch und Staub kann deshalb nicht in dem Maße eintreten, wie dies bei den nicht verschließbaren Vielelektrodenöfen der Fall ist.

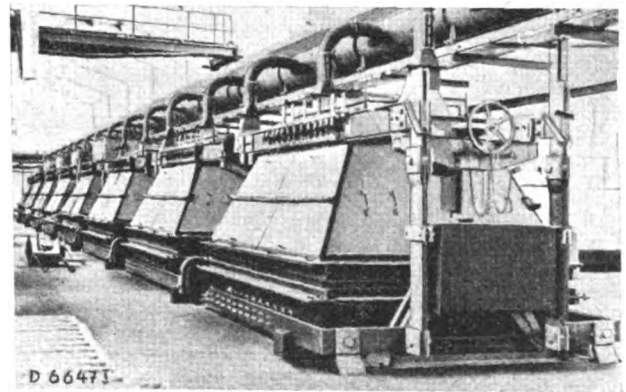


Bild 5. Aluminium-Elektrolyseöfen mit Söderberg-Elektroden.

Über die Größe der beschriebenen Öfen und ihre Anordnung in der Gesamtanlage ist folgendes zu erwähnen. Da die in einem Ofen erzeugte Metallmenge von der angewandten Stromstärke abhängig ist, hat man das Bestreben, die Strombelastung so hoch wie nur möglich zu wählen. Beim Vielelektrodenofen geht man über eine Belastung von 20 000 bis 24 000 A wohl nicht hinaus, da man andernfalls zu viele Einzelelektroden erhält und der Ofen dadurch zu unförmig und zu schwierig zu bedienen wäre. Beim Söderberg-Ofen kann man jedoch wegen der einfacheren Anodenausbildung zu bedeutend höheren Strombelastungen übergehen. Es sind heute schon Öfen dieser Art mit bis zu 50 000 A im Betrieb.

Verglichen mit anderen Metallerzeugungsofen ist die Erzeugung der Elektrolyseöfen trotz der hohen Stromstärken doch verhältnismäßig gering. So erzeugt z. B. ein 24 000 A-Ofen, je nach Bauart, innerhalb 24 h nur 150 bis 165 kg Metall. Um deshalb in einer Anlage beispiels-

weise die verhältnismäßig geringe Menge von 4000 t Aluminium im Jahr zu erzeugen, wird schon eine ganze Reihe von Öfen benötigt. Die Anordnung einer solchen Anlage ist in Bild 6 schematisch dargestellt. Wie daraus ersichtlich ist, sind die Öfen hintereinandergeschaltet. Dabei führen, wie dies aus Bild 6 hervorgeht, die Stromschienen zwischen den einzelnen Öfen von dem Kathodenteil des letzten Ofens zu dem Anodenteil des nächsten.

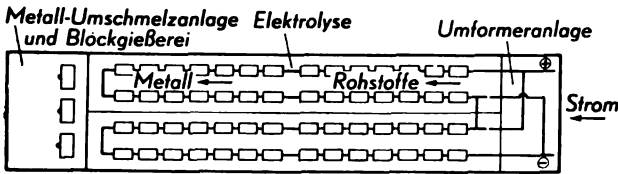


Bild 6. Anordnung einer Aluminium-Elektrolyseanlage für eine Jahreserzeugung von 4000 t, bestehend aus 56 Öfen für 24 000 A bei 310/400 V.

Abgesehen von dem Unterschied in der Bedienung der Anoden, die durch ihre voneinander abweichende Bauweise bedingt ist, gestaltet sich im übrigen der Betrieb beider Ofenarten gleich. Die Rohstoffe werden getrennt in genau abgestimmten Mengen und in gewissen Zeitabständen in den Öfen eingegeben; ein Ofen verbraucht im Tag rd. das doppelte Gewicht an Tonerde, als er an Alu-

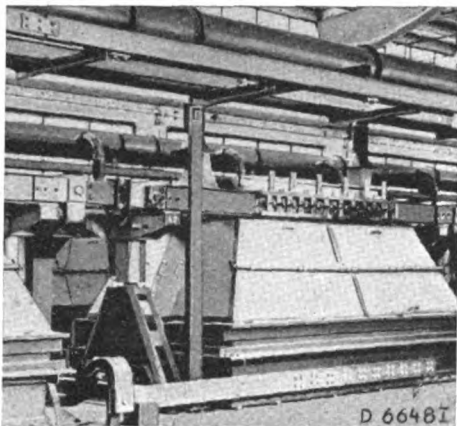


Bild 7. Elektrolyseöfen mit Söderberg-Elektroden.

minium erzeugt. Kryolith wird nur so viel zugegeben, als durch Verdampfen verlorengeht. Man rechnet bei der älteren Ofenart mit etwa 5 % und bei den neuen Öfen mit Söderberg-Elektrode mit 3 bis 3,5 % des Tonerdegewichtes. Für einen 24 000 A-Ofen, der täglich etwa 160 kg Aluminium erzeugt, sind demnach etwa folgende Mengen notwendig:

Tonerde: 320 kg, Kryolith: im Mittel 12 kg.

Die Öfen zeigen in gewissen Zeiträumen von selbst an, wann die Zugabe von Tonerde notwendig ist. Durch die fortlaufende Zerlegung wird die Schmelze nämlich immer ärmer an Tonerde. Damit ist gleichzeitig ein unruhiger Gang des Ofens durch Ansammeln von Gas unter den Elektroden verbunden. Die Badspannung, die bis zum Eintreten dieses Zustandes ziemlich gleich bleibt, steigt dann im Verlaufe von wenigen Sekunden auf ein Vielfaches ihres bisherigen Wertes, beispielsweise auf 30 V an. Man nennt diese Erscheinung den Anodeneffekt. Er macht sich sofort durch entsprechend höhere Belastung der Gleichstromerzeugungsanlage bemerkbar. Der Eintritt einer solchen Überspannung am Ofen kann durch Einschalten einer Glühlampe in den Ofenstromkreis deutlich erkennbar gemacht werden. Ihr Aufleuchten gibt der Ofenbedienung das Zeichen, sofort einzugreifen und den Ofen durch Zugabe bestimmter Mengen

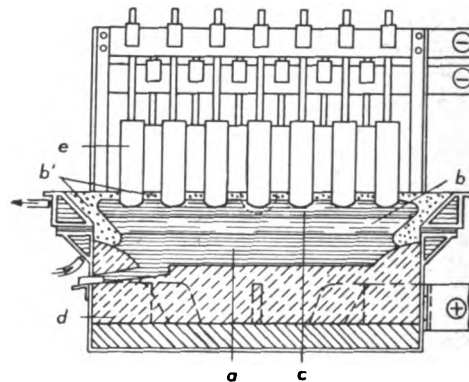
Tonerde zu beruhigen. Kryolith wird dagegen hauptsächlich bei zu starker Senkung des Badspiegels zugegeben.

Um das Bad möglichst in Ruhe zu halten, wird das Metall nur alle zwei bis drei Tage abgestochen oder entnommen. Die Öfen sind im ersten Fall dazu mit einem Abstichloch ausgerüstet, im zweiten Fall wird das Metall durch in das Bad eingesetzte Lochtiegel mit Handschöpfern entnommen. Neuerdings hat man auch Verfahren, wobei das flüssige Metall aus den Öfen herausgepumpt wird. Die jeweils entnommene Metallmenge wird in großen Tiegeln aus den einzelnen Öfen gesammelt und entweder zum Ausgleich der Zusammensetzung in elektrisch beheizte Mischöfen gebracht oder auch sofort in Rohmasseln vergossen.

In den neuzeitlichen Öfen und bei Verwendung guter Tonerde erhält man ein Rohaluminium von einer Reinheit bis zu 99,8 %. Der Kohleverbrauch beträgt etwa 0,7 kg bei der älteren und 0,5 bis 0,6 kg bei der neueren Ofenart, und der Stromverbrauch schwankt entsprechend zwischen 20 und 24 kWh bzw. 16 und 20 kWh/kg erzeugtes Aluminium.

### Die Herstellung von Reinaluminium

Das in der Elektrolyse gewonnene Metall genügt im allgemeinen den Bedürfnissen der weiterverarbeitenden Industrie. Die Tatsache jedoch, daß auch beim Aluminium gewisse physikalische Eigenschaften, wie z. B. die Verarbeitbarkeit, chemische Widerstandsfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit, mit zunehmender Reinheit sich verbessern, ließ schon frühzeitig den Wunsch aufkommen, diese durch Feinen weiter zu steigern. Die Grenze, über der beim Aluminium die Güteeigenschaften sprunghaft ansteigen, liegt bei etwa 99,99 %. Die Schwierigkeiten jedoch, um zu einem so reinen Metall zu kommen, sind die gleichen wie bei der Erzeugung des Rohaluminiums. Während sich nämlich bei anderen Metallen das Feinen einfacher gestaltet, ist es beim Aluminium praktisch nur durch Schmelzflußelektrolyse möglich. Das Verfahren wird in Öfen durchgeführt, die, wie aus Bild 8 hervorgeht, den vorbeschriebenen im Aufbau



- a unreines Metall
- b Elektrolytschmelze
- b' erstarrter Elektrolyt
- c gelüftertes Metall
- d Anode (Kohle)
- e Kathode (Graphit)

Bild 8. Schnitt durch einen Aluminium-Raffinationsofen nach Hoopes<sup>2)</sup>.

und in der Betriebsweise ähneln. Man arbeitet nach dem sogenannten Dreischichtverfahren, bei dem im Ofen, wie der Name des Verfahrens andeutet, drei übereinanderliegende, nach spezifischen Gewichten geordnete Schichten vorhanden sind, um eine Wiedervermischung zu vermeiden. Im Gegensatz zur Elektrolyse befindet sich jedoch hier das unreine Metall unten am Boden des Ofens bei a, darüber liegt eine Zwischenschicht b aus geschmolzenen Elektrolytsalzen, die je nach dem ausgeübten Verfahren verschiedener Zusammensetzung sein können; am meisten werden Alkali- und Erdalkali-Chloride und Fluoride in Verbindung mit einem gleichen Aluminiumsalz als Zwischenschicht verwendet. Über diesem befindet sich

<sup>2)</sup> USA-Pat. Nr. 1 534 316.

die gereinigte Metallschicht *c*, die zum Schutze gegen die äußere Atmosphäre durch eine dünne Salzsäure *b'* abgedeckt ist. In die reine Metallschicht tauchen die Kathoden *e*, und als Anode dient der Kohlenboden *d* des Ofens. Unter der Einwirkung von Gleichstrom findet eine elektrolytische Umsetzung statt, bei der das Metall von der Bodenschicht durch die Zwischenschicht in die Deckschicht gelangt. Die elektrolytischen Vorgänge sind aus der schematischen Darstellung Bild 9 ersichtlich. Die

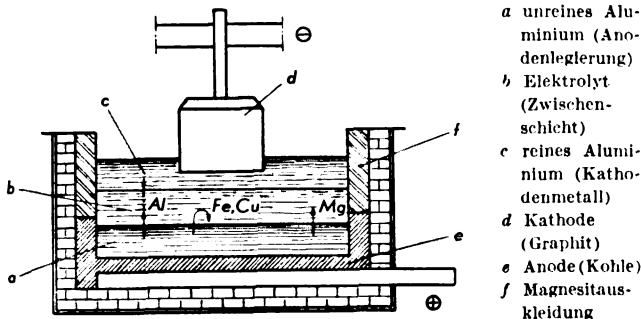


Bild 9. Vorgang der Aluminium-Raffination.

Badspannung liegt nach den bekanntgewordenen Angaben je nach dem Verfahren zwischen 7 und 10 V. Der Stromverbrauch zur Erzeugung von 1 kg geläutertem Aluminium beträgt etwa 25 kWh. Es war eine langjährige Entwicklung dazu notwendig, bis die verschiedenen Dreischichtverfahren zu einer Reife gelangten, die eine praktische Durchführung in dem großen Maßstabe gestatten, wie dies heute der Fall ist.

Durch diese Verfahren ist für die Zukunft der Industrie vielleicht auch ein Mittel in die Hand gegeben, unter Ausschaltung der naß-chemischen Reinigung des Bauxits zu Reinaluminium zu gelangen, indem mit dem Lichtbogen-Reduktionsofen aus Bauxit oder sogar aus minderwertigeren Tonen eine Eisen-Silizium-Aluminium-Legierung erzeugt wird, aus der dann wieder nach dem vorbeschriebenen Feinungsverfahren das reine Metall erzeugt werden könnte.

Dadurch besteht weiter auch die Möglichkeit, die Abfallaluminiumverwertung auf vorteilhaftere Weise zu betreiben, als dies seither möglich war. Die Abfallverwer-

tung beschränkt sich nämlich bisher nur darauf, das Altmaterial einzuschmelzen und zu gewöhnlichem Leichtmetallguß wiederzuverwenden, da es praktisch nicht möglich ist, aus dem Abfall ein Metall bestimmter Zusammensetzung zu erhalten. Die Feinungsverfahren gestatten es vielleicht schon bald, auch große Mengen von Abfallaluminium wieder in Reinaluminium zurückzuführen, so daß daraus beispielsweise erneut veräußerbare Legierungen usw. hergestellt werden können.

### Zusammenfassung

Am Beispiel des Aluminiums wird dargelegt, welche Bedeutung dem Elektroofen bei der Erzeugung und Weiterverarbeitung von Leichtmetallen zukommt. Zunächst wird unter Erwähnung der wichtigsten Verfahren ein Überblick über den heutigen Stand der elektrothermischen Herstellung von reiner Tonerde als Ausgangsstoff für die elektrolytische Erzeugung von Aluminium sowie eine Beschreibung der dafür verwendeten Lichtbogenöfen gegeben.

In der Folge werden dann die Grundzüge der Aluminium-Elektrolyse, der Aufbau der verschiedenen Elektrolyse-Ofenformen, ihre Betriebsweise und die Gesamtanordnung einer Aluminium-Elektrolyseanlage beschrieben. Bemerkenswert ist dabei die im Zuge der neuzeitlichen Entwicklung fortschreitende Verwendung der Söderberg-Elektrode gegenüber der Vielzahl der früher im Elektrolyseofen ausschließlich gebräuchlichen Kleinelektroden. Darüber hinaus wird neuerdings auch im Elektrolyseofen abgeänderter Bauart in immer größerem Maße das Feine bzw. die Herstellung von Reinaluminium durchgeführt.

Zusammen mit den Ausführungen im ersten Teil der Veröffentlichung<sup>3)</sup>, in der die verschiedenen Bauformen von Schmelz- und Wärmebehandlungsöfen für die Weiterverarbeitung der Leichtmetalle unter besonderer Berücksichtigung der neuzeitlichen Luftumwälzungsöfen besprochen wurden, zeigen diese Ausführungen, welche bedeutende Rolle die elektrische Energie in jeder Form heute in der Metallurgie der Leichtmetalle spielt. Die Entwicklung auf diesem Gebiet ist keineswegs als abgeschlossen zu betrachten, vielmehr wird die Zukunft hier dem Elektroofen noch neue Arbeitsgebiete eröffnen.

<sup>3)</sup> Elektroöfen für die Leichtmetallindustrie, ETZ 60 (1939) S. 245.

## Bedeutung der Glasurfarbe von Freiluftisolatoren für die Überschlagsgefahr

(Mittteilung aus dem Hochspannungs-Versuchsfeld des Schaltwerks der Siemens-Schuckertwerke AG.)

Von Werner Weber VDE und Max Pfeifer VDE, Berlin

**Übersicht.** Durch Erwärmungsmessungen wird der Einfluß der Glasurfarbe auf die Spannungsfestigkeit von Porzellanisolatoren erkannt. Aus den Ergebnissen werden die Schlußfolgerungen gezogen.

### 1. Einleitung

In elektrischen Energieversorgungsbetrieben, die über ein ausgedehntes Netz und Freiluftstationen verfügen, wird beobachtet, daß ein erheblicher Anteil der vorkommenden Überschläge in den Morgenstunden kurz nach Sonnenaufgang erfolgt<sup>1)</sup>; man spricht sogar von „Sonnenaufgangsüberschlägen“. Beispielsweise wird aus Amerika berichtet<sup>2)</sup>, daß an einem dortigen 110- bzw. 154 kV-Netz 70 % aller nicht auf Gewitter beruhenden Betriebsstörungen in der Zeit des Sonnenaufgangs auftreten,

DK 621.315.62 : 535.6 : 621.3.015.52 wenn dafür eine Zeitspanne von 1½ h zugrunde gelegt wird. Nach einer Störungsstatistik des Donenergo-Systems in Rußland<sup>3)</sup> liegt das Maximum der Störungen zwischen 3<sup>00</sup> und 8<sup>00</sup> morgens; die Überschläge treten dabei bevorzugt in den Wintermonaten auf. Die gleichen Beobachtungen der Morgenüberschläge wurden auch in Frankreich gemacht<sup>4)</sup>. Auch in deutschen Hochspannungsnetzen sind derartige Sonnenaufgangsüberschläge beobachtet. Die Sonnenaufgangsüberschläge sind auf Tau- und Nebelniederschlag auf der verschmutzten Isolatoroberfläche zurückzuführen. Die Isolatoren haben sich über Nacht abgekühlt, und beim Auftreffen der Sonnenstrahlen auf Gräser und Blätter werden an diesen haftende Wassertröpfchen verdampft, so daß neben der Temperatur auch die relative Feuchtigkeit der Luft

<sup>1)</sup> ETZ 52 (1931) S. 273.

<sup>2)</sup> E. E. George u. W. R. Brownlee, Electr. Wld., N. Y. 98 (1931) S. 658; s. a. ETZ 54 (1933) S. 476.

<sup>3)</sup> Elektrische Stationen (russisch) (1937) Heft 9.

<sup>4)</sup> Josse, Rev. gén. Electr. 45 (1939) S. 653.



schnell ansteigt. Auf der kalten Oberfläche der Isolatoren schlägt sich dann Wasser nieder, und zwar mehr, als durch den Oberflächenstrom abgetrocknet werden kann, so daß eine vorhandene Schmutzschicht durchnäßt wird und die Überschlagnspannung bis unter die im Betrieb vorkommenden Spannungen absinken kann. Je mehr und je länger die Temperatur des Porzellans hinter der der Umgebung zurückbleibt, desto länger und heftiger ist der Isolator dem Tauniederschlag und damit der Gefahr eines Überschlages ausgesetzt. Würde das Porzellan sich genau so schnell wie die umgebende Luft erwärmen, so würden diese Sonnenaufgangsüberschläge nicht auftreten können. Bei Sonnenaufgang wird das Porzellan durch Sonnenbestrahlung erwärmt. Die von irgendeinem Körper durch Strahlung aufgenommene Wärme ist von seiner Oberflächenbeschaffenheit und besonders auch von seiner Farbe abhängig; daher muß die Farbe der Freiluftporzellanisolatoren für den Tauniederschlag auf ihnen und damit für die Gefahr der Sonnenaufgangsüberschläge von Bedeutung sein. Im folgenden soll über einige Versuche berichtet werden, die über die Größe des Farbeffektes auf die Porzellanerwärmung durch Sonnenbestrahlung Aufschluß geben.

## 2. Versuchsanordnung mit verschiedenfarbigen Porzellan Körpern

Die Versuche wurden mit zylindrischen Porzellan Körpern von 150 mm Durchmesser und einer Dicke von  $2a = 20$  bis 100 mm ausgeführt, wie sie von W. Estorff vorgeschlagen und in die Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren<sup>5)</sup> aufgenommen sind. Auf der Mantelmitte dieser Körper befindet sich zur Aufnahme eines Thermometers eine radiale Bohrung von 10 mm Durchmesser, die genau bis zur Mitte reicht (s. Skizze in Bild 2). Zur Erzielung eines möglichst guten Wärmekontaktes zwischen Porzellan Körper und Thermometerkugel wurde diese mit Zinnfolie umwickelt; um das Eindringen von Wärme und Feuchtigkeit durch diese Bohrung zu verhindern, wurde der Zwischenraum mit Watte ausgefüllt und darüber mit Wachs abgedichtet. Mehrere Porzellan Körper mit weißer Glasur wurden durch einen glänzenden Lackanstrich mit schwarzer und laubgrüner Oberfläche versehen, ferner wurde eine silberglänzende Oberfläche durch Einbrennen von Platin in die weiße Glasur hergestellt, so daß Versuchskörper mit schwarzer, brauner, grüner, weißer und silberglänzender Oberfläche zur Verfügung standen. 14 Porzellan Körper verschiedener Farbe und Dicke wurden im Freien 120 cm über dem Erdboden, mit der runden Stirnfläche genau nach Süden weisend, aufgehängt, so daß die Sonne alle Körper jeweils unter gleichem Winkel bestrahlen konnte. Die Versuche wurden in den Wintermonaten an Sonnentagen durchgeführt, wobei im Innern der Porzellan Körper der Temperaturverlauf über den ganzen Tag gemessen wurde.

## 3. Erwärmungsverlauf und Farbfaktoren der Porzellan Körper

Bild 1 zeigt als Beispiel den Temperaturverlauf für den Körper von der Dicke  $2a = 40$  mm. Man sieht aus dem Verlauf, daß bei Schwarz der Temperaturanstieg in den Morgenstunden am größten, und die Erwärmung während des ganzen Tages am größten, bei Weiß und Silberglänzend am kleinsten ist, und daß Braun und Grün dazwischenliegen. Die Unterschiede sind bei den dicken Scheiben etwas kleiner als bei den dünnen, da bei letzteren die absorbierte Strahlungswärme die Mitte des Körpers schneller

erreicht und die von den Mantelflächen an die Luft wieder abgegebene Wärme geringer ist als bei den dicken Körpern. Außer den Temperaturkurven der Versuchskörper ist auch die im Schatten gemessene Lufttemperaturkurve mit eingetragen. Wenn zeitweise Bewölkung oder Wind auftritt, werden die Temperaturkurven unregelmäßiger, wie Versuche an nicht klaren und windigen Tagen zeigten. Um zahlenmäßige Angaben über den Farbeinfluß zu erhalten, wurden aus den Temperaturkurven auf Grund folgender Überlegungen Farbfaktoren ermittelt.

Die zur Aufheizung erforderliche Wärmemenge  $Q$  wird dem Porzellan Körper als Strahlungswärme zugeführt. Von der je Zeiteinheit absorbierten Strahlungswärme  $Q_S$

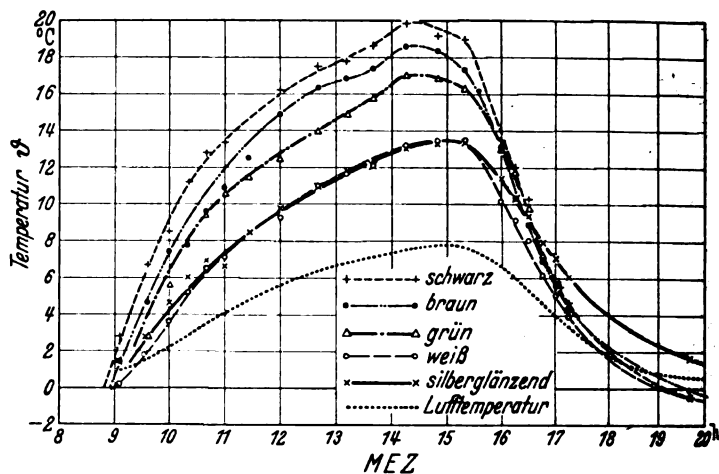


Bild 1. Temperaturverlauf bei verschiedenfarbigen, 40 mm dicken Porzellan Körpern.

wird aber ein Teil wieder als Konvektionswärme  $Q_K$  an die umgebende Luft abgegeben, so daß allgemein folgende Wärmebilanz besteht:

$$Q = Q_S - Q_K \quad (1)$$

Die in der Sekunde auf  $1 \text{ cm}^2$  der verschiedenfarbigen Körper auftreffende, von der Sonne ausgestrahlte Wärme ist für alle gleich groß und beträgt  $Q'$ . Von  $Q'$  wird nur ein Teil absorbiert, der bei gleicher Beschaffenheit und Größe der Oberfläche nur von der Farbe abhängt, während der Rest reflektiert wird. Die absorbierte Wärmemenge sei  $f \cdot Q'$ , dabei ist  $f < 1$  und im folgenden mit Farbfaktor bezeichnet. Die gesamte, durch Strahlung von der Fläche  $F$  nach der Zeit  $t$  absorbierte Wärmemenge ist somit:

$$Q_S = f Q' F t \quad (2)$$

Die durch Konvektion an die umgebende Luft wieder abgegebene Wärmemenge  $Q_K$  ist von der Farbe der Oberfläche unabhängig. Die Temperaturverteilung innerhalb des zylindrischen, von der Stirnfläche her erwärmten Körpers ist mit Hilfe des Gaußschen Fehlerintegrals darstellbar. Diese Temperaturverteilung ist, bezogen auf gleiche Oberflächentemperatur, ebenfalls farbanabhängig. Berechnet man mit Hilfe der Wärmebilanz die Innentemperatur und zieht statt der Temperatur nur die Erwärmung  $\vartheta_{\bar{u}}$  in Betracht, so verhalten sich bei gleich dicken Körpern an der gleichen Stelle und nach gleicher Zeit die Erwärmungen wie die Farbfaktoren. Im folgenden werden alle farbigen Körper mit dem schwarzen verglichen; es ist also z. B. für Weiß:

$$\frac{\vartheta_{\bar{u}} \text{ weiß}}{\vartheta_{\bar{u}} \text{ schwarz}} = \frac{f \text{ weiß}}{f \text{ schwarz}} \quad (3)$$

oder, wenn  $f_{\text{schwarz}} = 1$  gesetzt wird:

$$\frac{\vartheta_{\bar{u}} \text{ weiß}}{\vartheta_{\bar{u}} \text{ schwarz}} = f_{\text{weiß}} \quad (4)$$

<sup>5)</sup> VDE 0443/V. 40, § 7, siehe ETZ 60 (1939) S. 1136 u. 61 (1940) S. 569.

In der Tafel 1 sind die nach Gl. (4) aus den Temperaturkurven von Bild 1 berechneten Mittelwerte der Farbfaktoren zusammengestellt; die letzte Spalte gibt den gemeinsamen Mittelwert für alle Versuchskörper an.

Tafel 1. Farbfaktoren der verschiedenen Porzellankörper.

Farbe	Dicke der Porzellankörper $2a$			gemeinsamer Mittelwert
	20 mm	40 mm	100 mm	
Schwarz	1,00	1,00	1,00	1,00
Braun	0,98	0,89	0,97	0,95
Grün	0,87	0,74	0,81	0,81
Weiß	0,80	0,45	0,43	0,49
Silberglänzend	0,47	0,43	—	0,45

Für den Tauniederschlag auf dem Porzellanscherben ist die Temperatur seiner Oberfläche maßgebend, nicht aber seine Innentemperatur. Der Tauniederschlag würde aufhören, sobald eine dünne Oberflächenschicht entsprechend durchwärmt ist. Eine hohe Temperatur einer dünnen Schicht kann aber nicht bestehen, wenn das Innere noch kalt ist, denn die von der Oberfläche aufgenommene Wärme wandert infolge der Wärmeleitung weiter in das Innere des Scherbens. Die Gefahr des Tauniederschlages und damit des Überschlages ist daher erst endgültig überwunden, wenn vollständige Durchwärmung des Isolators eingetreten ist. Um die Durchwärmungsgeschwindigkeit zu ermitteln, wurden Versuche über die Wärmeleitung in Porzellan angestellt. Dazu wurden die gleichen Körper auf  $0^\circ\text{C}$  abgekühlt und dann in einem Wasserbad von konstanter Temperatur erwärmt. Bild 2 zeigt die ge-

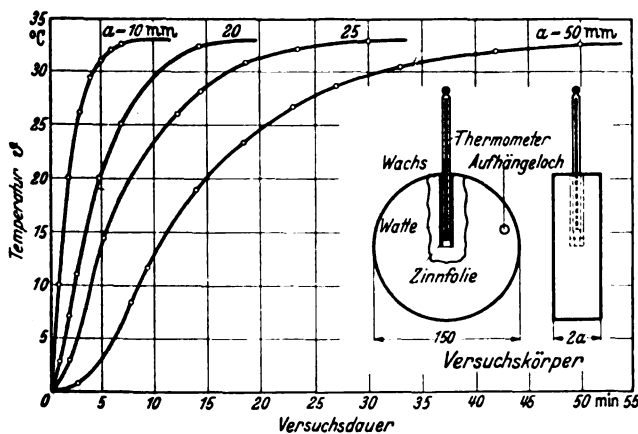


Bild 2. Gemessene Erwärmungskurven bei verschiedenen dicken Porzellanscherben und Thermometeranordnung bei den Versuchskörpern.

messenen Erwärmungskurven z. B. bei einer Wassertemperatur von  $33^\circ\text{C}$ . Aus diesen Kurven ist zu entnehmen, daß beispielsweise ein 20 mm starker Scherben nach etwa 20 min auf die Temperatur des umgebenden Mediums gleichmäßig durchwärmt ist. Die Durchwärmung auf eine bestimmte Temperatur geht um so schneller, je größer die Temperaturdifferenz und je dünner der Scherben ist. Eine Vorstellung über die räumliche und zeitliche Temperaturverteilung längs der Achse des dicksten Körpers ( $2a = 100\text{ mm}$ ) erhält man, wenn man die halbierten dünneren Körper jeweilig als Scheiben dieses dicksten Körpers betrachtet. In erster Annäherung kann man dann annehmen, daß die Erwärmung des dünnen halbierten Körpers in gleicher Weise erfolgt wie die gleiche von der Stirnfläche aus gemessene Schicht des dicken Körpers. Hierbei wird zwar ein gewisser Fehler begangen, da das Temperaturgefälle in der Mitte des Körpers Null ist, während es an der Vergleichsstelle des dickeren Körpers größer als Null ist. Dies beeinträchtigt jedoch die Vorstellung von dem grundsätzlichen Verlauf nicht wesentlich. Unter dieser Annahme ist in Bild 3

für  $33^\circ\text{C}$  Wassertemperatur die Temperatur für jede Stelle auf der Achse des 100 mm-Porzellankörpers mit der Zeit als Parameter aufgetragen. Man sieht z. B., daß nach 8 min in 20 mm Tiefe etwa  $26,5^\circ\text{C}$ , dagegen in der Mitte, d. h. in 50 mm Tiefe, nur  $8,5^\circ\text{C}$  herrschen. Diese letzten Versuche über die Wärmeleitung geben gleich-

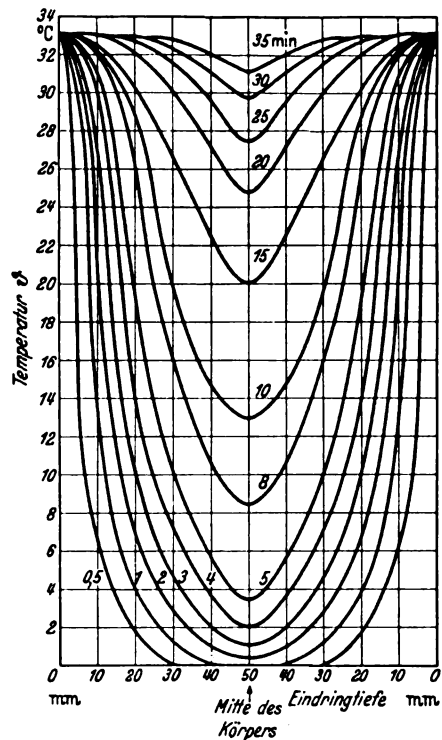


Bild 3. Temperaturverlauf in einem 100 mm dicken Porzellankörper mit der Zeit als Parameter.

zeitig einen Anhaltspunkt dafür, wie lange bei Versuchen für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren der Isolator in der Kühlkammer verbleiben muß, um bis in sein Inneres durchkühlt zu sein<sup>6)</sup>.

#### 4. Schlußfolgerungen hinsichtlich der Farbauswahl von Freiluftporzellan

Da die Wärmeleitung von der Porzellanoberfläche in das Innere des Scherbens von der Glasurfarbe unabhängig ist, ist für die gesamte Erwärmung des Körpers bei Sonnenbestrahlung nur die von ihm absorbierte Strahlungswärme und damit die Glasurfarbe ausschlaggebend. Die Versuche haben gezeigt, daß Isolatoren mit dunkler Glasurfarbe einen größeren Farbfaktor (s. Tafel 1) haben und sich deshalb bei Sonnenbestrahlung schneller erwärmen als die mit heller Farbe, so daß sie in den Morgenstunden nicht so lange und so heftig dem Tauniederschlag ausgesetzt sind, und daß auf ihnen bereits niedergeschlagener Tau schneller wieder abtrocknet als bei heller Oberfläche. Für Freiluftisolatoren muß also dunkle, etwa braune Glasur als die zweckmäßigste angesehen werden, wenn Gefährdung durch Nebel und Tauniederschlag zu befürchten ist, ganz abgesehen von der Unauffälligkeit im Landschaftsbild. Weiße Glasurfarbe ist verschiedentlich mit der Absicht gewählt worden, um auf dem hellen Untergrund den Verschmutzungszustand einer Anlage besser erkennen zu können. Leider ist aber die gefährlichste Schmutzart, nämlich Salzniederschlag, schon auf dunklem Untergrund kaum, auf weißem aber gar nicht erkennbar. Wenn auch die Erwärmung durch

<sup>6)</sup> Siehe Fußnote 5.

die Sonnenbestrahlung nur auf einer Seite erfolgt, und die andere Seite, sofern sie nicht infolge Wärmeleitung durch das Porzellan hindurch ebenfalls erwärmt wird, feucht bleiben kann, so tritt trotzdem eine Verringerung der Überschlagsgefahr ein, da der ganze Querschnitt der leitenden Feuchtigkeitsschicht kleiner wird und der gesamte Oberflächenwiderstand steigt. Dies hat zur Folge, daß bei anliegender Spannung von gleicher Höhe die Oberflächenströme kleiner werden. Der Nebelüberschlag entsteht aber aus vorhergehenden Teillichtbogen, zu deren

Ausbildung eine bestimmte Stromstärke vorhanden sein muß<sup>7)</sup>.

Zur Verringerung der Gefahr von Sonnenaufgangsüberschlägen sollte man sich daher neben der richtigen Wahl des Aufstellungsortes einer Freiluftanlage, der rechtzeitigen Säuberung der Porzellane und der Anwendung besonderer Nebelisolatoren auch der Benutzung dunkler Glasurfarbe bedienen.

7) W. Estorff u. W. Weber, erscheint demnächst in der ETZ.

## Die Ausbreitung von Rundfunkwellen über die Erde

DK 538.566

Die Verfasser, die sich in einer Reihe von theoretischen Arbeiten mit der Ausbreitung der drahtlosen Wellen um die Erde beschäftigt haben, berichten in diesem Aufsatz<sup>1)</sup> in allgemeinverständlicher und klarer Form über die Ergebnisse ihrer Berechnungen. Die Aufgabenstellung lautet folgendermaßen: Es sei eine außerhalb einer Kugel (Erde) befindliche Quelle (Sender) elektromagnetischer Wellen gegeben. Wie wird dann die elektromagnetische Feldstärke auf der Kugel oder in geringer Höhe über ihr im Empfangspunkt sein? Die Atmosphäre wird als homogenes Dielektrikum vorausgesetzt, d. h. Reflexionen an der Ionosphäre und Brechungen in der Troposphäre werden nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der Feldstärke bei beliebiger Leitfähigkeit der Erde führte zu einem Ausdruck, der aus einer unendlichen Reihe von Kugelfunktionen besteht, in der jedes Glied zwölf Besselfunktionen enthält. Die Reihe hat die unangenehme Eigenschaft, daß jedes nächste Glied das vorhergehende durch Zeichenwechsel ungefähr ausgleicht und ferner die größten Beiträge zum Endbetrag von Gliedern in der Gegend des hunderttausendsten bis millionsten Gliedes geliefert werden.

Die Verfasser weisen darauf hin, daß es auch andere Vorgänge gibt, bei denen eine Fortpflanzung der Wellen durch ein kugelförmiges Hindernis gestört wird und die mathematisch als diesem Problem gleichwertig betrachtet werden müssen. Große Ähnlichkeit besteht insbesondere mit den Lichterscheinungen, die zum Regenbogen führen. Das Verhältnis des Erdumfanges zur mittleren Wellenlänge der drahtlosen Wellen ist von derselben Größenordnung wie das Verhältnis des Umfanges der Regentropfen zur Wellenlänge des sichtbaren Lichtes. In beiden Fällen wird deshalb nur ein sehr kleiner Teil der Wellen um die Kugel gebogen. Beim Regenbogen entstehen aus einem einfallenden Lichtstrahl infolge der Reflexionen an der Innenseite der Oberfläche des Wassertropfens verschiedene Strahlen. Bei der Erde spielen die eindringenden Strahlen, da sie stark absorbiert werden, für das Feld am Empfangsort keine Rolle. Neben der direkten hat man es hier nur mit reflektierter Strahlung zu tun.

Bei der Auswertung der oben erwähnten Reihe von Kugelfunktionen sind zwei Fälle zu unterscheiden: 1. der Empfangspunkt liegt hinter dem optischen Horizont des Senders, 2. der Empfangspunkt liegt innerhalb der optischen Sicht. Im ersten Falle kann die Reihe in eine neue, viel rascher konvergierende umgewandelt werden und bei genügend großer Entfernung ist schon allein das erste Glied für die Berechnung ausreichend. Es lautet:

$$E = -\frac{300 \sqrt{P}}{D} f(\lambda, \sigma, \epsilon, D)$$

$E$  in mV/m  $P$  in kW  $D$  in km.

Der erste Faktor gibt die Feldstärke bei ebener und unendlich gut leitender Erde. Der Faktor  $f(\lambda, \sigma, \epsilon, D)$  beschreibt die Abweichungen, die durch die Kugelform der Erde und dadurch entstehen, daß die Erde nicht die gesamte auf sie fallende Strahlung reflektiert, sondern ein Teil der Strahlung zum Erdinnern gebrochen wird. Die Funktion  $f$  hat nach den Rechnungen der Verf. näherungsweise die Gestalt:

$$f(\lambda, \sigma, \epsilon, D) = 0,295 \frac{\sqrt{D}}{\lambda^{1/2}} \frac{e^{-0,0537 \cdot \beta \cdot D/\lambda^{1/2}}}{\sqrt{a^2 + \left(\beta - \frac{0,75 \cdot 10^{-9}}{\sigma \lambda^{5/2}}\right)^2}}$$

$a$  und  $\beta$  sind Funktionen von  $\lambda$  ( $\lambda$  in m) und  $\sigma$  ( $\sigma$  in EME).

1) B. van der Pol u. H. Bremmer, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 257; 13 S., 9 B.

Bei der Ableitung dieser Formel ist der Verschiebungsstrom gegenüber dem Leitungsstrom in der Erde vernachlässigt. Der Unterschied zwischen obiger Formel und der strengen Lösung bleibt jedoch innerhalb 10%, wenn

$$40 \lambda^{1/2} < D < 0,6 \cdot 10^{14} \sigma \lambda^{4/3} / \epsilon$$

und Sende- und Empfangspunkt sich beide am Boden befinden.

Wenn bei gleichbleibender Entfernung  $D$  des Senders und Empfängers einer von beiden oder beide zugleich erhöht werden, erhöht sich die Feldstärke näherungsweise um einen Faktor, der unabhängig von  $D$  ist und nur durch die Höhen von Sender und Empfänger über der Erde bestimmt wird. Für größere Entfernungen ist das Verhältnis der Felder für erhöhten Sender und für einen Sender am Erdboden in erster Näherung unabhängig von der Entfernung  $D$ . Aus den wiedergegebenen Kurven geht ferner hervor, daß die Feldstärken in größerer Entfernung bei unendlicher Leitfähigkeit viel höher sind und viel weniger durch Erhöhung des Senders bzw. Empfängers beeinflusst werden.

Hinsichtlich des Einflusses des Horizontes zeigt sich, daß selbst bei ultrakurzen Wellen keine plötzliche starke Abnahme der Feldstärke eintritt, d. h. es besteht keine Schattenwirkung der Erde. Letztere macht sich erst bei cm-Wellen bemerkbar.

In Entfernungen der optischen Sicht errechnet man die Feldstärke, indem man zu der vom direkten Strahl herrührenden die des am Erdboden reflektierten Strahles hinzuaddiert. Für ebene Erde gilt:

$$\frac{E}{E_{pr}} = \left| 1 + R e^{2\pi i D/\lambda} \right|$$

Der komplexe Reflexionskoeffizient  $R$  ist für streifenden Einfall bei stark absorbierender Erde näherungsweise  $-1$ .  $D$  ist die Wegdifferenz zwischen direktem und reflektiertem Strahl. Für  $D = \lambda/2, 3\lambda/2, \dots$  erhält man Interferenzmaxima, für  $D = \lambda, 2\lambda, \dots$  Minima.

Berücksichtigt man die Kugelform der Erde, kann man aus der Reihe von Kugelfunktionen die geometrisch-optische Näherung zurückfinden in der Form:

$$\frac{E}{E_{pr}} = \left| 1 + \delta R' e^{2\pi i D/\lambda} \right|$$

Der Reflexionskoeffizient hat hier einen anderen Wert  $R'$ . Die Intensität der reflektierten Welle ist mit dem Divergenzfaktor  $\delta$  multipliziert. Dieser ist kleiner als 1 und gibt an, in welchem Maße die Streuung eines schmalen Strahlenbündels, das an der gekrümmten Erdoberfläche reflektiert wird, nach der Reflexion größer ist als die eines Bündels, das an derselben Stelle durch eine ebene Fläche reflektiert worden wäre.

Die Verfasser haben dem Bericht Kurven beigefügt, die die Ausbreitungsverhältnisse nach ihren Berechnungen bei verschiedenen Wellen zeigen, und zwar für die Konstanten  $\sigma = 4 \cdot 10^{-11}$ ,  $\epsilon = 80$  (Seewasser) und  $\sigma = 10^{-12}$ ,  $\epsilon = 4$  (Boden mittlerer Beschaffenheit). Im allgemeinen ist bei größerer Leitfähigkeit die Absorption geringer. Bei sehr langen Wellen kann sich, wie man aus den Kurven sieht, die Fortpflanzung bei besserer Leitfähigkeit ein wenig verschlechtern. Die Leitfähigkeit, die für große Entfernungen die beste Fortpflanzung ergibt, ist

$$\sigma = \frac{2,25 \cdot 10^{-7}}{\lambda^{5/2}}$$

B. Bn.

# Überschlag-Wechselspannungen und 50%-Überschlag-Stoßspannungen von Stabfunkenstrecken

Von P. Jacottet VDE, Berlin, und W. Weicker VDE, Hermsdorf/Thür.

DK 621.317.728.015.33

**Übersicht.** Um einheitliche Grundlagen für Hochspannungsversuche zu schaffen, werden für die Anordnung Spitze—geerdete Spitze sowie Spitze—geerdete Platte auf deutsche Luftverhältnisse bezogene, ausgeglichene Werte der Überschlag-Wechselspannung und der 50 %-Überschlag-Stoßspannung (für die Wellenformen 1|50 bzw. 1|5 beider Polaritäten) in Abhängigkeit von der Schlagweite mitgeteilt.

der bedeutendsten amerikanischen Werke vereinheitlichten Überschlagswerte als die zur Zeit beste und über das größte Schlagweitengebiet reichende Unterlage. Da-

Für die Kenntnis des grundsätzlichen Überschlagsverhaltens technischer Anordnungen wie von Isolatoren aller Art, insbesondere von Stützern und Durchführungen, Freileitungskettenisolatoren sowie von Parallelfunkenstrecken ist es erwünscht, für eine bestimmte Schlagweite nicht nur die Höhe der Überschlag-Wechselspannung, sondern zum mindesten auch der 50 %- Überschlag-Stoßspannung (für bestimmte Wellenformen) abschätzen zu können, und zwar für beide Polaritäten und betriebsmäßige Verhältnisse, d. h. bei einpoliger Erdung. Da das Überschlagsverhalten der oben genannten Geräte und Isolatoren im allgemeinen den Entladungsvorgängen an den beiden grundsätzlichen Anordnungen „isolierte Spitze — geerdete Spitze“ bzw. „isolierte Spitze — geerdete Platte“ entspricht, gestattet die Kenntnis der Überschlagswerte für diese beiden Anordnungen in Abhängigkeit von der Schlagweite bereits wertvolle Schlußfolgerungen. Zu diesem Zwecke wurde das umfangreiche darüber bestehende Schrifttum<sup>1)</sup> genau gesichtet und die darin enthaltenen Überschlagswerte miteinander verglichen.

Für die Anordnung Spitze — geerdete Spitze erwiesen sich die von dem EEI-NEMA-Ausschuß<sup>2)</sup> auf Grund von Messungen der Versuchsfelder von fünf

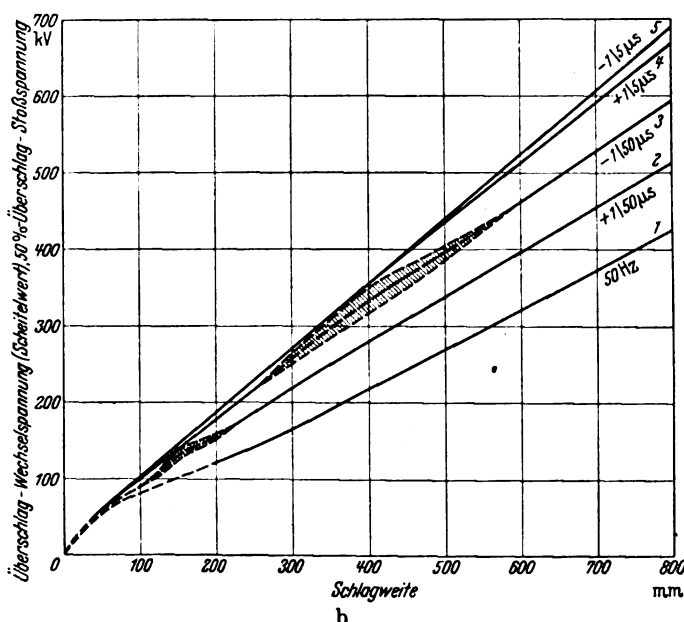
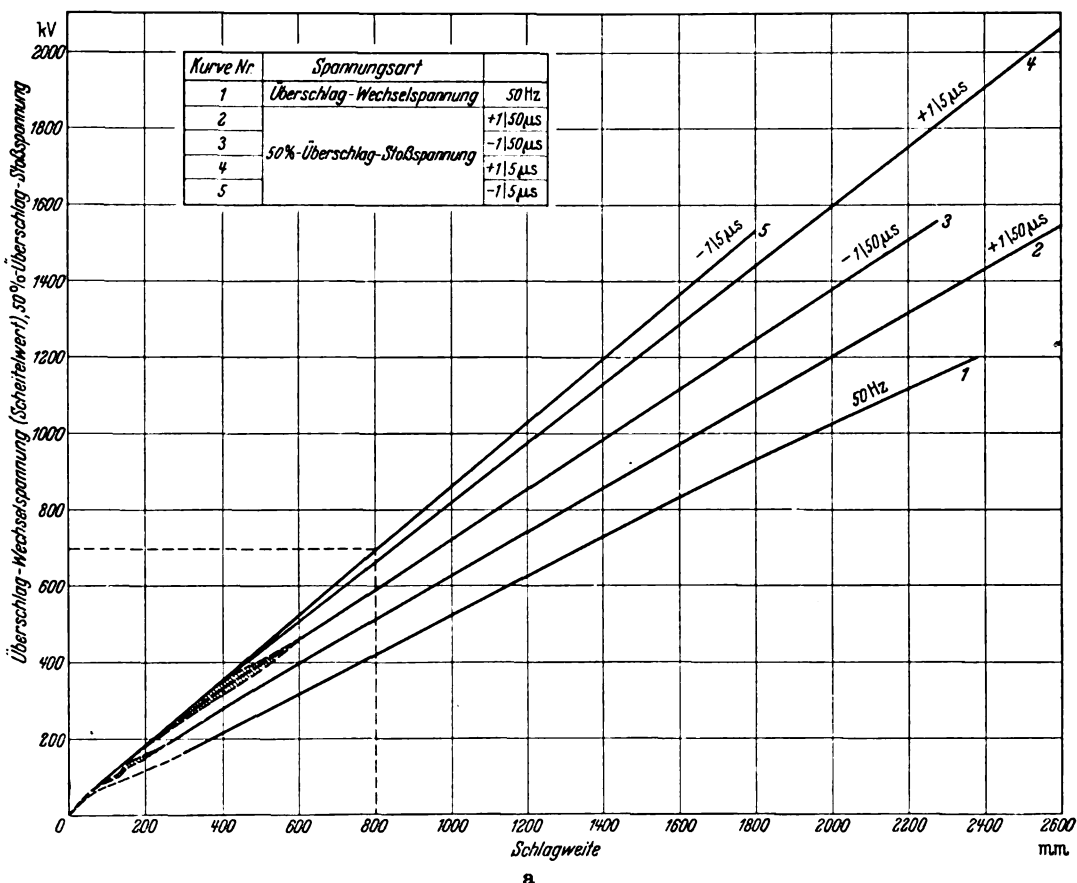


Bild 1 a und b. Überschlag-Wechselspannung und 50 %-Überschlag-Stoßspannung der Anordnung Spitze—geerdete Spitze, bezogen auf 20 ° C, 760 Torr, 11 g/m<sup>3</sup>. (Schraffur: Übergangsgebiet zwischen Glimmgrenz- und Büschelgrenzspannung.)

1) a) American Institute of Electrical Engineers (AIEE), Electr. Engng. 53 (1934) S. 882.  
 b) F. L. Bellaachi und W. L. Teague, Electr. Engng. 53 (1934) S. 1638.  
 c) P. Jacottet, ETZ 58 (1937) S. 628, dort weiterer Schrifttumsnachweis.  
 d) Edison Electric Institute — National Electrical Manufacturers Association (EEI-NEMA), Electr. Engng. 56 (1937) S. 712, Tafel II und III.  
 e) P. Jacottet und W. Weicker, ETZ 59 (1938) S. 366, dort weiterer Schrifttumsnachweis.  
 2) Siehe Fußnote 1) d.

her wurde die in Fußnote 1) d erwähnte Arbeit der vorliegenden Zusammenstellung zugrunde gelegt, nachdem durch andere, auch deutsche Arbeiten bestätigte Kurvenverlauf der Überschlagnspannung abhängig von der Schlagweite teilweise noch etwas ausgeglichen worden war. Außerdem wurden die Überschlagnwerte (Überschlagn-Wechselspannung, 50%-Überschlagn-Stoßspannung<sup>2)</sup> beider Polaritäten für die Stoßspannung 1|50<sup>4)</sup> und 1|5) auf deutsche und auch international angenommene normale Luftverhältnisse (Temperatur  $t = 20^\circ \text{C}$ , Luftdruck  $b = 760 \text{ Torr}$ , absolute Luftfeuchtigkeit  $f = 11 \text{ g/m}^3$ ) umgerechnet<sup>5)</sup>.

Für die Anordnung Spitze-geerdete Platte, für die nur wenige Untersuchungen vorliegen, wurde die in Fußnote 1) b erwähnte Arbeit zugrunde gelegt. Die dort angegebenen Überschlagnwerte (Überschlagn-Wechselspannung, 50%-Überschlagn-Stoßspannung beider Polaritäten für die Stoßspannung 1|50<sup>4)</sup>) wurden mit Hilfe der gleichen Umrechnungsfaktoren<sup>5)</sup> wie für die Anordnung

Spitze-geerdete Spitze auf deutsche Luftverhältnisse umgerechnet.

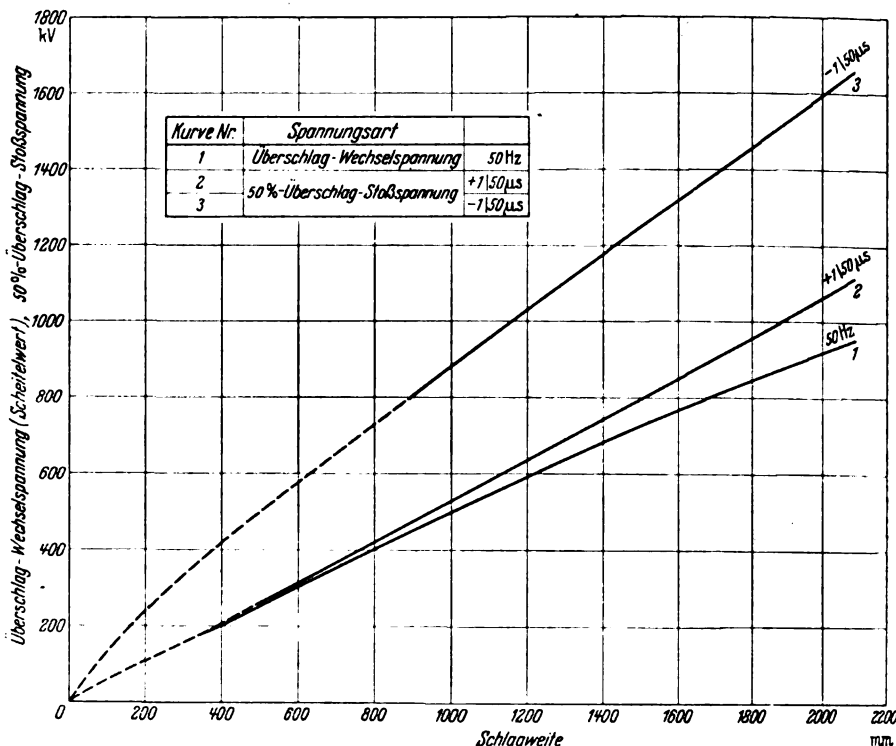


Bild 2. Überschlagn-Wechselspannung und 50%-Überschlagn-Stoßspannung der Anordnung Spitze-geerdete Platte, bezogen auf 20° C, 760 Torr, 11 g/m<sup>3</sup>.

3) Wegen der Bezeichnung 50%-Überschlagn-Stoßspannung (früher Mindest-Stoßüberschlagnspannung) und der Kurzbezeichnung der normierten Stoßspannungen (1|50 bzw. 1|5) siehe ETZ 60 (1939) S. 870, 874 und 1372 sowie VDE 0450/XI. 39.

4) Die bei der amerikanischen Stoßspannung 1,5|40 gemessene 50%-Überschlagn-Stoßspannung wurde auch für die VDE = IEC-Stoßspannung 1|50 als geltend vorausgesetzt.

5) Vgl. ETZ 59 (1938) S. 366, Abb. 8. Dabei wurde allerdings in Übereinstimmung mit den Festlegungen der IEC für die prozentuale Änderung der Überschlagnspannung mit der absoluten Luftfeuchtigkeit bei Stoßspannungen negativer Polarität nicht 80%, sondern 85% der für positive Stoßspannung gültigen Feuchtigkeitskorrektur zugrunde gelegt.

Die Überschlagnwerte wurden in Tafel I sowie in Bild 1 und 2 in Abhängigkeit von der Schlagweite aufgetragen. Die hier angegebenen Mittelwerte gelten bei der Anordnung Spitze-geerdete Spitze mit einer Toleranz von etwa  $\pm 8\%$ , während bei der stark polaritätsempfindlichen Anordnung Spitze-geerdete Platte und wegen der hierfür vorliegenden spärlicheren Meßergebnisse eine größere Ungenauigkeit in Kauf genommen werden muß.

Tafel I. Mittelwerte für die Überschlagn-Wechselspannungen und 50%-Überschlagn-Stoßspannungen der Anordnungen Spitze-geerdete Spitze und Spitze-geerdete Platte<sup>1)</sup>

Schlagweite mm	Überschlagn-Wechselspannung (Scheitelwert) kV	Spitze-geerdete Spitze				Spitze-geerdete Platte <sup>2)</sup>		
		50%-Überschlagn-Stoßspannung				Überschlagn-Wechselspannung (Scheitelwert) kV	50%-Überschlagn-Stoßspannung	
		Stoßspannung 1 50 positiv kV		Stoßspannung 1 5 negativ kV			Stoßspannung 1 50 positiv kV	Stoßspannung negativ kV
25	32	38	38	38	38			
50	55	60	62	62	62			
75	70	75	82	82	82			
100	81	91	101	103	103			
150	101	131	139	145	145	60	60	135
200	121	157	178	186	186			
250	143	187	217	228	228	110	110	240
300	165	219	257	271	271			
350	191	250	298	313	313	155	155	335
400	218	280	334	355	355	205	210	420
450	244	309	365	395	397			
500	270	338	395	435	440	255	265	500
600	321	396	462	514	523	305	315	580
700	373	455	528	592	607	355	370	655
800	425	515	590	665	690	405	420	730
900	475	575	655	740	775	455	475	805
1000	525	630	720	820	860	500	530	880
1200	630	745	850	975	1025	595	635	1030
1400	730	860	980	1130	1195	650	740	1175
1600	830	975	1110	1285	1365	770	850	1320
1800	930	1085	1240	1440	1530*)	845	955	1460
2000	1025	1200	1370	1595		920	1060	1595
2200	1115	1315	1500	1750				
2400	1205*)	1430	1630*)	1905				
2600		1545*)		2060*)				

1) Bezogen auf eine Temperatur von  $t = 20^\circ \text{C}$ , einen Luftdruck von  $b = 760 \text{ Torr}$  und eine absolute Luftfeuchtigkeit von  $f = 11 \text{ g/m}^3$ .

2) Mit Rücksicht auf die geringere Genauigkeit der vorliegenden Werte für die Überschlagnspannungen der Anordnung Spitze-geerdete Platte wurden die Überschlagnwerte im unteren Schlagweitenbereich nur in Abständen von jeweils 100 mm angegeben. Außerdem wurden alle Überschlagnwerte auf 5 kV abgerundet.

\*) Extrapolierte Werte.

## Thermokreuzwattmeter zur Messung an Gasentladungslampen

Von J. Kühne, Berlin

**Übersicht.** Thermokreuzwattmeter sind durch ihren niedrigen Eigenverbrauch, ihre Frequenzunabhängigkeit und Empfindlichkeit besonders für die Messung an Gasentladungslampen geeignet, wenn nicht eine höhere Meßgenauigkeit als  $\pm 1,5\%$  gefordert wird. Es werden zwei Ausführungsformen beschrieben.

### Anforderungen an Meßgeräte für Gasentladungslampen

Spannungs- und wattmetrische Messungen an Gasentladungslampen erfordern Meßgeräte, die neben einer Effektivwertmessung des nicht sinusförmigen Spannungsverlaufes an der Entladungsstrecke besonders die Bedingung erfüllen, daß der Meßstrom erheblich geringer ist als der Lampenstrom. Sobald nämlich der Widerstand im Meßkreis vergleichbar wird mit dem inneren Widerstand der Entladung oder sogar den Lampenwiderstand unterschreitet, tritt infolge Herabsetzung der Wiederzündspannung eine Verminderung und damit Verfälschung des Lichtstromes ein. Für die fehlerfreie Spannungsmessung hat man in den elektrostatischen Voltmetern ein Meßinstrument, das zwar in seiner Handhabung nicht sehr bequem ist, aber in bezug auf Genauigkeit und Empfindlichkeit genügt. Für die Leistungsmessung an Gasentladungslampen und besonders an Niederdruckröhren mit ihrem hohen Innenwiderstand gibt es nur eine Art von Wattmetern, nämlich die thermoelektrischen<sup>1)2)</sup>, wenn man Schaltungen mit Röhren wegen ihres hohen Aufwandes außer Betracht läßt. Dynamometrische Meßgeräte scheiden aus zwei Gründen aus; selbst Sonderausführungen mit Bandaufhängung haben im Spannungspfad einen zu hohen Eigenverbrauch (siehe Tafel 1 am Schluß der Arbeit). Ferner besitzen sie eine zu starke Frequenzabhängigkeit. Das spielt jedoch beim Betrieb mit 50 Hz keine so große Rolle, weil der praktische Anteil an Oberwellen<sup>3)</sup> nicht so hoch ist, daß er ins Gewicht fällt.

### Besonderheiten thermoelektrischer Leistungsmesser

Thermoelektrische Wattmeter erfüllen schon grundsätzlich alle bei derartigen Messungen gestellten Bedingungen. Die Erwärmung des Heizdrahtes ist eine Funktion des Effektivwertes des Stromes, daher wird mit ihnen eine richtige Effektivwertmessung vorgenommen. Der ganze Meßkreis besteht aus rein ohmschen Widerständen und ist daher frequenzunabhängig bis zu Frequenzen, wo die Selbstinduktionen und Kapazitäten der Widerstände anfangen, wirksam zu werden. Der geringe Eigenverbrauch ist nur eine Frage der Empfindlichkeit des Millivoltmeters, das zur Anwendung kommt; schon mit den gebräuchlichen Lichtmarkeninstrumenten werden ausreichende Empfindlichkeiten erzielt.

#### a) Meßverfahren

Das Meßverfahren der Thermokreuzwattmeter ist folgendes. Die Produktbildung von Strom und Spannung erfolgt nach dem arithmetischen Schema:

$$(i + i')^2 - (i - i')^2 = 4 i i' \quad (1)$$

Dabei entspricht  $i$  einer dem Strom und  $i'$  einer der Spannung proportionalen Größe. Die Schaltung des Watt-

meters ist also eine nach Gl. (1) geeignete Stromverzweigung zur Bildung der Summe und der Differenzen, während die Quadrierung der Klammerausdrücke elektrisch

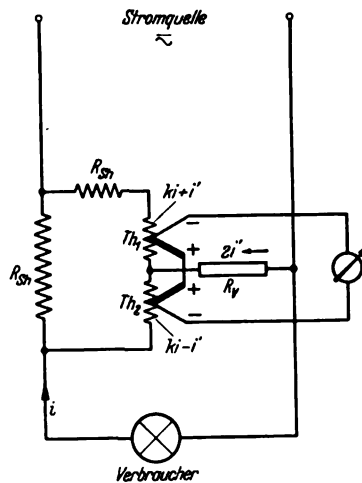


Bild 1. Grundsaltung des Thermokreuzwattmeters.

wird und mehrere Meßbereiche hat.

#### b) Meßschaltung

Nach Bild 1 soll der Strom durch den Verbraucher mit  $i$  und ein der Verbraucherspannung proportionaler Strom mit  $2i'$  bezeichnet werden. Es fließt dann infolge des



Bild 2. Thermoelektrischer Leistungsmesser mit Lichtmarkenmeßgerät.

Parallelwiderstandes  $R_{Sk}$  durch die beiden Widerstände  $Th_1$  und  $Th_2$  der anteilige Strom  $k \cdot i$ , wobei  $k$  eine Konstante ist, deren Größe durch das Thermokreuz und den zu messenden Strom bestimmt ist. Wenn  $Th_1$  gleich  $Th_2$  ist, halbiert sich der Strom  $2i'$ , so daß also durch die beiden Widerstände  $Th_1$  und  $Th_2$  die Ströme  $(ki + i')$  bzw.  $(ki - i')$  fließen. In der praktischen Ausführung

1) W. Bader, Arch. Elektrotechn. 29 (1935) S. 809.  
 2) J. Fischer, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 242.  
 3) H. Strauch, Arch. Elektrotechn. 33 (1939) S. 435.

sind die Widerstände  $Th_1$  und  $Th_2$  die Heizdrähte von Thermokreuzen. An den beiden Thermokreuzen entstehen dann zwei Thermospannungen, die den Quadraten der durch sie fließenden Ströme verhältnisgleich sind:

$$E_{Th_1} \sim (k i + i)^2$$

und

$$E_{Th_2} \sim (k i - i)^2.$$



Bild 3. Zusatzgerät für mehrere Meßbereiche.

Schaltet man die Thermospannungen entsprechend Gl. (1) gegeneinander, so erhält man das geforderte elektrische Schaltbild und damit die Lösung von Gl. (1).

### c) Bemessung

In der praktischen Ausführung der Schaltung werden die in dieser Schaltung angegebenen Widerstände  $R_{SA}$  und  $R_v$  nach den Vorschriften bemessen, wie sie im Aufsatz von Bader angegeben werden. Um ein Beispiel anzuführen, erhält man bei Verwendung eines Thermokreuzes von 2,5 mA Heizstrom bei einer Thermospannung von 6 mV und eines Lichtmarkengalvanometers von 1 mV Vollausschlag und einem Gesamtwiderstand von 30  $\Omega$  folgende Verbrauchswerte:

Stromverbrauch im Spannungspfad . . . . . 1 mA  
 Spannungsabfall im Strompfad . . . . . 500 mV  
 erzeugte Thermospannung bei Vollausschlag 1 mV.

Außer diesen Widerständen enthält die Schaltung zwei Korrektionsglieder, mit denen die Kennlinien der Thermokreuzen aufeinandergelegt werden und eine fehlerfreie wattmetrische Anzeige bewirkt wird. Der eine Korrektionswiderstand liegt in Reihe mit den Thermokreuzen und  $R_{SA}$ , während der andere das empfindlichere Thermokreuz überbrückt. Da die Empfindlichkeit des Instrumentes dem Eigenverbrauch im Strom- und Spannungspfad umgekehrt proportional ist, ist es zweckmäßig, Thermokreuz mit möglichst geringem Stromverbrauch zu verwenden. Es wurden daher Thermokreuz mit 2,5 mA Stromverbrauch bei einer erzeugten EMK von 6 mV benutzt. Das angeschlossene Millivoltmeter soll ebenfalls so empfindlich wie möglich sein, weil die Thermokreuz nur im unteren Teil ihrer Kennlinie streng quadratisch arbeiten; das bedeutet aber, daß für die Benutzung als Thermokreuzwattmeter die vom Hersteller für den Sollstrom angegebene erzeugte Thermospannung bei weitem nicht ausgenutzt werden kann. Bei den benutzten Millivoltmetern arbeiteten wir mit etwa  $\frac{1}{5}$  der Nennthermospannung, die sie erzeugen können, und entsprechend geringerem Heizstrom.

### d) Anzeigegerät und Empfindlichkeit

Da die Thermokreuz gegeneinander geschaltet werden, ist der Einfluß der Außentemperatur gering und liegt innerhalb des angegebenen Meßfehlers. Als Anzeigegeräte werden vorzugsweise Lichtmarkenmillivoltmeter genommen. Die Empfindlichkeit des Wattmeters ist naturgemäß auch von der Empfindlichkeit des verwendeten Millivoltmeters abhängig, da der Eigenverbrauch im Strom- und Spannungspfad sich nach der Höhe der zu erzeugenden Thermospannung richtet.

Gegen Überlastung ist das Wattmeter als ein Thermokreuzinstrument verhältnismäßig unempfindlich. Jeder der beiden Pfade darf unter den angegebenen Bedingungen für sich um etwa 200 % überlastet werden. Trotzdem empfiehlt es sich, mit Hilfe eines geeigneten Schalters das Meßgerät nur für den Augenblick der Messung einzuschalten, wenn man Stromkreise mit Drosseln und Transformatoren hat, weil die Einschaltströme und die Extraspannungen den Überlastungsbereich bei weitem übertreffen können.

### Vergleich verschiedener Leistungsmesser

Zum Vergleich der Eigenschaften eines solchen Thermokreuzwattmeters mit denen handelsüblicher elektrodynamischer Leistungsmesser sind in der folgenden Tafel 1 die wichtigsten Kenngrößen für drei verschiedene Wattmeter zusammengestellt. Das erste Meßgerät ist ein Präzisionswattmeter, das zweite ein für die Messung von Gasentladungslampen entwickeltes astatiches Wattmeter, das dritte ein Thermokreuzwattmeter in Verbindung mit einem höchstempfindlichen Lichtmarkenmillivoltmeter (34  $\Omega$ , 0,4 mV).

Tafel 1. Vergleich verschiedener Leistungsmesser.

	Präzisions- Wattmeter	astatisches Wattmeter	Thermokreuz- Wattmeter
$f_{max}$ (Hz)	80	500	> 10 000
$E_{str}$ (V)	5	0,5	0,4
$I_{spg}$ (mA)	33	3	0,5
$E_{min}$ (V)	30	30	1
$I_{min}$ (A)	3	1	0,01
$N_{min}$ (W)	90	30	0,01
$F_{max}$ %	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 1,5$

In Tafel 1 bedeutet:

$f_{max}$  die Grenzfrequenz, bei der der Meßfehler gerade noch innerhalb der angegebenen Grenzen liegt,  
 $E_{str}$  den Spannungsabfall im Strompfad,  
 $I_{spg}$  den Stromverbrauch im Spannungspfad,  
 $E_{min}$  die kleinste direkt zu messende Spannung,  
 $I_{min}$  den kleinsten direkt zu messenden Strom,  
 $N_{min}$  das Produkt aus  $E_{min}$  und  $I_{min}$ , d.h. also die kleinste bei Vollausschlag zu messende Leistung,  
 $F_{max}$  den größten Fehler in % vom Endausschlag.

Man sieht aus Tafel 1, daß das Thermokreuzwattmeter zwar einen größeren Meßfehler hat, sobald es sich aber um die Messung kleiner Leistungen handelt, den anderen erheblich überlegen ist; auch liegt es in bezug auf Grenzfrequenz und niedrigen Eigenverbrauch sehr günstig. Die Grenzfrequenz läßt sich bei geeigneter Ausführung sicher noch weiter nach oben verschieben, so daß das Instrument dann auch für Hochfrequenzmessungen, z. B. für Hochfrequenzwirkleistungsmesser, geeignet ist.

### Zusammenfassung

Nach Erörterung der Besonderheiten bei der Leistungsmessung an Gasentladungslampen wird die Arbeitsweise und technische Ausführungsformen von Thermokreuzen beschrieben, die infolge ihrer Empfindlichkeit, Frequenzunabhängigkeit und der Mittelwertbildung im Heizdraht besonders für derartige Messungen geeignet sind.

## Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen

VDE-Ausschuß für Drähte und Kabel

### VDE 0250 Ue/V. 40

6. Änderung der ab 15. Oktober 1936 gültigen Fassung

Gültig ab 20. Juni 1940<sup>1)</sup>.

#### § 16

Mittlere Gummischlauchleitungen

Verwendung: Zum Anschluß von Küchen- und Werkstattgeräten.

Bezeichnung: NMH (UV).

Nennspannung: Querschnitte von 0,75 bis 1,5 mm<sup>2</sup> 250 V  
Querschnitte von 2,5 bis 6 mm<sup>2</sup> 750 V

Gummischlauchleitungen NMH (UV) sind mit mehrdrähtigen Kupferleitern in Nennquerschnitten von 0,75 bis 6 mm<sup>2</sup> als Ein- bis Fünffachleitungen zulässig. Der Durchmesser der Einzeldrähte darf bei 0,75 mm<sup>2</sup> höchstens 0,15 mm, bei 1 mm<sup>2</sup> höchstens 0,20 mm, bei 1,5 und 2,5 mm<sup>2</sup> höchstens 0,25 mm und bei 4 und 6 mm<sup>2</sup> höchstens 0,3 mm sein.

Die Wanddicke der Gummihülle muß den Werten in § 6, Tafel I entsprechen. Für den Nennquerschnitt von 0,75 mm<sup>2</sup> muß die Wanddicke 0,8 mm sein. Über der Gummihülle befindet sich bei den Querschnitten von 2,5 bis 6 mm<sup>2</sup> ein gummiertes, gewebtes Band.

Bei einadrigen Leitungen ist die Ader mit einem Gummimantel umpreßt. Bei zwei- und mehradrigen Leitungen sind die Adern verseilt und mit einem alle Hohlräume ausfüllenden Gummimantel umpreßt.

Tafel VII.

Kupfer-Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	Wanddicke der Gummimäntel				
	NMH (UV)		NSH (UV)		
	einadrig mm	mehradrig mm	einadrig mm	Innenmantel mm	Außenmantel mm
0,75	0,8	0,8	—	—	—
1	1	1	—	—	—
1,5	1	1,2	1,6	1	1,6
2,5	1	1,5	2	1,2	2
4	1,2	1,5	2	1,2	2
6	1,2	1,7	2	1,2	2
10	—	—	2,2	1,4	2,2
16	—	—	2,5	1,5	2,5
25	—	—	2,8	1,6	2,8
35	—	—	2,8	1,8	2,8
50	—	—	3,2	2	3,2
70	—	—	3,2	2	3,2

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1940.

DK 621.315.3(083.133.3)

Für die Wanddicke der Gummimäntel gilt Tafel VII in § 17.

Für die äußeren Durchmesser der Gummischlauchleitungen gilt Tafel VIII in § 17.

Tafel VIII. Außendurchmesser der Gummischlauchleitungen.

1	2	3	1	3
Kupfer-Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	NMH (UV) NSH (UV) etwa mm etwa mm		Kupfer-Nennquerschnitt mm <sup>2</sup>	NSH (UV) etwa mm
1 × 0,75	4,5	—	1 × 10	13,5
2 × 0,75	7,5	—	2 × 10	24
3 × 0,75	8	—	3 × 10	25
4 × 0,75	9	—	4 × 10	27
5 × 0,75	10,5	—	—	—
1 × 1	5	—	1 × 16	14,5
2 × 1	8,5	—	2 × 16	27
3 × 1	9	—	3 × 16	28
4 × 1	9,5	—	4 × 16	30
5 × 1	11	—	1 × 25	17,5
—	—	—	2 × 25	31
1 × 1,5	5,5	8,5	3 × 25	33
2 × 1,5	9,5	13,5	4 × 25	36
3 × 1,5	10	14,5	—	—
4 × 1,5	11	15,5	1 × 35	19,5
5 × 1,5	12	—	2 × 35	35
—	—	—	3 × 35	37
1 × 2,5	6,5	9	4 × 35	40
2 × 2,5	12	16	—	—
3 × 2,5	12,5	17	1 × 50	22
4 × 2,5	14	18	2 × 50	41
5 × 2,5	15,5	—	3 × 50	43
—	—	—	4 × 50	47
1 × 4	7,5	10	—	—
2 × 4	13,5	17,5	1 × 70	24
3 × 4	14,5	18	2 × 70	44
4 × 4	15,5	19,5	3 × 70	47
5 × 4	17	—	4 × 70	51
—	—	—	—	—
1 × 6	8,5	11	—	—
2 × 6	16	20	—	—
3 × 6	17	21	—	—
4 × 6	18,5	22	—	—
5 × 6	20,5	—	—	—

#### § 17

Starke Gummischlauchleitungen

Die Tafeln VII und VIII erhalten folgende neue Fassung:

Der letzte Absatz ist wie folgt zu ändern:

NMH (UV)-Leitungen von 0,75 bis 1,5 mm<sup>2</sup> Nennquerschnitt sind wie NGA (UV)-Leitungen (§ 6, letzter Absatz) zu prüfen, NMH (UV)-Leitungen von 2,5 bis 6 mm<sup>2</sup> Nennquerschnitt und NSH (UV)-Leitungen sind mit 3 kV Wechselspannung zu prüfen.

## „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren“ VDE 0448

VDE-Ausschuß für Isolatoren

### VDE 0448/V. 40

DK 621.315.62.001.4(083.133.3)

#### § 2

Geltungsbereich

Der bisherige zweite Satz wird durch folgende Fassung ersetzt:

„Sie sind maßgebend für die Neuentwicklung von Isolatoren mit vergrößertem Oberflächenweg und besonders ausgebildeten Schirmen (Nebelisolatoren). Prüfungen nach diesen Leitsätzen können als Typenprüfungen bei Abnahmeversuchen nicht verlangt werden.“

Abweichungen des endgültigen Wortlautes gegenüber dem in ETZ 60 (1939) H. 39, S. 1147 veröffentlichten Entwurf.

#### § 1

Geltungsbereich

Diese Leitsätze treten am 1. Juli 1940 in Kraft<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Mai 1940.



## § 3

## Verschmutzungszustand

- a) In der ersten und zweiten Zeile wird das Wort „gesäubert“ durch „gereinigt“ ersetzt.  
d) Dieser Absatz wird gestrichen.

## § 6

## Säuberung

In der dritten Zeile werden die Worte „zu säubern, von Fett zu befreien“ ersetzt durch:  
„von Fett und Schmutz zu befreien“.

## § 7

## Abkühlung

Der letzte Satz erhält die Fassung:

„Zur Aufnahme eines Thermometers sind diese Probekörper mit einer radialen Bohrung von etwa 10 mm Dmr. zu versehen, die gut wärmeisolierend abzuschließen ist.“

## § 8

## Vernebelung

In der ersten Zeile wird das Wort „unterkühlten“ durch „abgekühlten“ ersetzt.

Der erste Satz des zweiten Absatzes wird an den ersten Absatz angeschlossen.

Das erste Wort der drittletzten Zeile „wird“ soll durch „ist“ ersetzt werden.

## § 9

## Verschmutzung

In der dritten und vierten Zeile des zweiten Absatzes soll der Inhalt der Klammer lauten:

„(lichte Maschenweite  $l = 0,20$  mm)“

In der dritten Zeile des dritten Absatzes wird das letzte Wort „etwa“ gestrichen.

In der ersten Zeile des vierten Absatzes wird „Verschmutzungsstaub“ durch „Staub“ ersetzt.

In der letzten Zeile des vierten Absatzes wird „Beanspruchung“ durch „Spannung“ ersetzt.

## § 10

## Bestimmung der Nebelüberschlagsspannung

Der zweite Satz des ersten Absatzes erhält die Fassung:

„Nach Erreichen des Vollbelages ist, während sich der Isolator noch in der Nebelkammer befindet, Spannung anzulegen. Diese ist so schnell, wie es die Ablesegenauigkeit gestattet, mindestens aber um 5 kV/s, bis zum Überschlag zu steigern.“

## § 11

## Prüftransformator und Spannungsmessung

Im zweiten Absatz wird vor dem letzten Wort eingefügt:  
„des Prüftransformators“.

## § 12

## Mindestwert der Nebelüberschlagsspannung bei mehrfacher Verschmutzung

Die ersten Worte des zweiten Absatzes lauten:

„Der Tiefstwert der Nebelüberschlagsspannung ...“

Löten von Leichtmetallen<sup>1)</sup>

DK 669.71 : 621.791.3

Es wurde in letzter Zeit durch Versuche festgestellt, daß das Löten von Leichtmetallen bei 300° C am besten gelingt. Bei einer derartigen Erwärmung reißt offenbar die hindernde Oxydschicht infolge von Wärmespannungen ein, das Lot hat dadurch die Möglichkeit einzudringen und mit dem reinen Aluminium eine Legierung zu bilden. Bei diesem Vorgang wird die Oxydschicht gewissermaßen von unten aufgespült und läßt sich leicht mit einem Lappen abreiben. Da beim praktischen Löten die Temperatur meist schlecht überwacht werden kann, ist es zweckmäßig, daß die Legierung, die sich zum Metallisieren von Aluminium eignen soll, einen Schmelzpunkt von 300° besitzt. Schmilzt diese Legierung auf dem erwärmten Aluminium, so ist damit die Gewähr für die richtige Löttemperatur gegeben. Bisher sind zum Teil Al-Lote mit hohen Zinn- und Kadmiumgehalten und mit einem Schmelzpunkt von 120 bis 200° als besonders günstig angeboten worden. Bei den damit gegebenen Löttemperaturen wird die Al-Oxydschicht nicht beeinträchtigt, es sei denn, daß das Lot weit über seinen Schmelzpunkt hinaus überhitzt wird. Will man mit diesen Loten arbeiten, so muß die Oxydhaut lediglich durch den Reibdruck zerstört werden, wobei das Al meist oberflächlich verletzt wird bzw. dünne Drähte zerreißen. Außerdem wird durch das Aufreiben allein eine allseitige Metallisierung kaum erreicht; es bleiben vielmehr oxydierte Stellen erhalten und die Lötung wird mangelhaft. Auch Lote, die ein großes Schmelzintervall besitzen, sind für Al-Lötungen ebenfalls weniger geeignet, da sie sich beim Löten lange im teigigen Zustand befinden. So entstehen dadurch leicht lose Lothüllen, die keine feste metallische Verbindung mit dem Al darstellen und die deshalb keine metallisch gute Grundlage ergeben, sondern beim Weiterarbeiten wieder wegschmelzen.

Außer den verschiedenen für den Lötvorgang wichtigen Gesichtspunkten ergaben sich für eine brauchbare Metallisierungslegierung noch folgende Voraussetzungen: möglichst

kleines Erstarrungsintervall, gutes Fließvermögen und hohe Legierungsfähigkeit mit den Grundmetallen. Ein solcher Werkstoff wurde in einer Legierung aus Zn, Cd, Sn, Al und P gefunden. Mit dieser Legierung ist ein einwandfreies Metallisieren von Al möglich, und schon einfaches Auftropfen des Metalls auf erwärmtes Al von 300° C führt zu festhaftenden Oberflächenschichten. Durch leichtes Aufreiben lassen sich dünne Schichten erzielen, die einer Kupferverzinnung ähneln und auf denen wie bei Kupfer mit normalem Zinnlot gearbeitet werden kann, so daß sich die Lötung von den üblichen Verhältnissen nicht unterscheidet. Die Weiterbearbeitung metallisierter Al-Flächen mit dem gleichen Metall ist nicht zu empfehlen, da für diesen Zweck die Temperatur von 300° zu hoch ist und außerdem das Fließen nicht ausreicht, ganz abgesehen davon, daß gewöhnliches Zinnlot erheblich billiger ist. Als Lötmetalle kommen Talg, Lötmetalle und Kolophonium in Frage. Lötmetalle dürfen nicht verwendet werden, da dieses die Metallisierungsschicht zersetzen würde. Wie festgestellt wurde, bindet die beschriebene Legierung auch auf Kupfer und Messing und bietet damit die Voraussetzung für Al-Cu-Lötverbindungen. Desgleichen lassen sich aushärtbare Al-Legierungen ohne Schwierigkeiten metallisieren. Müssen metallisierte Flächen längere Zeit bis zur Weiterverarbeitung lagern, so ist es zweckmäßig, sie zusätzlich sofort zu verzinnen. Die Zugfestigkeit des Werkstoffes beträgt wie bei allen derartigen Legierungen etwa 3 kg/mm<sup>2</sup>; durch entsprechende Überlappungen lassen sich aber Werte erzielen, die den Festigkeiten von ausgehärteten Al-Legierungen wenig nachstehen, wie ja Stumpflötungen überhaupt kaum ausgeführt werden. Die Korrosionsbeständigkeit der Legierung ist gut, was sich durch scharfe Prüfungen (Kochprobe) nachweisen ließ. Das gesamte Verfahren ist u. a. erfolgreich zum Auflöten von Kupferkontakten auf stromführende Leichtmetall-Gußteile und kann für Al-Muffenlötungen verwendet werden. Bei mehrmaligem Auf- und Abschmelzen der Lötplomben unter Verwendung von Talg erwiesen sich die einmal auf das Al aufgetragenen Metallisierungsschichten als absolut festhaftend. Sb.

1) R. Schulze, Aluminium 21 (1939) S. 710, 2 S., 2 B.

## RUNDSCHAU

### Elektrische Maschinen

DK 536.2 : 621.313.045

**Die Wirksamkeit von Kühlblechen bei Wicklungen elektrischer Maschinen.** [Nach F. Moeller, Elektrotechn. u. Masch.-Bau 57 (1939) S. 401; 6 S., 9 B.]

Zur Beurteilung der Zweckmäßigkeit und Wirksamkeit von Kühlblechen an Wicklungen wird zwischen der äußeren und inneren Wirksamkeit unterschieden. Wegen der Abnahme der Oberflächentemperatur längs eines Kühlbleches steigt die Wärmeabgabe mit zunehmender Länge immer weniger an. Um dieses zu berücksichtigen, wird das Verhältnis der schon früher benutzten Steglänge bei konstant gedachter Oberflächentemperatur zur tatsächlichen Steglänge als „äußere Wirksamkeit“ bezeichnet. Vollständig kann die Wärmeabfuhr aber erst durch die zusätzliche Berücksichtigung der „inneren Wirksamkeit“ beurteilt werden, die von der Möglichkeit des Überganges von Wärme aus der Wicklung in den Steg abhängt. Maßgebend ist hierfür die Temperaturverteilung innerhalb der ganzen zu kühlenden Anordnung, ferner die Lage des Kühlblechs zur Wicklung und der Wärmeübergangswiderstand zwischen heizender Wicklung und Kühlblech, endlich etwaige mittelbare oder unmittelbare Fremdheizung der Kühlbleche durch benachbarte weitere Wärmequellen.

Die durchgeführten Versuche bestätigten zunächst die Brauchbarkeit der von Richter in seinem Buch angegebenen Werte der Wärmeübergangszahl. Dann wurde die Kühlwirkung von Rippen an Kanalmodellen untersucht. Die Ergebnisse zeigten gute Übereinstimmung mit der Theorie. In den weiteren Versuchen wurde zuerst an einem Transformatormodell und endlich an der Polwicklung einer ausgeführten Gleichstrommaschine die Richtigkeit der angestellten Überlegungen über die äußere Wirksamkeit nachgewiesen. Es ergab sich, daß Kühlbleche selbst bei Scheibenspulen noch eine merkliche Herabsetzung der mittleren Wicklungstemperatur bewirken. *eb.*

### Geräte und Stromrichter

DK 621.318.42

**Berechnung von Drosseln mit geradem Eisenkern.** [Nach H. Scheller, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 6, S. 301; 33 S., 7 B.]

Eine einigermaßen vollständige Berechnung einer Drossel mit geradem Eisenkern war bisher nicht möglich wegen der Schwierigkeit der rechnerischen Erfassung der frei im Luftraum sich ausbreitenden magnetischen Flußlinien. In der vorliegenden Arbeit ist ein einfaches magnetisches Ersatzbild verwendet, bei dem die Flußlinien von der Seitenwand des Kernes radial durch die Luft bis zu einem magnetisch unendlich gut leitenden Hüllzylinder verlaufen, der die Drossel koaxial umgibt. Die aus dem Endquerschnitt des Kernes austretenden Flußlinien, die bei verhältnismäßig schlanken Kernen nur einen geringen Anteil am Gesamtfluß ausmachen, werden berücksichtigt, indem der Ersatzbildkern äquivalent verlängert wird durch Multiplikation der wirklichen Kernlänge mit einem zunächst unbekanntem „Endflächenfaktor“. Aus diesem Ersatzbild ist die Selbstinduktivität, der Eisenverlustwiderstand und die Zeitkonstante der Drossel mit geradem Kern berechnet.

Der in den Formeln für diese Größen enthaltene unbekanntete Radius des Hüllzylinders ist eliminiert mit Hilfe des ballistischen Entmagnetisierungsfaktors des Eisenkernes, welcher aus der Physik für gewisse Dimensionsbereiche der Drossel formelmäßig bekannt ist. Für die zweite unbekanntete Größe in den Formeln, den Endflächenfaktor, ist aus zahlreichen Messungen eine einfache Beziehung ermittelt zum Schlankheitsgrad des Kernes, d. i. das Verhältnis seiner Länge zu seinem Durchmesser.

Die Formeln gelten für Kerne von zylindrischer oder prismatischer Form, die von der Spule koaxial und symmetrisch sowie verhältnismäßig eng umschlossen werden. Der Kern kann beliebig lang bewickelt sein, wobei sich zeigt, daß die mittlere Windungsinduktivität bei ganz kurzer Spule etwa dreimal so groß ist wie bei einer Spule, die den Kern der ganzen Länge nach einschließt. Unterhalb eines Schlankheits-

grades von 5 werden die benutzten Formeln für den Entmagnetisierungsfaktor ungenau. Ferner muß der mittlere Windungsdurchmesser der Spule kleiner sein als ein Viertel der Eisenkernlänge. Diese Forderungen lassen sich praktisch leicht erfüllen.

Die Ergebnisse zahlreicher systematischer Messungen weichen von der Theorie innerhalb der obigen Dimensionsgrenzen nur um wenige Prozent ab, was für ein Entwurfsverfahren eine mehr als ausreichende Genauigkeit ist.

Aus den allgemeinen Formeln wird ein Entwurfsverfahren entwickelt, um für eine gegebene Zeitkonstante die Drossel geraden Eisenkernes mit geringstem Materialaufwand zu entwerfen, was von besonderer Bedeutung ist auf physikalisch-technischen Grenzgebieten, z. B. bei Verwendung der Drossel in Schwingungskreisen oder dergleichen. Aus Kurvenbildern der Beziehungen lassen sich die zu ermittelnden Größen ohne viel Rechenarbeit entnehmen.

Beim Vergleich mit der Drossel mit fast geschlossenem Eisenkern zeigt sich, daß die Drossel mit geradem Eisenkern von einer Zeitkonstante von 0,06 s an weniger Werkstoff erfordert als die Drossel mit fast geschlossenem Kern. Bei größeren Zeitkonstanten ist die Werkstoffersparnis sogar sehr erheblich. Es eröffnen sich damit für die Drossel mit geradem Kern neue Anwendungsmöglichkeiten dort, wo die magnetischen Streulinien in der Umgebung des Kernes nicht stören. Hinzu kommt der außerordentlich einfache Aufbau der Drossel mit geradem Kern, der besonders bei der Verwendung für Hochspannung von Vorteil ist.

### Meßgeräte und Meßverfahren

DK 537.742 : 621.314.222.3

**Über die Entkopplung zweier Meßkreise, insbesondere bei Spannungswandlern.** [Nach H. Poleck, Wiss. Veröff. Siemens-Werk 18 (1939) S. 137; 7 1/2 S., 4 B.]

In der Niederfrequenztechnik kommen bei Meßschaltungen und -geräten häufig gemischt galvanisch-induktive Kopplungen vor, die prinzipiell bedingt, aber unerwünscht sind. In dem

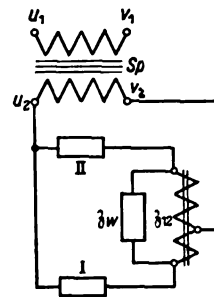


Bild 1. Meßschaltung mit Entkopplung der beiden Meßkreise.

besonderen Fall, wenn bei einem Spannungswandler zwei Meßgerätegruppen, nämlich eine (II) mit geringem Verbrauch, aber hoher Genauigkeit (z. B. Verrechnungszähler), und die andere (I) mit höherem Verbrauch, aber geringerer Genauigkeit (z. B. Schalttafelinstrumente), angeschlossen sind, ist der „Belastungsfehler“ der einen Gruppe auch für die andere maßgebend, da beide Meßkreise über den inneren Widerstand des Wandlers gekoppelt sind. Eine Steigerung der Meßleistung oder ein zweiter Meßwandler läßt sich bei Verwendung der neu angegebenen einfachen Entkopplungseinrichtung vermeiden. Diese spaltet den gemeinsamen Meßgeräteanschluß in zwei voneinander unabhängige mit verschiedener Klassengenauigkeit auf, wird niederspannungsseitig angeschlossen und besteht nach Bild I aus einem Wandler oder einer Drossel ( $z_{12}$ ) mit Anzapfung und einem Nebenwiderstand ( $z_{11}$ ). Mit einer solchen Schaltung gelingt es, in der Zuleitung zu  $v_2$  einen komplexen Widerstand  $z_E$  herzustellen, der gleich dem negativen inneren Wandlerwiderstand  $z_k$  ist. Der dadurch vergrößerte wirksame innere Widerstand des Wandlers ist dann für den Meßkreis I etwa gleich  $z_I = z_k : (1 - a)$  und den Meßkreis II etwa  $z_{II} = z_k \cdot a$ , wobei  $a$  das Verhältnis der Teilwindungszahl von  $z_{12}$  zwischen  $v_2$  und I zur Gesamtwindungszahl ist. Ein

Entkopplungswandler ohne Luftspalt erfordert einen komplexen Widerstand  $\beta_w$  mit gleicher Phase wie  $\beta_k$ , eine Entkopplungsdrossel mit Luftspalt dagegen nur einen ohmschen Widerstand  $R_w$ . Die erste Schaltung ist frequenzunabhängig, die zweite erfordert keine zusätzliche Drossel. Für beide Fälle wird die Berechnung des Entkopplers ( $\beta_w, \beta_{12}$ ) angegeben; im eingehender behandelten zweiten Fall sind näherungsweise auch der Einfluß der Wicklungswiderstände und Streuung der Drossel berücksichtigt. Hier können mittels einer besonderen Meßschaltung der Nebenschlußwiderstand und der Blindwiderstand der Drossel getrennt auf die benötigten Werte eingestellt werden; die gute Abgleichkonvergenz wird an einem Diagramm nachgewiesen. Versuchsergebnisse an Drosseln mit Kernen aus Dynamoblech oder aus 50% igem Nickleisen zeigen auf Grund von Fehlermessungen mit der Scheringbrücke den praktischen Wert der Entkopplung. Schließlich wird noch auf einige andere Anwendungsmöglichkeiten des Prinzips hingewiesen. *Sb.*

DK 621.317.79 : 621.314.2

**Trafo-Übersetzungsmesser.** [Nach A. Keller, Arch. techn. Messen 1939, T 122, Z. 931-1; 6 S., 10 B.]

Das Übersetzungsverhältnis von Transformatoren muß mit Rücksicht auf Parallellauf mit einer Genauigkeit von 0,3 bis 0,5% gemessen werden können. Dies ist nur mit einer Kompensationsmethode möglich. Es wird ein Übersetzungsmesser beschrieben, der es gestattet, mit Hilfe des 220 V-Netzes alle bei Transformatoren praktisch vorkommenden Übersetzungsverhältnisse zu messen. Der Transformator wird von seiner Oberspannungsseite mit 220 V erregt. Die Unterspannung wird dann gegen einen Spannungsteiler aus ohmschen Widerständen kompensiert. Als Nullinstrument dient ein Gleichrichter-Drehspulinstrument. Um den Spannungsteiler nur zu einem kleinen Teil stetig veränderlich machen zu müssen, wird die Unterspannung des Transformators über einen Hilfswandler mit vielen Anzapfungen auf einen bestimmten Wert transformiert. Dieser Hilfswandler hat ein auf 0,03% genau bekanntes Übersetzungsverhältnis und den sehr geringen Eigenverbrauch von 0,006 VA.

Für Transformatoren, deren Übersetzungsverhältnis kleiner ist als 2,08, ist ein zusätzlicher Wandler erforderlich, mit dem das Übersetzungsverhältnis verzehnfacht werden kann. Wenn Transformatoren mit einer Oberspannung von über 30 kV mit einer Genauigkeit von 0,3% gemessen werden sollen, so müssen sie mit einer höheren Spannung als 220 V erregt werden. Die Oberspannung ist dann für den Übersetzungsmesser durch einen weiteren zusätzlichen Wandler auf 220 V herabzusetzen. Die Meßeinrichtung ohne Zusatzwandler ist in einem handlichen Koffer mit einem Gewicht von 15 kg untergebracht. *Scha.*

DK 621.317.755.06

**Ein Elektronenschalter.** [Nach C. Dorsman u. S. L. de Bruin, Philips techn. Rdsch. 4 (1939) S. 280; 4 1/2 S., 13 B.]

Das beschriebene Gerät ist als Zusatz für mit Einstrahlröhren bestückte Kathodenstrahloszillographen gedacht und soll die gleichzeitige Darstellung des zeitlichen Ablaufes zweier Vorgänge auf dem Leuchtschirm ermöglichen. Grundsätzlich wird durch die Tätigkeit des Elektronenschalters erreicht, daß die beiden Meßgrößen  $V_A, V_B$  abwechselnd an die der Ablenkung in senkrechter Richtung dienenden Ablenkplatten der Kathodenstrahlröhre  $O$  gelangen, so daß der Strahl abwechselnd von der einen oder der anderen Meßgröße abgelenkt wird und damit periodisch zwischen den beiden Kurven hin und her springt (Bild 2). Die Umschaltfrequenz beträgt etwa 10 kHz. Liegen die Meßfrequenzen unter etwa 500 Hz, so werden daher für das Auge die an sich durch die stückweise Darstellung der Kurven gegebenen Unterbrechungen unsichtbar. Beide Kurven können nach Belieben mit gemeinsamer oder auch mit mehr oder weniger getrennter Nulllinie geschrieben werden. Das Gerät macht von vier Fünfpölröhren Gebrauch. Zwei dieser Röhren dienen der Verstärkung der beiden Meßgrößen und haben einen gemeinsamen Anodenwiderstand  $R_a$ , an dem dann die abwechselnd verstärkten Spannungen abgenommen und dem Ablenkplattenpaar des Oszillographen zugeführt werden. Die Schirmgitter  $S_A, S_B$  dieser Röhren werden durch die von einem Multivibrator gelieferten Schaltspannungen derart beeinflusst, daß beide Röhren abwechselnd gesperrt sind bzw. sich im normalen Betriebszustand befinden. Die weitgehend rechteckige Gestalt aufweisenden Umschaltspannungen werden von einem Multivibrator erzeugt, der in der Hauptsache aus zwei miteinander gekoppelten Fünfpölröhren besteht. Diese beiden Röhren beeinflussen sich über die Kopplungsglieder gegenseitig derart, daß sie abwechselnd gesperrt sind bzw. den vollen Anodenstrom führen. Die Kopplung erfolgt jeweils vom Schirmgitter

der einen auf das Steuergitter der anderen Röhre. Die Umschaltspannungen für die beiden geschalteten Röhren werden hingegen von den Anodenkreisen der Röhren des Multivibrators abgenommen. Diese Trennung hat den Vorteil, daß die von den gesteuerten Röhren zu verstärkenden Spannungen praktisch keinen Einfluß auf die Röhren des Multivibrators ausüben können. Die Zeitkonstante der Kopplungsglieder im Multivibrator ist derart bemessen, daß sich die oben angegebene Umschaltfrequenz ergibt. Höhere Schaltfrequenzen sind schwer nutzbringend zu verwirklichen, und zwar aus folgenden Gründen: Erstens wäre kaum die erforderliche rechteckige

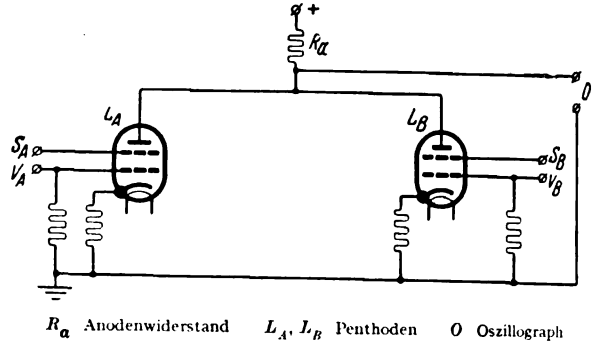


Bild 2. Schaltung für die gleichzeitige Abbildung des zeitlichen Verlaufes zweier verschiedener Spannungen  $V_1$  und  $V_2$ .

Kurvenform zu erzielen und zweitens muß der Oszillographen-Verstärker noch eine Schwingung von der Frequenz der gegebenen Umschaltfrequenz einwandfrei durchlassen. Dies bedeutet aber, daß der Verstärker auch noch Frequenzen, die um etwa zwei Größenordnungen über der Umschaltfrequenz liegen, möglichst ungeschwächt durchlassen muß. Wird dieser Forderung nicht genügt, so springt der Leuchtfleck nicht schnell genug zwischen den beiden Kurven hin und her. Bei einer oberen Grenzfrequenz des Oszillographen-Verstärkers von etwa  $10^6$  Hz ist daher eine Umschaltfrequenz von etwa  $10^4$  Hz kaum zu überschreiten.

Ann. d. Ber.: Wie Bericht an anderer Stelle<sup>1)</sup> dargelegt hat, sind bei der gewählten Umschaltfrequenz von 10 kHz die Unterbrechungen in den Kurven auch bei höheren Meßfrequenzen als 500 Hz nicht sichtbar, sofern bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind. Ohne Änderung der Umschaltfrequenz können u. U. selbst Hochfrequenzen noch oszillographiert werden, ohne daß die Unterbrechungen in den Kurven visuell oder im evtl. Lichtbild sichtbar werden. *Nag.*

**Elektrowärme**

DK 621.791.736 : 621.3.064

**Ignitron-Steuerung für Widerstandsschweißmaschinen.** [Nach Engineering 148 (1939) S. 239; 2 S., 8 B.]

Die Strom- und Zeitbemessung der Punkt- und Nahtschweißmaschinen mittels des durch Glühkathodenröhren gesteuerten Quecksilberdampfgleichrichters wurde durch Verwendung des Ignitrons weiterentwickelt. Dieses besteht aus einem Glas- oder wassergekühlten Stahlkolben mit der Quecksilberkathode und der festen Anode. In die Kathode taucht leicht die Zündelektrode ein; sie hat die Aufgabe, den Kathodenfleck für den Hauptstromdurchgang zu bilden. Die Zündelektrode (igniter) besteht aus einem Leiter geringen Leitvermögens (Siliziumkarbid u. ä.); ihr wird der Zündstrom nach Steuerung durch ein Glühkathodenrohr zugeleitet. Als Vorteil dieser Anordnung wird angegeben, daß der Kathodenfleck, da keine beweglichen Teile verwendet werden, in einigen Mikrosekunden entsteht und damit der von der Anodenspannung abhängige Hauptlichtbogen schnellstens folgt, außerdem die Zündung durch entsprechende Aussteuerung des Glühkathodenrohres in einem beliebigen Zeitpunkt der Wechselstromperiode vorgenommen werden kann. So soll man nicht nur jede beliebige Serie positiver Halbwellen und bei gegensinniger Parallelschaltung zweier Glühkathodenröhren eine bestimmte Anzahl ganzer Perioden auf den Schweißspanner geben, sondern auch durch Verzögerung des Zündpunktes jeden beliebigen Stromteil aus den Halbwellen herausausschneiden und damit die für die Schweißpunkte benötigte Wärmemenge einstellen können. Als weiterer Vorteil des Ignitrons wird angegeben, daß Rückzündung praktisch kaum vorkommt und daß die Stahlwandung des Kolbens nicht von der Kathode isoliert zu werden

<sup>1)</sup> Funk (1940) H. 1.

braucht, weil der feststehende Kathodenfleck dem Lichtbogen kein Herumwandern an der Wand gestattet. Da die relative Einschaltdauer beim Punktschweißen nur 10 bis 20% beträgt, kann mit dem Glaskolben-Ignitron eine verhältnismäßig starke Schweißmaschine gesteuert werden, bei Nahtschweißmaschinen mit einer relativen Einschaltdauer von 60 bis 80% muß allerdings bis 230 kVA die Bauart mit Stahlkolben verwendet werden. Ignitronsteuerungen werden für 220 bis 550 V bis 2400 kVA Spitzenleistung gebaut. Punktschweißmaschinen können mit dieser Steuerung bis 500 Schweißungen in der Minute, Nahtschweißmaschinen bis 1500 in der Minute erzielen, wobei stufenlos geregelt werden kann.

Der Grundgedanke der Ignitronsteuerung beruht darauf, daß die Spannung, die den Kathodenfleck an der Zündelektrode erregt, durch die Gitterladung des Glühkathodenrohres (Thyratron) zeitlich und in der Höhe bestimmt wird. Das Gitter liegt an der Spannung eines Hilfsumspanners, dessen Primärseite von einem Phasenschieber gespeist wird. Mit seiner Hilfe kann die Zündspannung zeitlich zum Phasenverlauf des Netzwechselstromes erheblich verschoben werden, etwa von  $45^\circ$  bis  $145^\circ$ , bezogen auf die Netzphase. Da der Hauptlichtbogen im Ignitron beim Nulldurchgang erlischt, werden somit  $135$  bis  $35^\circ$  der Halbperiode zum Schweißen verwendet und dadurch die größte und kleinste Schweißhitze eingestellt. Es werden 1 bis 3 Thyratrons bei der Ignitronsteuerung angewendet, je nach dem Zeitwert, Stromwert und Wahl der Halbwelle eingestellt werden sollen. Die dazu verwendeten Schaltungen sowie die nötigen Schaltgeräte und Schalttafeln sind nach unseren Anschauungen für den Schweißbetrieb reichlich verwickelt, so daß dieser Steuerung in Deutschland absichtlich weniger Aufmerksamkeit gewidmet wurde. *Wu.*

DK 621.791.76 : 621.3.064

**Vereinfachter Präzisions-Zeitschalter für Widerstandsschweißmaschinen.** [Nach F. H. Roby, Electr. Engng. 58 (1939) Transactions S. 528; 5 S., 12 B., Disk. 2 S. 1 B.]

Zeitschalter für Widerstands-Punktschweißung können auf elektromagnetischer, elektrostatischer oder mechanischer Wirkung beruhen; aber nur, wenn sie synchron (innerhalb einer Halbperiode) schalten, erhält man für höhere Ansprüche befriedigende Schweißleistungen. Von synchronen Zeitschaltungen sind die Steuerung mittels Elektronenröhren, die Kontaktgabe durch Synchronmotoren und die Impulsschaltung durch abgestufte Kondensatorladung bekannt. Diese Schaltungen sind teils teuer in Anschaffung und Unterhaltung, teils verwickelt und schwer einzustellen. Der Verfasser hält die von ihm beschriebene synchrone Zeitsteuerung für einfacher und billiger, sie besteht aus einem motorgetriebenen Zeitgeber und einem synchron gesteuerten magnetischen Schalter mit zwei getrennt arbeitenden Polen, von denen einer zum Schließen und der andere zum Unterbrechen des Arbeitsstromes dient. Die Magnetschalter sind hinsichtlich Selbstinduktionsstrom und Federkraft so berechnet, daß ihre Schaltzeit immer gleich bleibt. Der Öffnungspol zum Schweißstromunterbrechen ist selbst-synchronisiert, öffnet also beim Phasendurchgang durch Null. Funken- und Lichtbogenbildung beim Öffnen der Zeitschalterkontakte gibt einen ungenauen Abschluß der Schweißzeit und unsaubere Schweißung und muß auf alle Fälle vermieden werden. Das Synchronisieren der Schaltung auf  $\pm 10$  elektrische Grade (1 Periode =  $360^\circ$ ) wird im vorliegenden Falle dadurch erreicht, daß man Dämpfungsspulen auf den Arbeitspolen des Magnetschalters anbringt, die von einem kleinen Transformator parallel zum Schweißsumspanner gespeist werden; die Zeitkonstante dieser Synchronisierung kann durch Vorschaltwiderstand eingestellt werden. Mit den so entwickelten synchronisierten Magnetschaltern (Schützen) kann nun ein motorgetriebener Zeitgeber verbunden werden, der mit einer Nockenwelle Kontakt für den Vorbereitungsschalter, für den Ein- und für den Ausschalter gibt. Die Winklereinstellung zwischen den Ein- und Ausschaltkontakten ergibt die Schweißzeit. Motor und Schalter sind zu einem Gerät vereinigt, an dem außer der Schweißzeit die einzelnen Vorgänge (Druck, Stromgeben, Halten, Aus) einzustellen sind. Die Anzahl der verbrauchten Perioden und ein etwaiger unreiner Stromabschluß sind an einer stroboskopischen Leuchteinrichtung zu erkennen. Will man die Anzahl der minutlichen Schweißvorgänge ändern, so muß man die Umdrehung der Nockenwelle durch Austausch von Getrieben verändern.

In der Aussprache wurde von Verfechtern der Schweißmaschinensteuerung durch Elektronenröhren entgegeng gehalten, daß die Einschaltgenauigkeit nicht ausreiche, daß die Anordnung zu abhängig von Netzschwankungen sei, daß die Einstellung der Zeitkonstante auf die verschiedenen Leistungs-

faktoren schwierig sei und daß die Leistungsfähigkeit hinsichtlich Menge und Verschiedenartigkeit der Schweißstücke nicht genüge. Der Vortragende hielt dagegen die zwar anpassungsfähigere Elektronensteuerung in den meisten Fällen für zu teuer und führte weiter aus, daß die beschriebene Einrichtung auch nicht für die Nahtschweißung bestimmt sei, sich aber für die Punktschweißung unter erschwerenden Umständen bezüglich Genauigkeit und Mengenleistungen in  $1\frac{1}{2}$  Jahren durchaus bewährt habe. *Wu.*

## Theoretische Elektrotechnik

DK 621.3.015.34 : 531

**Mechanische Darstellung von Wanderwellen.** [Nach C. F. Wagner, Electr. Engng. 58 (1939) S. 414;  $6\frac{1}{2}$  S., 14. B.]

Die mechanischen Analogien einer Feder, einer Masse und eines Dämpfungsgliedes zu den elektrischen Größen Kapazität, Induktivität und Widerstand sind allgemein bekannt. Eine Übertragungsleitung kann als eine Reihenschaltung von Wechselstromwiderständen mit Kapazität im Nebenschluß aufgefaßt werden, wobei für eine Erstreckung der Leitung auf nur wenige Spannweiten die durch die Reihenschaltung der Widerstände verursachte Dämpfung und Verzerrung einer Wanderwelle vernachlässigt werden darf. In mechanisch analoger Weise

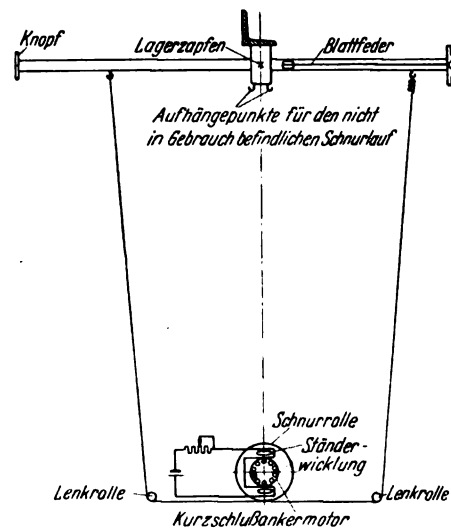


Bild 3. Schematische Seitenansicht des Gerätes zur mechanischen Darstellung von Wanderwellen.

läßt sich eine widerstandslose Leitung durch eine Reihe in ihrem Schwerpunkt drehbar gelagerter Aluminiumstäbe darstellen. Nahe dem Drehpunkt ist an jedem Stab eine Blattfeder befestigt, deren freies Ende mit dem einem Ende des benachbarten Stabes verbunden ist. Es werden 50 solcher Stäbe mit ihren Längsseiten nebeneinander in einem Gestell angeordnet. Sie bilden den wesentlichen Teil des in der Seitenansicht von Bild 3 schematisch wiedergegebenen Gerätes zur mechanischen Darstellung von Wanderwellen. Die Masse jedes Stabes entspricht einem Teil der Leitungsinduktivität und die Feder der dazu jeweils im Nebenschluß liegenden Kapazität. Durch entsprechende Lagerung der Stäbe ist die Lagerreibung sehr gering gehalten. Sie entspricht dem Ableitungswiderstand der Leitung. Ähnliche Anordnungen sind bereits bekannt, doch zeigt das neue Gerät Besonderheiten, die auch eine Nachahmung im Nebenschluß zur Leitung liegender, z. B. Ableiter- und Erdungswiderstände ermöglichen. Derartige Widerstände müssen durch mechanische Dämpfungsglieder ersetzt werden, deren Bremswirkung der Geschwindigkeit des bewegten Teiles verhältnismäßig ist. Diesem Zweck dienen vier mit Gleichstrom aus sechs Trockenelementen erregte kleine Induktionsmotoren mit Kurzschlußanker. Im Läufer jedes Motors entsteht eine dem Augenblickswert der Drehgeschwindigkeit verhältnismäßige EMK. Da bei den in Frage kommenden Geschwindigkeiten der induktive Spannungsabfall im Läufer vernachlässigt werden kann, ist der Läuferstrom lediglich durch diese EMK und den Widerstand der Läuferwicklung bestimmt. Die Wechselwirkung zwischen Läuferstrom und Magnetfeld ruft ein Bremsmoment hervor, das dem Strom im Ständer und der Geschwindigkeit des Läufers verhältnismäßig ist. Die Wirkung verschiedener großer Dämpfungswiderstände wird durch einfache Regelung des Ständerstromes und damit des Magnetfeldes herbeigeführt. Die Drehbewegung der Stäbe wird im Gebrauchs-

fall durch Schnurläufe auf die Läufer der unter den Stäben angeordneten Motoren übertragen. Mit dem Gerät lassen sich viele mit Wanderwellen verknüpfte Erscheinungen, insbesondere die Zurückwerfung an Unstetigkeitspunkten, die Wirkung von Erdungswiderständen u. dgl. studieren und die Grundgesetze der Wanderwellen ableiten. Zur besseren Beobachtung dieser zweckmäßig auch durch Laufbildaufnahmen festzuhaltenden Erscheinungen trägt jeder Stab an seinem freien Ende einen großen weißen Knopf. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der durch Bewegung der Stäbe von Hand einzuleitenden, mechanischen Wanderwellen kann durch geeignete Wahl der Masse der Stäbe und der Federspannung analog der Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer elektrischen Wanderwelle auf der Leitung mit verteilter Selbstinduktivität und Kapazität angepaßt werden. O. N.

### Physik

DK 534.143—8

**Ein piezoelektrischer Hochleistungs-Ultraschallgeber.** [Nach W. W. Salisbury und C. W. Porter, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 269; 2 S., 1 B.]

In der Arbeit wird ein piezoelektrischer Ultraschallgeber beschrieben, der mit einem Gesamtwirkungsgrad von 40% arbeitet. Die hochfrequente Anregungsspannung liefert ein Dreipunktsender mit zwei im Gleichtakt arbeitenden Dreipolröhren großer Leistung. Die Koppelspule bildet mit der Schwingungsspule einen Teslastransformator. Eine besondere Abstimmung des Auskoppelkreises auf die Eigenfrequenz des Quarzes ist nicht vorgesehen; die Koppelspule wird lediglich nach der bekannten Formel für einlagige Zylinderspulen für die aus den geometrischen Ausmaßen berechnete Eigenfrequenz des Schwingquarzes bemessen. Die Windungszahl wird etwas größer als der Rechnung entsprechend gewählt, so daß durch nachträgliches Abwickeln genau auf die Quarzfrequenz abgestimmt werden kann. Bei Auswechseln des Quarzes wird auch die Kopplungsspule ausgewechselt. Der Schwingquarz, ein senkrecht zur elektrischen Achse geschnittenes Plättchen von 6,5 cm<sup>2</sup> Oberfläche, liegt auf einer Messingplatte auf, die als untere Elektrode gilt; die obere Elektrode bildet eine 0,075 mm starke Silberfolie; das Ganze ist in einem Ölbad untergebracht. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß der Anodenkreis des Hochfrequenzerzeugers nicht auf die Eigenfrequenz des Schwingquarzes abstimmbar ist; der Erzeuger schwingt erzwungen mit der Eigenfrequenz der Koppelspule; er schwingt mit einer weit höheren Frequenz, wenn die Koppelspule entfernt wird. Ein Umspringen der Senderfrequenz auf die Eigenfrequenz des Anodenkreises, wie es bei Schwingungsanordnungen mit zweispitziger Resonanzkurve bei zu hoher Belastung durch den Koppelkreis leicht eintritt, war bei Belastung mit dem Schwingquarz nicht zu beobachten. Die Übertragung der Ultraschallenergie auf andere Flüssigkeiten wird über eine Glasmembran, die den Boden eines Glasröhrchens von 2,5 mm Dmr. bildet und im Ölbad unmittelbar über dem Quarz liegt, vorgenommen. Auf diese Weise konnte etwa ein Drittel der ganzen im Ölbad auftretenden Ultraschallenergie zur Schallerzeugung nutzbar gemacht werden. U. a. gelang es, 50 cm<sup>3</sup> Wasser im genannten Glasröhrchen um 2° C in der Minute zu erwärmen, wenn die Anodenverlustleistung des Steuersenders 60 W betrug. Unter annähernd gleichen Leistungsverhältnissen bildete sich bei Wegnahme des Glasröhrchens über dem Schwingquarz ein zusammenhängender Ölsprudel von 4 cm Höhe aus. E. C. M.

DK 621.385.833

**Versuche, Rechnungen und Ergebnisse zur Frage des Auflösungsvermögens beim Übermikroskop.** [Nach B. v. Borries u. E. Ruska, Z. techn. Phys. 20 (1939) S. 225; 10 S., 8 B.]

Nach einer Darstellung des Strahlverlaufs im Übermikroskop wird unter Herausarbeitung der bezüglich des Auflösungsvermögens gegenüber dem Lichtmikroskop anders liegenden Verhältnisse der Beugungs- und Öffnungsfehler nach eigenen Versuchswerten sowie der chromatische Fehler nach Werten von Lenard berechnet und als Funktion der Objektivapertur angegeben. Da bei den bis heute gebauten Objektiven der Öffnungsfehler für alle in Betracht kommenden Objektdicken den Fehler durch Geschwindigkeitsstreuung im Objekt übertrifft, ergibt sich die kleinste im Übermikroskop noch auflösbare Gitterkonstante eines Strichgitters aus dem Öffnungsfehler des Objektivs und der Elektronenbeugung im Objekt. Die Größe des Auflösungsvermögens wird für verschieden große Öffnungsfehler der Objektive berechnet und als

Funktion der Apertur, mit der ein Objektpunkt durchstrahlt wird, angegeben. Der Vergleich dieser Werte mit den in übermikroskopischen Aufnahmen mittels magnetischer Objektive aufgelösten Punktabständen zeigt unter Berücksichtigung der Abweichung zwischen Punkt- und Gitterauflösung gute Übereinstimmung. Mit dem magnetischen Übermikroskop ist eine Auflösung von 5 m $\mu$  erreicht worden. Der Gang des Auflösungsvermögens mit der Strahlspannung wird erörtert. Die Ergebnisse werden mit denen früherer Arbeiten verglichen. Eb.

### Werkstatt und Baustoffe

DK 537-533.7 : 620.191.35

**Untersuchung bearbeiteter Metalloberflächen mittels Elektroneninterferenzen.** [Nach E. Plessing, Z. Phys. 113 (1939) S. 36; 20 S., 4 B.]

Elektronenstrahlen können infolge ihrer starken Absorption durch Streuung nur in sehr geringe Tiefen eindringen. Die durch Reflexion solcher Strahlen erhaltenen Beugungsbilder sind daher ein ausgezeichnetes Mittel zur Untersuchung dünner Oberflächenschichten. Die an polierten Metallflächen entstehenden Beugungsbilder sprechen dafür, daß beim Polieren eine vollkommen verformte Schicht entsteht, in der die Atome in einer dichtesten Packung ähnlich wie bei einer einatomigen Flüssigkeit angeordnet sind. Nach S. Dobinski soll der Luft-sauerstoff die Beschaffenheit dieser quasiflüssigen Metallschicht stark beeinflussen, so daß man es bei den mit den üblichen Mitteln an der Luft polierten Proben in den meisten Fällen mit oxydierten Flächen zu tun hat. Eine Nachprüfung dieser Behauptung nimmt E. Plessing vor, indem er Proben von Au, Ag, Ni, Fe, Cu und Zn sowohl in Luft wie unter Benzol, in reinem Stickstoff und im Vakuum poliert. Es ergibt sich übereinstimmend ein Beugungsbild aus zwei diffusen Ringen, deren Durchmesser bei allen vier Versuchsbedingungen übereinstimmen. Werden polierte Nickelspiegel im Vakuum erhitzt und somit zur Rekristallisation gebracht, so erhält man das Beugungsbild des reinen Nickels und nicht das des Nickeloxys. Die Untersuchung des Beugungsbildes der Zinkspiegel ergibt, daß dieses weder dem Oxyd noch dem Metall zugeordnet werden kann, sondern besser auf Grund der Flüssigkeitsstruktur zu deuten ist. Damit ist gezeigt, daß der Sauerstoff während der Bearbeitung von Metalloberflächen keinen wesentlichen Einfluß auf diese ausübt. Br.

DK 621.315.616.028

**Gleichstromwiderstand von Kunststoffen.** [Nach H. Klingelhöffer u. N. Jasper, Kunststoffe 29 (1939) S. 233; 2½ S., 6 B.]

Die Ermittlung des Gleichstromwiderstandes bei Kunststoffen bereitet insofern Schwierigkeiten, als die Elektrizitätsleitung bei diesen Stoffen vermutlich nur durch Ionen bewirkt wird und daher mit Stoffwanderung verbunden ist. Diese Annahme wird durch chemische und physikalische Überlegungen gestützt, steht aber hinsichtlich der Erkenntnis noch in den Anfängen. Ein an Gleichspannung liegender Isolierstoff nimmt keinen gleichmäßigen Spannungsabfall längs des Isolationsweges an, sondern hat meist in der Nähe der Elektroden den Hauptabfall. Außer dem Stoff ist für die Art der Potentialverteilung die Zeit, in der der Endzustand erreicht wird, auch Elektrodenwerkstoff, Art der Elektrodenaufbringung, Spannungshöhe und Temperatur maßgebend. Das Verhältnis von Spannung zu Strom wird hierbei daher besser als „scheinbarer Widerstand“ bezeichnet.

Für Messungen an Polymerisaten, Styroflexfolien und Preßstoff Typ S, deren Widerstandskurven angegeben sind, wurde eine Wheatstonesche Brücke mit Elektrometer als Nullgerät nach F. Weidmann verwendet<sup>1)</sup>, wobei einwandfreie Abschirmung, hochwertige Isolation und klare Erdverhältnisse eingehalten waren. Die Meßkammern für hohe und tiefe Temperaturen wurden jeweils thermostatisch geregelt. Polymerisate zeigten einen besonders starken Temperatureinfluß. Styroflexfolien ließen deutlich die Besonderheiten der Ionenleitung erkennen; bei gleichgehaltener Spannung wird der Strom anfangs dauernd kleiner und erreicht erst nach vielen Stunden einen Endwert. Hierbei ergaben sich scheinbare spezifische Widerstände bis 10<sup>19</sup>  $\Omega$ , die also an die derzeitige Meßgrenze führten. Messungen an Typ S bestätigten die Erfahrung, daß hierbei die elektrischen Eigenschaften stark vom Feuchtigkeitszustand und der Trocknung abhängen. an.

<sup>1)</sup> F. Weidmann, Verfahren zur Messung hoher Isolationswiderstände an Kunststoffen. Kunststoffe 28 (1938) S. 141.

## VERSCHIEDENES

### BEKANNTMACHUNGEN

#### VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftstalle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

#### Drähte und Kabel

Der Ausschuß für Drähte und Kabel hatte einen Entwurf zu einer Neufassung des § 16 von

VDE 0250 U „Umstell-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“

aufgestellt, der in ETZ 61 (1940) H. 4, S. 95 veröffentlicht war. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche ist ein neuer Wortlaut von §§ 16 und 17 festgelegt worden, der in ETZ 61 (1940) H. 25, S. 569 veröffentlicht ist.

Die geänderten Fassungen von §§ 16 und 17 sind vom Vorsitzenden des VDE im Mai 1940 genehmigt worden und treten mit dem Tage der Veröffentlichung in Kraft.

#### Isolatoren

In ETZ 60 (1939) S. 1147 war ein Entwurf für „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren“ veröffentlicht worden. Die gegen diesen Entwurf eingegangenen Einsprüche sind vom Unterausschuß Nebelprüfung und vom Ausschuß für Isolatoren ordnungsmäßig behandelt worden und haben zu den in ETZ 61 (1940) S. 569 veröffentlichten Änderungen geführt. Der Vorsitzende des VDE hat den jetzt vorliegenden Wortlaut von

VDE 0448/V. 40 „Leitsätze für die Nebel- und Verschmutzungsprüfung von Freiluft-Hochspannungsisolatoren“

genehmigt und zum 1. Juli 1940 in Kraft gesetzt.

Sonderdrucke dieser Leitsätze können bei der ETZ-Verlag GmbH. zum Preise von 0,10 RM bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker  
Die Geschäftsführung  
Viefhaus

#### Sitzungskalender

**Metall und Erz F. V., Berlin.** 28. u. 29. 6 (Fr. u. Sa),  
900, Harnack-Haus, Berlin-Dahlem, Ihnestr. 16: Arbeitstagung mit zahlreichen Vorträgen. Näheres durch die Geschäftsstelle: Berlin W 35, Lützowstr. 89/90.

**Physikalische Gesellschaft zu Berlin und Deutsche Gesellschaft für technische Physik.** 26. 6. (Mi), 19<sup>00</sup>, Phys. Inst. Univ., Reichstagsufer 7/8: „Kältephysikalische Demonstrationsversuche, insbesondere über elektrischen Widerstand, Supraleitung und galvanomagnetische Effekte der Metalle. E. Justi und R. Schulze.

### PERSONLICHES

(Mittellungen aus dem Leserkreis erbeten)

**R. Sienang †.** — Am 22. April 1940 verstarb in Frankfurt a. Main Herr Direktor Richard Sienang. Der Verstorbene hat sich besondere Verdienste um die Entwicklung der Nebentellentechnik, insbesondere der Wählertechnik, erworben. Er hat auf diesem Gebiet viele Jahre schöpferisch gewirkt und eigene Ideen mit Erfolg in die Praxis umgesetzt.

Am 7. 10. 1877 in Halle geboren, kam er nach seiner Lehrzeit in Halle im Jahre 1900 nach Berlin und war zunächst im Zentralen- und Ämterbau der Fernsprechinindustrie

tätig. Seine theoretische Ausbildung genoß er in der Fachschule für Fernmeldetechnik in Berlin (jetzige Gauß-Schule). Richard Sienang hat in der Fernsprechinindustrie führende und leitende Stellungen seit vielen Jahren bekleidet. Er war ein gerader, aufrechter Charakter und in Fachkreisen als hilfsbereiter Mitarbeiter bekannt. Sein besonderes Interesse galt dem Nachwuchs für das Fernmeldewesen. Manch junger, strebsamer Mitarbeiter verdankt ihm seine Ausbildung. Der Elektrotechnischen Lehranstalt des Physikalischen Vereins in Frankfurt am Main war er ein steter Helfer und Förderer. Alle, die ihn kan-



R. Sienang †

ten, werden den verdienten Fachmann und guten Kameraden in ehrendem Andenken behalten.

**E. Franke.** — Am 24. Juni d. J. vollendet Herr Prof. Dr. phil. Rudolf Franke sein 70. Lebensjahr. In Hannover geboren, besuchte er die Technische Hochschule seiner Vaterstadt und war vom 1. 10. 1894 bis 30. 9. 1895 als Assistent am Elektrotechnischen Institut tätig; im Juli 1896 promovierte Franke in Rostock zum Dr. phil. Vom 1. 10. des gleichen Jahres ab war er Assistent an der T. H. Braunschweig und wurde dort im Juli 1897 Privatdozent. Im Januar 1898 ging er in gleicher Eigenschaft an die Hochschule in Hannover zurück mit dem Lehrgebiet „Elektrische Kraftübertragung und Wechselstrommaschinen“. Während dieser Tätigkeit veröffentlichte er mehrere wissenschaftliche Arbeiten und schuf unter anderem einen Kurvenindikator, Verbesserungen am Kompensationsapparat und das Kugelpol-Instrument. Zur Herstellung desselben gründete er 1898 die



R. Franke

Fabrik elektrischer Meßgeräte „Dr. Rudolf Franke & Co.“, Hannover, die 1904 von den Land- und Seekabelwerken in Köln übernommen wurde.

Im April 1906 trat Franke in die Direktion der A.-G. Mix & Genest als Vorstandsmitglied ein und übernahm 1911 den Vorsitz des Vorstandes. Auch in Berlin setzte er seine Tätigkeit als Privatdozent für Instrumenten- und Apparatebau an der Technischen Hochschule fort. Als 1910 auf Anregung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker dort eine Dozentur für „Elektrische Schwachstromanlagen“ geschaffen wurde, übertrug sie das Kultusministerium ihm unter Verleihung des Prädikates Professor. Für seine Hörer war er nicht nur ein ausgezeichnete Lehrer, sondern, infolge seiner glühenden Vaterlandsliebe, ein glänzendes Vorbild.

Im Jahre 1912 wendete sich der VDE zum ersten Male der Schaffung von Vorschriften auf dem Gebiete der Schwachstrom-

technik zu und setzte hierfür eine Kommission ein, zu deren Vorsitzenden Franke gewählt wurde. Bei Veröffentlichung des ersten Entwurfes hat man auf Grund seines Vorschlages, zur klaren Abgrenzung des behandelten Gebietes, den bis dahin ganz allgemein üblichen Ausdruck „Schwachstromtechnik“ ersetzt durch „Fernmeldetechnik“, der sich sehr schnell einführte.

Während des Weltkrieges bearbeitete Franke als ehrenamtlicher Hilfsdezentern im Reichsmarineamt die Fernmeldeanlagen auf Schiffen. Im Jahre 1920 wurde seine Dozentur an der T. H. Berlin in einen besonderen Lehrstuhl für Fernmeldetechnik und Feinmechanik umgewandelt, so daß er nun in die Lage versetzt war, in erhöhtem Maße erfolgreich auf die kommende Generation von Fernmeldeingenieuren einzuwirken. Aus seiner Lehrtätigkeit ist besonders hervorzuheben, daß er eine „vergleichende Schalt- und Getriebelehre“ aufgestellt hat, welche zeigte, daß die Vorgänge auf mechanischem, hydraulischem, pneumatischem und elektrischem Gebiete so große Ähnlichkeiten aufweisen, daß die elektrischen Schaltungen tatsächlich als elektrische Getriebe anzusprechen sind, wodurch der Rahmen der Getriebelehre auf das wertvollste erweitert wurde. Damit war ein Verfahren geschaffen worden, das den Ingenieur in den Stand setzt, mit wenigen immer wiederkehrenden Grundgedanken nicht nur eine Fülle neuer Schaltungen und Getriebe zu finden, sondern auch zahlenmäßig alle bestehenden Möglichkeiten festzustellen.

Franke gehört seit 1894 dem VDE und von 1934 bis heute dessen Vorstand an und war von dem letztgenannten Jahre ab bis zum Mai 1938 stellvertretender Vorsitzender und während der gleichen Zeit Vorsitzender der „Wissenschaftlichen Abteilung“. Hier hatte er Gelegenheit, seine großen Kenntnisse und Erfahrungen der gesamten deutschen Elektrotechnik zur Verfügung zu stellen.

Bei der 1935 wegen Erreichung der Altersgrenze erfolgten Versetzung in den Ruhestand ernannte die T. H. Berlin Franke zum Ehrenbürger; 1937 siedelte er nach Bückeburg über. Der große Kreis befreundeter Fachgenossen und Schüler wird dem von allen Seiten hochgeschätzten Gelehrten, der nicht nur sein Sondergebiet, die Fernmeldetechnik, sondern die gesamte Technik hervorragend gefördert hat, an seinem Ehrentage herzlichste Glückwünsche in Dankbarkeit und Verehrung darbringen.

**M. Toepler.** — Herr Prof. Dr. Maximilian Toepler vollendet am 25. Juni 1940 sein 70. Lebensjahr. Wir freuen uns, daß er seinen Geburtstag in Gesundheit und geistiger Frische begehen kann, und nehmen gerne Gelegenheit, ihm zugleich im Namen aller Fachgenossen die herzlichsten Glückwünsche darzubringen. In Würdigung seiner zahlreichen Arbeiten, denen die Physik viel verdankt, folge jetzt ein Überblick über die wesentlichen wissenschaftlichen Ergebnisse Toepplers.

Toepplers Arbeiten bewegen sich meist auf Grenzgebieten von Physik, Meteorologie und Elektrotechnik. Seine wissenschaftliche Tätigkeit begann Toepler im Jahre 1894 mit einer Untersuchung über die Volumenänderung beim Schmelzen vieler Elemente; hiermit promovierte er in Leipzig bei Wiedemann. Nach Entdeckung einer neuen geschichteten Entladungsform in freier Luft (Büschelbogen) habilitierte sich Toepler im Jahre 1900 in Dresden mit einer umfassenden Arbeit über die Existenzbereiche aller elektrischer Entladungsformen in atmosphärischer Luft. Diese Arbeit enthält auch eine interessante Deutung des Perlschnur- und Kugelblitzes. Danach hat Toepler zahlreiche Arbeiten über Funkenspannungen veröffentlicht und ist stets für die Einführung von Schutzkäfigen zur Abschirmung störender Einflüsse der Umgebung auf die Meßfunkenstrecke eingetreten. Als Mitglied des AEF im VDE arbeitete Toepler mit an den Normungen für Meßfunkenstrecken. Bereits 1906 stellte Toepler — 6 Jahre vor Peek — eine für Anfangsspannungen gültige Formel auf, die heute den Namen Toepler-Peeksche Formel trägt. Die Untersuchung der vorausgesagten experimentellen Abweichungen von dieser Formel führte Toepler 1932 zur Auffindung einer Unstetigkeit, die als Toepplersche Knickstelle bezeichnet wird, und 1936 zur Untersuchung der Feinstruktur der Grenzspannungen. Zahlreiche wertvolle Arbeiten behandeln die Gleitentladungen. Schon im Jahre 1897 gelang es Toepler mit nur 90 kV und einer neuen Stoßanordnung, Gleitfunken von 250 cm Länge herzustellen. Toepler entwickelte eine allgemein anerkannte Theorie des elektrischen Gleitmechanismus auf festen Isolatoren und flüssigen Halbleitern. Diese Gleituntersuchungen haben besonders in Technikerkreisen weitgehende Beachtung gefunden und für den Bau verbesserter Isolatoren gute Dienste geleistet. Nach Toepplers Grundgesetz aus dem Jahre 1906 ist der Funkenwiderstand umgekehrt proportional der durch den Funken geflossenen Elektrizitätsmenge. Der Proportionalitätsfaktor wird in der Technik meist als Toepplersche Funken-

konstante bezeichnet. Durch Übertragen dieses Widerstandsgesetzes auf den Funken im Raum gelang es Toepler 1927, die Gestalt der Wellenstirn von Wanderwellen zu berechnen. Mittels Gleitfunken war Toepler im Jahre 1904 eine objektive Sichtbarmachung von Funkenwellen nach August Toepplers Schlierenmethode möglich. Damit gelang ihm die erste Photographie der Ultraschallwellen. Diese Methode hat bekanntlich in der Ultraschallforschung eine außerordentliche Bedeutung erlangt und dürfte auch für die hochpolymeren Chemie von Wichtigkeit werden; es beruhen auf ihr zahlreiche Präzisionsmessungen der Schallgeschwindigkeiten in Flüssigkeiten und Festkörpern.



M. Toepler

Auch um die Deutung der Blitze hat sich Toepler große Verdienste erworben. In den Jahren 1934 bis 1939 wurde von Toepler die Senkung der Funkenspannung durch Belichtung der Elektroden mit ultraviolettem Funkenlicht eingehend untersucht. Auch auf dem Gebiete der Meteorologie hat Toepler eine Reihe von Abhandlungen veröffentlicht; ich erwähne beispielsweise die Konstruktion eines fast trägheitslosen Luftdruckvariometers, mit dem ihm die erste Registrierung der Helmholtzischen Windwogen gelang. Auch eine Reihe von interessanten Dissertationen wurde von Toepler angeregt.

Toepler hat als Inhaber des Lehrstuhls für theoretische Physik an der Technischen Hochschule Dresden bei seiner langjährigen erfolgreichen Vorlesungstätigkeit Bedenken empfunden gegenüber einer rein formalistischen Betonung, und hat stets auf den physikalischen Inhalt der Erscheinungen geachtet. In einer 1934 erschienenen Arbeit „Gedanken zur Entwicklung der Physik“ hat sich Toepler hierzu geäußert.

In vielen wichtigen Veröffentlichungen, die noch zu weiteren Untersuchungen Anregung geben, spiegelt sich die originelle schöpferische Begabung Toepplers klar wider. Innere Freude an den wissenschaftlichen Erkenntnissen, souveräne Beherrschung der physikalischen Probleme, eine begeisternde Hingabe zum nationalsozialistischen Ideenkreis und ein unerschütterlicher Glaube an die Sendung des Führers kennzeichnen die laute und schlichte Persönlichkeit Toepplers. Möge es Toepler vergönnt sein, noch viele Jahre im Dienste der deutschen Forschung zu wirken!

H. Falkenhagen

**Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes:**

- Dipl.-Ing. P. Jacottet VDE, Berlin-Spandau, Götelstr. 35  
 Dr. J. Kühne, Berlin-Grünwald, Kudowastr. 28  
 Dr. phil. M. Pfeiffer VDE, Brieselang bei Berlin, Vorholzstr. 44  
 Dr.-Ing. W. Weber VDE, Berlin-Siemensstadt, Quellweg 481  
 Dr.-Ing. W. Weicker VDE, Bad Klosterlausnitz/Thür., Waldstr. 12  
 Dipl.-Ing. J. Wolf, Dortmund, Scheerstr. 31

**Abschluß des Heftes: 14. Juni 1940**

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (z. Z. im Felde)  
 G. H. Winkler VDE (z. Z. im Felde)  
 H. Hasse VDE und R. Heinrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Herausgegeben vom Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.

Wissenschaftliche Leitung: Berlin-Charlottenburg 4, VDE-Haus — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

61. Jahrgang

Berlin, 27. Juni 1940

Heft 26

## Die Messung von Verlusten bei Hochspannung hoher Frequenz

(Mittteilung aus dem Physikalisch-techn. Entwicklungslabor Dr. Rohde & Dr. Schwarz)

Von L. Rohde VDE und G. Wedemeyer, München

DK 621.317.331/-332.004.1

**Übersicht.** Es wird eine Meßanordnung beschrieben, die die Verluste an Isolatoren, Spulen u. a. bei Hochspannung hoher Frequenz zu messen gestattet. Das Meßprinzip der benutzten Leitwertmessung und der Einfluß der Schaltelemente auf Meßgenauigkeit, Empfindlichkeit und Meßbereich wird erläutert. Die Erzeugung der erforderlichen Meßspannung von 500 V bis 100 kV wird geschildert und die Verwendungsmöglichkeiten der Meßanlage erörtert. Zum Schluß werden einige Beispiele für Verlustmessungen an Spulen, Kondensatoren und Widerständen gebracht.

### 1. Einleitung

Über die Verluste an Isolatoren, Stützern, Durchführungen und an allen anderen Schaltelementen, die bei hochfrequenter Hochspannung benutzt werden, ist wenig bekannt. Die Ursache liegt im Fehlen eines zweckmäßigen Meßverfahrens. Wir haben es uns daher zur Aufgabe gemacht, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem man in einfacher Weise die Messung der Verluste auch bei den höchsten Spannungen durchführen kann.

Unter Hochspannung kann man bei Hochfrequenz Spannungen über 500 V verstehen. Die höchsten praktisch vorkommenden Spannungen liegen bei 100 kV. Als Frequenzgebiet kommt etwa 50 kHz bis 50 MHz in Betracht. Das Meßverfahren muß daher bei allen Spannungen von 500 V bis 100 kV im angegebenen Frequenzgebiet anwendbar sein.

### 2. Das Meßprinzip der Leitwertmessung mittels Gleichrichtung

#### a. Grundsätzliches über die Leitwertmessung

##### α) Das Meßverfahren

Die Leitwertmessung mittels Gleichrichtung [1, 2, 3]\*) schien uns am besten geeignet, die gestellten Forderungen zu erfüllen; daher wurde dieses Verfahren zur Verwendung bei Hochspannung weiter entwickelt. Das Meßprinzip ist in Bild 1 wiedergegeben. Ein durch einen Generator konstant erregter Schwingungskreis hoher Güte mit hohem Resonanzwiderstand liefert die geforderte hohe Meßspannung. Parallel zum Schwingungskreis liegt an der mit  $x$  bezeichneten Stelle das zu prüfende Objekt, z. B. ein Isolator, und außerdem ein Diodenkreis, der entsprechend der späteren Beschreibung den Schwingungskreis veränderlich in einer genau definierten Weise zu belasten gestattet. Die am Schwingkreis liegende Spannung wird mit einem Röhrenvoltmeter [6] gemessen.

\*) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Schriftumsverzeichnis am Schluß der Arbeit.

Die Bestimmung der Verluste des Prüfobjekts geht folgendermaßen vor sich: Bei der Diodenbelastung Null wird der Schwingungskreis mit parallelgeschaltetem Prüfling auf Resonanz abgestimmt und die Resonanzspannung gemessen; sie sei  $U$ . Darauf wird das Prüfobjekt entfernt und das System durch Nachstimmen am Drehkondensator wieder auf Resonanz gebracht. Die Änderung der Kondensatorkapazität  $\Delta C$  beim Nachstimmen entspricht dabei der Kapazität bzw. der Induktivität des Prüflings, und damit ist die Blindkomponente  $\omega \Delta C$  des zu bestimmenden Leitwertes bekannt. Je nach dem Sinn der Kapazitätsänderung  $\Delta C$  ist diese Blindkomponente kapazitiv oder induktiv; d. h. wenn man die Schwingkreis-kapazität vergrößern muß, hat das Prüfobjekt kapazitiven Charakter, beim Verkleinern der Kapazität ist es induktiv. Bei entferntem Prüfobjekt ist die Resonanzspannung wegen der geringeren Dämpfung um den Wert  $\Delta U$  größer als die zuerst gemessene Spannung  $U$ .

Mit Hilfe der Diodenanordnung wird nun der Meßkreis so stark gedämpft, daß die Spannungserhöhung  $\Delta U$  genau wieder rückgängig gemacht wird. Aus der Größe der dabei durch die Diodenanordnung verursachten Belastung kann man dann, wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird, ermitteln, welchen Wert die Wirkkomponente  $R$  des gesuchten Leitwerts hat.

#### β) Arbeitsweise der Diodenschaltung

Die Arbeitsweise der Belastungsschaltung ist folgende (Bild 1): Ein Kondensator  $C$  wird über eine Diode, deren innerer Widerstand klein ist, auf den Spitzenwert der

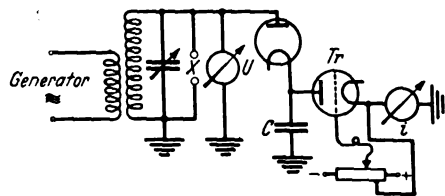


Bild 1. Prinzipschaltbild der Verlustmessung mittels Gleichrichtung.

Hochfrequenzspannung aufgeladen. Unter Voraussetzung einer hohen Meßkreisgüte und damit einer genau sinusförmigen Spannung ist also die Kondensatorspannung

$$U_c = \sqrt{2} U, \quad (1)$$

wobei  $U$  der Effektivwert der Meßkreisspannung ist. Parallel zum Kondensator liegt eine Triode  $Tr$ , deren



Anodenstrom  $i$  durch Ändern der Gitterspannung verändert werden kann. Die dem Meßkreis durch die Triode entzogene Wirkleistung beträgt

$$N = \sqrt{2} U i \tag{2}$$

Die Diodenanordnung bewirkt die gleiche Dämpfung des Schwingkreises wie ein linearer Hochfrequenzwiderstand  $R$ , der diesem in Parallelschaltung die gleiche Wirkleistung entzieht. Es gilt daher

$$\frac{U^2}{R} = \sqrt{2} U i$$

oder

$$R = \frac{U}{\sqrt{2} i} \tag{3}$$

Die ausreichende Bedingung für die Gleichwertigkeit des so bestimmten Wirkwiderstands  $R$  und der Diodenanordnung besteht darin, daß die Zeitkonstante der Kondensatorentladung groß ist gegen die Periodendauer des Generators, d. h.

$$C U_c \gg \frac{1}{f} \tag{4}$$

was durch hinreichend großes  $C$  immer zu erfüllen ist. Man erzielt so eine nur um wenige ‰ schwankende Kondensator-Gleichspannung, die genau der Gl. (1) entspricht, da nach einer früheren Veröffentlichung [2] die Sinusform der Meßkreisspannung durch die impulsartige Diodenbelastung nicht verzerrt wird, wenn für den Meßkreis eine Güte  $> 100$  vorausgesetzt werden kann.

b. Die Anwendung bei Hochspannung

a) Die Erzeugung der Hochspannung

Wie aus Gl. (3) hervorgeht, kann man einen um so größeren Dämpfungswiderstand  $R$  messen, je höher die Meßspannung  $U$  ist. Es ist daher das geschilderte Verfahren für die Messung kleiner Verluste bei hohen Spannungen sehr geeignet. Führt man dem Meßkreis die Wirkleistung  $N_W$  zu, so ist die an ihm entstehende Spannung gegeben zu:

$$U = \sqrt{e N_W \sqrt{\frac{L}{C}}} \tag{5a}$$

Es läßt sich also die erzielbare Spannung erhöhen durch

- Verwendung eines Schwingkreises hoher Güte  $e$ ,
- Verwendung eines Schwingkreises mit großem  $L$  und kleinem  $C$ ,
- Zuführung einer hinreichend großen Leistung.

Bei der Schwingkreisgüte  $e = 500$ , der Induktivität  $L = 60$  mH, der Kapazität  $C = 40$  pF (Frequenz  $f = 100$  kHz) und der zugeführten Hochfrequenzleistung von  $N_W = 1$  kW ist die erzielbare Spannung  $U = 140$  kV.

Die Meßkreisspule muß also eine hohe Güte mit großer Spannungsfestigkeit vereinen, wobei zu beachten ist, daß die Güte bei Auftreten von Sprühentladungen schnell abnimmt. Daher sind Sprühentladungen unbedingt zu vermeiden; man muß also dafür sorgen, daß die elektrische Feldstärke an der Drahtoberfläche einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Hierzu schließt man zweckmäßigerweise die Spule an der Hochspannungsseite durch eine rotationssymmetrische Kappe ab, die das gleiche Potential erhält, wie die ihr benachbarte letzte

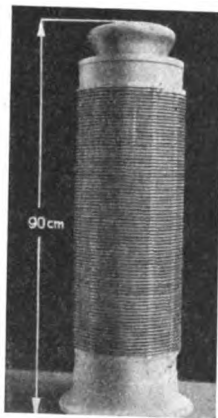


Bild 2. Hochspannungsspule mit Sprühschutzkappe.

Spulengüte  $e > 800$   
Spannungsfestigkeit  $> 70$  kV

Windung. Damit sie nicht als Kurzschlußwicklung wirkt, erhält die Kappe einen radialen Schnitt. Bild 2 zeigt eine Spule, die mit einer solchen Sprühschutzkappe abgeschlossen ist. Der Spulenkörper besteht aus Calit, die erzielte Spulengüte ist bei 1 MHz etwa 850.

Zur Vermeidung von Kopplungsfrequenzen, die beim Abstimmen des Meßkreises ein eindeutiges Ergebnis durch Zieherscheinungen in Frage stellen würden, empfiehlt es sich, diesen nicht unmittelbar auf den Generator zu koppeln, sondern wie in Bild 3 zwischen Sender und Meß-

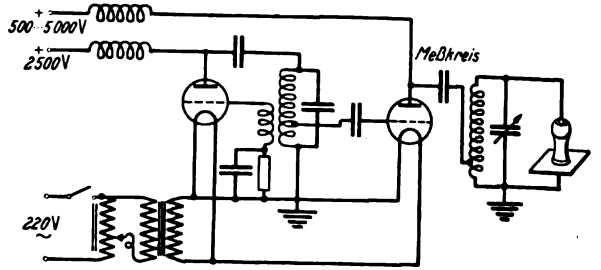


Bild 3. Prinzipschaltbild des Hochspannungsgenerators.

kreis einen Leistungsverstärker zu schalten. Die Höhe der Meßspannung kann dabei sehr bequem durch Verändern der Anodenspannung des Verstärkers geregelt werden.

β) Das Meßverfahren bei Hochspannung

Mit Rücksicht darauf, daß eine bestimmte maximale Anodenspannung an der Belastungstriode nicht überschritten werden darf, kann man bei hohen Meßspannungen nicht die ganze am Schwingkreis liegende Spannung gleichrichten, sondern greift an der Spule von der Gesamtwindungszahl  $w$  einen Teil  $w_1$  ab. Dann ergibt sich für den äquivalenten Dämpfungswiderstand

$$R = \frac{U}{\sqrt{2} i} \frac{w}{w_1} \tag{5}$$

$R$  ist dabei nach wie vor auf die gesamte Meßkreisspannung  $U$  bezogen. Die Verluste des Prüflings sind:

$$N_{\text{verl}} = \sqrt{2} U i \frac{w_1}{w} \tag{6}$$

Der Verlustfaktor bzw. bei induktivem Prüfbjunkt die Güte ist gegeben zu:

$$tg \delta = \frac{\sqrt{2} i}{U \omega \Delta C} \frac{w_1}{w} \tag{7}$$

und entsprechend

$$e = \frac{U \omega \Delta C}{i \sqrt{2}} \frac{w}{w_1} \tag{8}$$

Bei der nach Gl. (8) bestimmten Spulengüte weicht die gemessene Blindkomponente durch den Einfluß der Eigenkapazität  $C_0$  von ihrem wirklichen Wert ab. Die wahre Spulengüte, die definitionsgemäß  $\frac{\omega L}{r}$  ( $r$  Serienwiderstand) ist, ergibt sich aus der Korrekturformel

$$\frac{\omega L}{r} = e \left( 1 + \frac{C_0}{\Delta C} \right) \tag{9}$$

c. Meßbereich und Empfindlichkeit

Da das behandelte Meßprinzip nicht nur zur Bestimmung der Verlustfaktoren von Isolatoren und Spulen, sondern auch zur Messung von Sprühverlusten und Funkenwiderständen benutzt werden kann, ist es empfehlenswert, einen möglichst großen Meßbereich anzustreben.

Die obere Grenze der noch meßbaren Verluste ist bestimmt durch die maximale Anodenverlustleistung  $Q$  der Belastungstriode. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die durch Gl. (4) gegebene Forderung nach einer hinreichend konstanten Kondensator-Gleichspannung erfüllt bleibt;

außerdem muß der durch die Triode dargestellte Widerstand  $U_c^2/Q$  groß sein gegen den Innenwiderstand der Diode. Wählt man als Belastungstriode die RS 15 ( $Q = 700 \text{ W}$ ), so kann man das Windungsverhältnis  $w_1/w$  stets so groß machen, daß die Kondensatorspannung etwa 10 kV beträgt. Bei einer tiefsten Meßfrequenz von 100 kHz ist dann Gl. (4) durch ein  $C = 5000 \text{ pF}$  hinreichend befriedigt. Der Widerstand  $U_c^2/Q$  ist dabei größer als  $1,4 \cdot 10^6$ , also sehr groß gegen den Innenwiderstand aller handelsüblichen Dioden. Verluste, die eine Erhöhung des Meßbereiches über 700 W rechtfertigen würden, dürften praktisch kaum zu bestimmen sein. Durch Vergrößern von  $C$  und Parallelschalten mehrerer Belastungstrioden ließe sich jedoch der Meßbereich ohne weiteres vergrößern.

Andererseits muß die Anordnung aber auch gestatten, sehr kleine Verluste mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Um sich von der dazu erforderlichen Empfindlichkeit ein Bild zu machen, sei als Beispiel die Bestimmung des Verlustfaktors eines Isolators bei einer Frequenz von 100 kHz betrachtet. Ein guter Stützer hat einen  $\text{tg } \delta$  von  $10^{-4}$  bis  $10^{-6}$ ; seine Kapazität beträgt etwa 4 pF, sein Blindwiderstand ist also 400 k $\Omega$ . Die Anordnung muß daher einen Wirkwiderstand  $r = 4 \cdot 10^{10} \Omega$  noch hinreichend genau messen. Die

Dämpfung und damit die Spannungserniedrigung, die ein so großer Widerstand am Meßkreis hervorruft, ist natürlich sehr klein und beträgt bestenfalls einige %. Unter der Voraussetzung, daß der Dämpfungswiderstand  $R$  groß gegen den Resonanzwiderstand des Meßkreises ist, ist die durch ihn bedingte Spannungserniedrigung gegeben zu

$$\Delta U = U \frac{\omega L}{R} \epsilon. \quad (10)$$

Man muß daher einerseits durch Verwenden eines Meßkreises hoher Güte und großer Induktivität diese Spannungserniedrigung möglichst groß zu machen suchen und

mißt ( $U$ -Instrument). Das zweite Instrument ( $\Delta U$ -Instrument) besitzt eine  $n$ -mal so große Empfindlichkeit wie das erste, wobei  $n$  durch Umschalten wahlweise auf 10 oder 50 eingestellt werden kann. Bei der Messung der Spannung  $U$ , der Resonanzspannung bei angeschaltetem Prüfling, wird durch einen regelbaren Kompensationsstrom, der nur das  $\Delta U$ -Instrument durchfließt, dessen Ausschlag Null gemacht. Nach Entfernen des Meßobjektes zeigt es dann mit der gewünschten eingestellten Empfindlichkeit die Spannungserhöhung  $\Delta U$ , die darauf durch Diodenbelastung in der beschriebenen Weise wieder rückgängig gemacht wird. Das Gesamtschaltbild der Meßanordnung zeigt Bild 5.

d. Genauigkeit der Meßeinrichtung

Die Spannungserhöhung  $\Delta U'$ , die in der Anordnung von Bild 4 am kompensierten  $\Delta U$ -Instrument einen Ausschlag von einem Skalenteil hervorruft, ist gegeben zu

$$\Delta U' = \frac{E}{n \bar{N}}, \quad (11)$$

dabei ist  $E$  die dem Vollausschlag des  $U$ -Instrumentes entsprechende Spannung und  $N$  die Zahl der Skalenteile des  $\Delta U$ -Instrumentes. Bei  $E = 100 \text{ kV}$ ,  $N = 100$  und  $n = 50$  ist also  $\Delta U' = 20 \text{ V}$ , das sind 0,2 % der Gesamtspannung. In Verbindung mit Gl. (10) ergibt sich daraus für

die Größe desjenigen Dämpfungswiderstands  $R'$ , der den Spannungsrückgang  $\Delta U'$  verursacht, die Beziehung

$$R' = \epsilon \omega L n N \frac{U}{E}. \quad (12)$$

Die Genauigkeit, mit der  $R'$  gemessen werden kann, ist dabei im wesentlichen durch die Sicherheit gegeben, mit der man den Rückgang des Ausschlags um einen Skalenteil am  $\Delta U$ -Instrument ablesen kann; sie ist also etwa  $\pm 10 \%$ . Beträgt bei dem oben gewählten Beispiel einer Verlustfaktormessung bei 100 kHz und 100 kV die Meßkreisinduktivität etwa 60 mH, so ist nach Gl. (12)  $R' = 10^{11} \Omega$ , was einem Verlustfaktor  $\text{tg } \delta = 4 \cdot 10^{-6}$  entspricht. Ein so kleiner praktisch kaum vorkommender Verlustfaktor ist also noch mit etwa  $\pm 10 \%$  Genauigkeit meßbar.

Voraussetzung für das Erreichen dieser Genauigkeit ist jedoch eine außerordentliche Konstanz der Netzspannung. Um den Einfluß der immer vorhandenen Netzschwankungen zu beseitigen, entnimmt man zweckmäßigerweise den Kompensationsstrom für die  $\Delta U$ -Messung aus einer Spannungsquelle, die den Netzschwankungen ebenfalls unterworfen ist. Dies kann z. B. wie in Bild 4 durch eine Schaltung geschehen, bei der die Kompensationsspannung mittels Gleichrichtung aus der Generatorspule entnommen wird. Bei vollständiger Kompensation ist dann die  $\Delta U$ -Messung von Netzschwankungen vollkommen unabhängig.

e. Einfluß des Meßkondensators

a) Kapazität und Variationsbereich

Mit Rücksicht auf die Erzielung einer möglichst hohen Meßspannung [siehe Gl. (5 a)] und einer großen Empfindlichkeit [siehe Gl. (12)] ist es erforderlich, den Meßkondensator so klein wie möglich zu machen. Andererseits

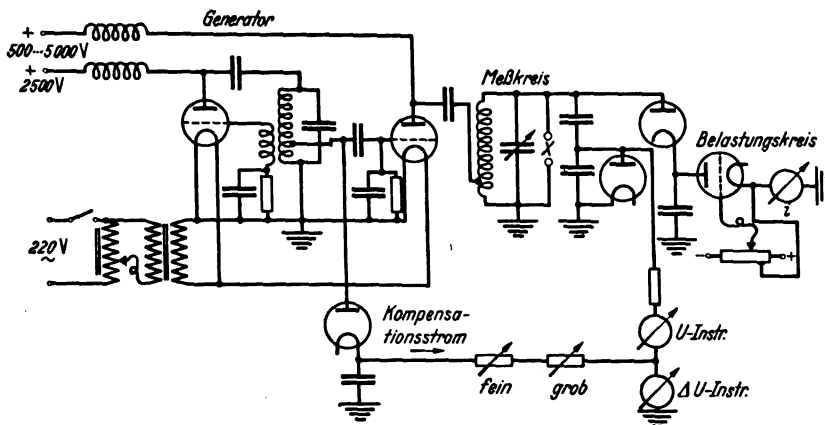


Bild 5. Gesamtschaltbild der Meßanordnung.

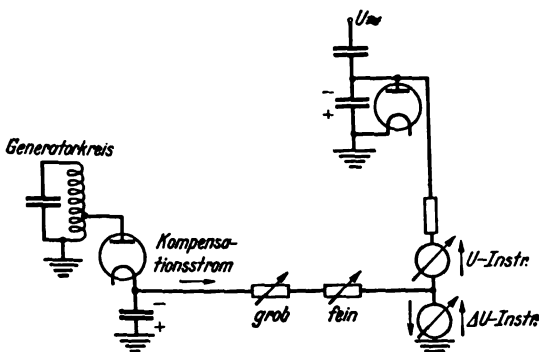


Bild 4. Schaltanordnung zur Messung sehr kleiner Spannungsänderungen.

andererseits die Empfindlichkeit der Spannungsmessung so steigern, daß auch eine Spannungsänderung von einigen % noch hinreichend genau meßbar ist.

Bild 4 zeigt eine zweckmäßige Anordnung für die Messung so kleiner Spannungsänderungen. Im Gleichstromkreis des Diodenvoltmeters [6] liegen in Serie zwei Instrumente, deren eines den Absolutwert der Meßspannung

darf sein Variationsbereich nicht kleiner sein als die Kapazität des Meßobjekts, da er ja dessen Blindkomponente ersetzen soll. Man wird daher die günstigsten Meßbedingungen dann erzielen, wenn die jeweilige Kondensatorkapazität gerade um den Wert der Anfangskapazität größer ist als die des Meßobjekts und wenn außerdem diese Anfangskapazität möglichst klein ist. Die Induktivität der Spule muß dazu beispielsweise durch Abgriffe so eingestellt werden, daß sie mit der Summe aus der Anfangskapazität des Meßkondensators und der Prüfkapazität Resonanz macht.

In der Praxis ist es natürlich nicht nötig, diese Gesichtspunkte streng zu berücksichtigen, denn eine Änderung der Induktivität beim jedesmaligen Auswechseln des Prüfobjekts würde den Meßvorgang zu sehr komplizieren. Bei Prüflingen jedoch, deren Blindkomponenten stark voneinander abweichen, ist eine jeweilige Neuanspassung der Induktivität nicht zu umgehen, zumal bei Bestimmung sehr kleiner Verluste.

β) Verluste und Variation

Voraussetzung für das fehlerfreie Arbeiten der Meßanordnung ist die Konstanz der Meßkondensatorverluste. Diese müssen von der jeweils eingestellten Kapazität völlig unabhängig sein, da sonst die richtige Substitution der Meßobjektverluste durch die Diodenanordnung unmöglich ist.

γ) Meßkapazitätsvariation und Kopplung

Eine weitere Fehlerquelle, die ebenfalls bei der Variation der Meßkapazität auftreten und zu großen Fälschungen des Meßergebnisses führen kann, wird dadurch verursacht, daß infolge der Bewegung des spannungsführenden Kondensatorbelages eine eventuell vorhandene kapazitive Kopplung zwischen Generator und Meßkreis verändert wird. Es wird dann die im Meßkreis induzierte EMK, die wie eingangs erwähnt, konstant sein muß, verändert. Gerade bei den hier angestrebten großen Schwingkreisgüten führt eine solche Kopplungsänderung zu enormen Fehlern, da die an sich vielleicht geringe Änderung der induzierten EMK bei der  $\Delta U$ -Messung mit der Güte multipliziert erscheint und Werte annehmen kann, die durch die Prüfobjektdämpfung bedingte Spannungssenkung um ein Mehrfaches übersteigen.

Eine unmittelbare kapazitive Kopplung zwischen Generator und Meßkreis muß daher durch geeignete Abschirmung unter allen Umständen vermieden werden.

δ) Ausführung des Meßkondensators

Für die Wahl eines geeigneten Meßkondensators sind also folgende Gesichtspunkte maßgebend:

Große Spannungsfestigkeit; Sprühen darf wegen der damit verbundenen Verluste nicht auftreten.

Möglichst kleine Anfangskapazität.

Kleine dielektrische Verluste, die unabhängig von der eingestellten Kapazität sind.

Die Möglichkeit einer fein einstell- und genau ablesbaren Kapazitätsänderung.

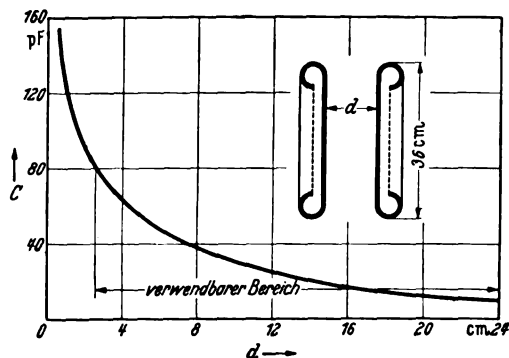


Bild 6. Eichkurve des verwendeten Meßkondensators.

Der von uns verwendete Platten-Luft-Kondensator genügt diesen Anforderungen in jeder Weise. Die in Bild 6 dargestellte Abhängigkeit zwischen Kapazität und Plattenabstand ermöglicht durch Verwenden eines Feintriebes eine sehr genaue Einstellung und Ablesung der erforderlichen Kapazitätsänderungen. Eine zylindrische Kondensatoranordnung, die wegen der Linearität ihrer Einstellung sehr geeignet ist, stand uns leider nicht zur Verfügung.

f. Frequenzgrenzen

Ein wesentlicher Vorzug des geschilderten Meßverfahrens beruht in seiner Unabhängigkeit von der Höhe der Meßfrequenz. Der durch die Belastungstriode gegebene Substitutionswiderstand liegt an einer reinen Gleichspannung und wird daher durch die Meßfrequenz nicht beeinflusst.

Eine gewisse untere Frequenzgrenze, die durch die Beziehung Gl. (4) gegeben ist, kann durch eine genügend große Diodenkreis Kapazität  $C$  beliebig weit herabgesetzt werden. Eine obere Frequenzgrenze besteht erst dann, wenn die Elektronenlaufzeit der Belastungskreisdiode die Transformation des Gleichstromwiderstandes in einen Hochfrequenzwiderstand frequenzabhängig macht, d. h. je nach den Diodenabmessungen und Spannungen bei Frequenzen in der Größenordnung von  $10^8$  bis  $10^9$  Hz, also in einem Gebiet, wo die Erzeugung der geforderten hohen Meßspannungen bereits unmöglich sein dürfte.

3. Aufbau der Meßanlage und Anwendungsmöglichkeiten

Eine nach dem geschilderten Prinzip aufgebaute Meßanordnung zeigt Bild 7. Es sind drei Hochfrequenzgene-

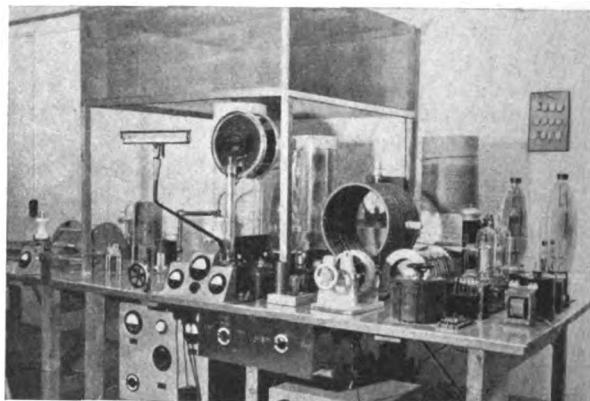


Bild 7. Gesamtansicht der aufgestellten Meßanlage.

ratoren mit den festen Frequenzen 100 kHz, 1 MHz und 10 MHz vorhanden, die nach Bild 3 geschaltet sind und an drei getrennten Meßkreisen hoher Güte ( $\geq 500$ ) maximale

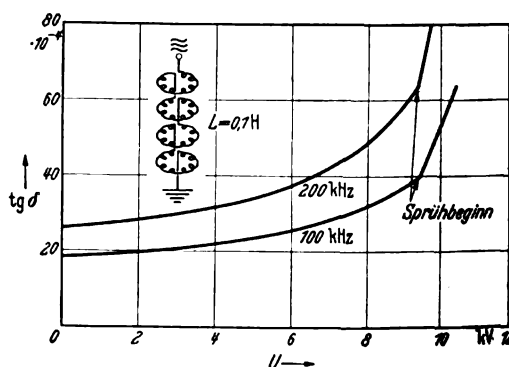


Bild 8. Verlustfaktor von vier in Reihe geschalteten Toroiden mit Eisen in Abhängigkeit von der Spannung.

Spannungen von 150, 75 und 30 kV erzeugen. Die dazu erforderlichen Generatorleistungen liegen zwischen 1 und 2 kW. Wegen der Höhe der Spannung gestattet die An-

lage neben den beschriebenen Verlustmessungen auch Untersuchungen über elektrische Festigkeit von Hochfrequenz-Isolatoren. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Erforschung der Koronaverluste von Antennen bei hochfrequenten Spannungen sowie die Bestimmung der Wirkwiderstände hochfrequenter Entladungsformen. Es sind dies Probleme, über die heute mangels eines geeigneten technischen Meßverfahrens wenig erforscht ist.

Um die Vielseitigkeit der entwickelten Meßverfahren zu zeigen, seien einige Beispiele von Verlustmessungen an Spulen, Kondensatoren und Widerständen bei verschiedenen Spannungen und Frequenzen gebracht. Bild 8 zeigt den Verlustfaktor einer aus vier hintereinander geschalteten Toroiden mit Eisen bestehenden Spule in Abhängigkeit von der angelegten Spannung bei verschiedenen Frequenzen. Das langsame Ansteigen der Verluste mit wachsender Magnetisierung ist durch die Zunahme der Hystereseverluste erklärbar. Nach dem Einsetzen kleiner Sprühentladungen steigt dann der Verlustfaktor steil an.

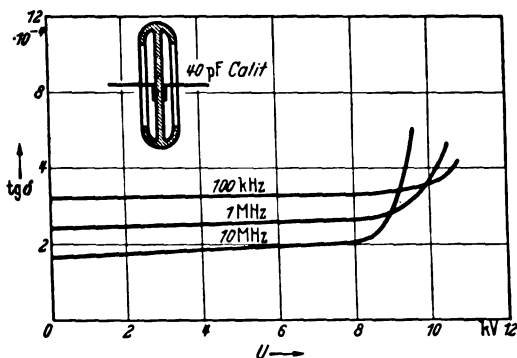


Bild 9. Verlustfaktor eines Scheibenkondensators in Abhängigkeit von der Spannung bei verschiedenen Frequenzen [4, 5].

In Bild 9 ist der Verlustfaktor eines Scheibenkondensators in Abhängigkeit von der Spannung bei verschiedenen Frequenzen aufgetragen. Unterhalb der Anfangsspannung ist der  $\text{tg } \delta$  praktisch konstant, dann steigt er an, und zwar um so steiler, je höher die Frequenz ist. Die Ursache dieses Anstiegs sind auch hier Sprühverluste, deren Intensität mit wachsender Frequenz zunimmt. Unterhalb der Anfangsspannung dagegen wird der  $\text{tg } \delta$  mit wachsender Frequenz kleiner, eine Tempa S und Calit kennzeichnende Eigenschaft, die schon lange bekannt ist [4].

Bild 10 zeigt die Wirkwiderstandsänderung von 10 in Reihe liegenden handelsüblichen  $1 \text{ M}\Omega$ -Widerständen für 2 W bei verschiedenen Frequenzen. Die Ab-

nahme des Wirkwiderstandes mit wachsender Frequenz wurde schon in einer früheren Veröffentlichung [2] festgestellt.

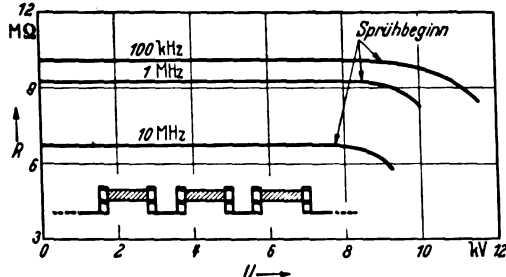


Bild 10. Wirkwiderstandsänderung von zehn in Reihe liegenden  $1 \text{ M}\Omega$ -Widerständen für 2 W bei verschiedenen Frequenzen.

### Zusammenfassung

Die sich mehr und mehr entwickelnde Technik für hochfrequente Hochspannung schafft das Bedürfnis nach einem zweckmäßigen Meßverfahren für die Bestimmung der Verluste an Isolatoren, Stützern, Durchführungen und allen anderen, bei hochfrequenter Hochspannung benutzten Schaltelementen. In Weiterentwicklung des auf der Leitwertmessung mittels Gleichrichtung [1, 2, 3] beruhenden Meßverfahrens wird ein Verfahren erörtert, das gestattet, auch die kleinsten Verluste ( $\text{tg } \delta \leq 10^{-5}$ ) mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen, und zwar bei den Spannungen, denen die betreffenden Schaltelemente im praktischen Betrieb wirklich ausgesetzt sind (500 V bis 100 kV). Da der bei der Verlustmessung verwendete Substitutionswiderstand an einer reinen Gleichspannung liegt, besteht eine Abhängigkeit von der Höhe der Meßfrequenz nicht, das Verfahren ist daher im gesamten praktisch in Frage kommenden Hochfrequenzgebiet ( $10^3$  bis  $10^9$  Hz) anwendbar. Die für die Messung erforderlichen hohen Spannungen ermöglichen neben den Verlustmessungen auch Untersuchungen über elektrische Festigkeit von Hochfrequenzisolatoren sowie die Messung des Wirkwiderstandes von hochfrequenten Entladungsformen (Korona). In einer zweiten Arbeit wird in dieser Zeitschrift über die wichtigsten Meßergebnisse auf allen diesen Gebieten berichtet werden.

### Aus dem Schrifttum

- [1] L. Rohde und H. Schwarz, Dämpfungsmessung bei Meterwellen. Hochfrequenztechn. 50 (1937) S. 98.
- [2] L. Rohde und G. Opitz, Leitwertmessung mittels Gleichrichtung. Hochfrequenztechn. 54 (1939) S. 116.
- [3] G. Opitz, Neuzzeitliche Leitwertmesser. Arch. techn. Messen V 354—3 (1939) Lieferung 101.
- [4] H. Handrek, Keramische Hochfrequenz-Kondensatoren. Arch. techn. Messen Z 136—1 (1936).
- [5] H. Handrek, Hochfrequenzkeramik. Steinkopf, Dresden 1939.
- [6] L. Rohde, Hochspannungs-Röhrenvoltmeter für Hochfrequenz. Arch. techn. Messen J 83—1 (1937).

## Zur Neubearbeitung von VDE 0532 „Regeln für Transformatoren“

Von W. Krassowsky VDE, Berlin

### 1. Stärkere Berücksichtigung regelbarer Transformatoren

In den bisher gültigen Fassungen der Regeln für Transformatoren war auf Möglichkeiten der Spannungsregelung nur in beschränktem Umfange Rücksicht genommen worden. Die Bestimmungen waren im wesentlichen auf Transformatoren zugeschnitten, die außer der „Normalstufe“ (jetzt „Hauptanzapfung“ genannt) noch zwei Anzapfungen besaßen, wobei im allgemeinen an höchstens 10 % insgesamt zu- oder abschaltbarer Windungen gedacht war.

Diese Voraussetzungen sind einerseits durch die erheblich gewachsenen Ansprüche an die Regelbarkeit der

Transformatoren<sup>1)</sup> inzwischen überholt, andererseits mußte auch den verschiedenen Arten der Regelbarkeit (feststehende Wicklungen mit Anzapfungen und Stufenregelung, gegeneinander bewegliche Wicklungen usw.) in einer Neubearbeitung Rechnung getragen werden. Dies führte zunächst zur Aufstellung getrennter Entwürfe für Transformatoren mit Stufenregleinrichtung und für Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren<sup>2)</sup>, die dann aus Zweckmäßigkeitsgründen in der Schlußbearbeitung<sup>3)</sup> zusammengefaßt wurden.

<sup>1)</sup> Siehe K. Bölte und B. Küchler, Transformatoren mit Stufenregelung unter Last. R. Oldenbourg, München und Berlin 1938.

<sup>2)</sup> ETZ 59 (1938) S. 1238 und 1239.

<sup>3)</sup> S. 583 dieses Heftes.

Für die verschiedenen Arten von Regeleinrichtungen hatten sich inzwischen in der Praxis und im Schrifttum zum Teil voneinander abweichende Begriffe eingebürgert, so daß es zunächst galt, hier VDE-mäßige Festlegungen zu treffen. Dies ist im wesentlichen in den §§ 4, 8 und 82 der Neubearbeitung geschehen. Entsprechend ihrer Bedeutung sind in den Abschnitten II bis IV in der Hauptsache Transformatoren mit feststehenden Wicklungen mit und ohne Regelung behandelt, während in Abschnitt V Sonderbestimmungen für Transformatoren mit beweglichen Wicklungen (Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren) aufgenommen sind.

Der Begriff „Regeltransformator“ wurde entsprechend der bisherigen Gepflogenheit auf alle unter Last regelbaren Transformatoren bezogen. Der weitaus am meisten verbreitete Transformator dieser Art ist der Stufenregeltransformator (siehe § 4 b). Er besitzt eine baulich mit ihm verbundene oder auch getrennt von ihm aufgestellte Stufenregeleinrichtung, die im wesentlichen in zwei verschiedenen Ausführungen vorkommt (siehe § 8 c):

1. Getrennte Ausführung eines „Lastschalters“ und eines „Wählers“ (bisher vielfach als „Stufenwähler“ bezeichnet); der Wähler kann einen „Wender“ (bisher auch „Wendewähler“ genannt) enthalten, der den Regelsinn umkehrt und damit Stufenzahl und Regelbereich verdoppelt.
2. Bauliche Vereinigung des Lastschalters und Wählers zu einem „Lastwähler“ (bisher auch „Laststufenwähler“ genannt), der ebenfalls einen „Wender“ enthalten kann.

Es ist zu hoffen, daß die vorstehenden neuen Bezeichnungen, bei deren Aufstellung nach Einfachheit und Sinnfälligkeit gestrebt wurde, sich bald allgemein an Stelle der bisher verwendeten Begriffe einbürgern werden.

Auch für Transformatoren mit beweglichen Wicklungen (siehe § 4 c und §§ 82 bis 90) wurden Begriffsbestimmungen festgelegt, z. B. für Ständer, Läufer und Gleiter.

Die Berücksichtigung der regelbaren Transformatoren machte es notwendig, die Begriffsbestimmungen für Nennspannung, Nennstrom, Nennleistung, Nennkurzschlußspannung usw. entsprechend zu erweitern. Hierbei war ferner zu unterscheiden, ob der Transformator als Leistungs-, Spar- oder Zusatztransformator gebaut bzw. verwendet wird. Schließlich wirkt sich die Erweiterung des Geltungsbereiches auf die Prüfbestimmungen, insbesondere auf die Bestimmungen für die Wicklungsprüfung (§§ 57 und 87) sowie auf die Leistungsschildangaben (§§ 75, 76 und 90) aus.

## 2. Anpassung an die IEC-Regeln für Transformatoren

Die Begriffsbestimmungen für Nennspannung, Nennstrom und Nennleistung wurden den IEC-Regeln für Transformatoren<sup>4)</sup> angeglichen. Die Nennleistung nach der neuen Fassung entspricht damit dem Begriff „test rating“ der IEC, die eine Art Typenleistung des Transformators darstellt und nicht mit der bei Nennbetrieb abgegebenen Scheinleistung zu verwechseln ist. Dies kam bisher in den Regeln für Transformatoren nicht genügend klar zum Ausdruck, entspricht aber der bisherigen deutschen Gepflogenheit, die im Gegensatz zu der verschiedener anderer Länder (z. B. Frankreichs) steht, deren Regeln als Nennleistung die bei einem bestimmten Leistungsfaktor abgegebene Scheinleistung festsetzen.

Auch für die Bezeichnung der Schaltungen (siehe § 10) wurden die IEC-Festlegungen herangezogen, hier jedoch mit dem von der IEC empfohlenen Schema nach den Uhrziffern neben den deutschen Schaltungsbezeichnungen A 1, A 2, A 3, B 1, B 2, B 3 usw.

<sup>4)</sup> Neuester Entwurf vom Mai 1939.

Ferner wurde für die Übersetzung in § 81 eine Toleranz ähnlich wie in den IEC-Regeln eingeführt, zumal die Übersetzung heute bequem und genau auch bei niedrigen Spannungen gemessen werden kann<sup>5)</sup>.

## 3. Verschiedene neue Bestimmungen

Endlich wurde eine Reihe von neuen Bestimmungen und Ergänzungen aufgenommen, die sich aus dem technischen Fortschritt ergaben oder zur Beseitigung von Unklarheiten notwendig erschienen. Hiervon seien insbesondere die neuen Begriffsbestimmungen für Leistungstransformator, Spartransformator und Zusatztransformator (§ 3) genannt. Für den Transformator mit getrennten Wicklungen, bei dem also die volle Leistung induktiv übertragen wird und dessen Wicklungen parallel zu den entsprechenden Netzen oder zu einer Maschine und einem Netz liegen, hat sich — man kann sagen: leider — der Begriff **Leistungstransformator** bereits ziemlich eingebürgert. Er ist nicht sehr befriedigend, wurde aber trotzdem übernommen, um nicht ohne zwingenden Grund neue Begriffe einzuführen.

Über den Begriff **Spartransformator** dürften kaum Unklarheiten bestehen. Die Begriffsbestimmung blieb daher sachlich unverändert.

Dagegen gehen die Auffassungen über das Wesen des **Zusatztransformators** verschiedentlich auseinander<sup>6)</sup>. Das wesentlichste Merkmal des Zusatztransformators, nämlich daß seine Sekundärwicklung in Reihe mit einem Stromkreis liegt, dessen Spannung erhöht oder erniedrigt oder dessen Phasenlage geändert werden soll, fehlte in der bisherigen Begriffsbestimmung. Dafür war die Einschränkung gemacht, daß die Wicklungen nicht leitend verbunden sein dürften. Diese Forderung erschien nicht gerechtfertigt, denn gerade in Sparschaltung werden die Zusatztransformatoren häufig verwendet. Das einzige Merkmal, das den Zusatztransformator im Gegensatz zum Leistungstransformator kennzeichnet, ist somit sein Verwendungszweck, nicht seine Bauweise (getrennte oder leitend verbundene Wicklungen).

Bei allen drei Arten, den Leistungs-, Spar- und Zusatztransformatoren, wurde ferner in Verfolg der Erweiterung des Geltungsbereiches der Neubearbeitung die einschränkende Kennzeichnung gegeneinander feststehender Wicklungen gestrichen.

Zum Schluß sei noch auf folgende Einzelheiten hingewiesen:

Für die Berechnung des Wirkungsgrades wurde in § 18 eine genaue und eine angenäherte Formel aufgenommen.

Die genormten Nennspannungen (§ 26) für Transformatoren bei 50 Per/s wurden der Neubearbeitung von VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte“<sup>7)</sup> angepaßt. Die bisher genormten Nennspannungen von 5 und 80 kV wurden gestrichen; an Stelle von 100, 200 und 300 kV wurden 110, 220 und 400 kV gesetzt. Einzelheiten siehe E. Krohne, Einführung zu den Änderungen an VDE 0670 „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte“<sup>8)</sup>. Für Einphasen-Transformatoren bei 16½ Per/s, die praktisch nur für die Deutsche Reichsbahn von Bedeutung sind, wurden als Nennspannungen die Betriebsspannungen 220, 6600, 17500 und 115000 V eingesetzt. Diese Werte gelten für Kraft- und Unterwerkstransformatoren, nicht für solche auf Bahnfahrzeugen (siehe VDE 0535).

Den genormten Nennleistungen in § 27 wurden die Werte 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 64 und 100 MVA entsprechend der in Aussicht genommenen Normung von Großtransformatoren hinzugefügt.

<sup>5)</sup> A. Keller, VDE-Fachber, 10 (1938) S. 108.

<sup>6)</sup> Vergleiche z. B. R. Richter, Elektrische Maschinen, 3. Band „Die Transformatoren“, J. Springer, Berlin 1932, S. 133 mit K. Böhle und R. Küchler (Fußnote 1).

<sup>7)</sup> ETZ 61 (1940) H. 8, S. 167.

<sup>8)</sup> ETZ 61 (1940) H. 8, S. 166.

Die Bestimmungen über Schlagweiten von Transformatordurchführungen in § 39 wurden ebenfalls bereits mit Rücksicht auf die Neubearbeitung von VDE 0670 (siehe oben) ergänzt.

Für Trockentransformatoren wurde die Grenzerwärmung für den Eisenkern (§ 54) bei Ausführung der Wicklungen nach Isolationsklasse B oder C von 60° auf 80° heraufgesetzt. Der bisherige Wert von 60° entsprach einer zurückhaltenden Einstellung gegenüber dem Trockentransformator, die heute unter Berücksichtigung der Fortschritte im Bau von Trockentransformatoren nicht mehr am Platze ist und daher aufgegeben wurde.

Zur Berücksichtigung der kommenden Entwicklung wurden in § 64 die Umrechnungsfaktoren für die Berechnung der Kurzschlußverluste auch für Aluminiumwicklungen angegeben.

Bei großen Transformatoren, insbesondere bei solchen in Sparschaltung, ist die Forderung der Beherrschung eines Stoßkurzschlußstromes bis zum 75fachen Wert des Nennstromes aus Festigkeitsgründen im allgemeinen wirt-

schaftlich nicht mehr erfüllbar<sup>9)</sup>. Da außerdem die größte genormte Nennauschaltleistung der Schalter nach § 21 b von VDE 0670<sup>10)</sup> 2500 MVA beträgt, ist hiermit zur Zeit bereits eine Grenze für die Abschaltmöglichkeit des Kurzschlußstromes von Transformatoren gegeben. Eine Kurzschlußleistung von 2500 MVA läßt sich bei Kupferwicklungen auch gerade noch ohne zusätzliche Mittel, wie durch Einbau von Strombegrenzungsdröseln, beherrschen. Den vorstehenden Tatsachen ist in § 68 der Neubearbeitung Rechnung getragen worden.

**Zusammenfassung**

Durch die Neubearbeitung sind die Regeln für Transformatoren in erster Linie auf regelbare Transformatoren erweitert worden. In einigen Punkten wurde Übereinstimmung mit den IEC-Regeln herbeigeführt. Zur Berücksichtigung des technischen Fortschrittes und zur Beseitigung von Unklarheiten wurde eine Reihe neuer Festlegungen getroffen.

<sup>9)</sup> Nach Angabe von Herrn Obering. Köchling.  
<sup>10)</sup> Siehe Fußnote 7.

**Regeln für Transformatoren**

VDE-Ausschuß für Transformatoren

DK 621.314.2(083.133)

**VDE 0532/VI. 40**

**Regeln für Transformatoren**

**Inhaltsübersicht:**

**I. Gültigkeit**

- § 1. Geltungsbeginn.
- § 2. Geltungsbereich.

**II. Begriffserklärungen**

**A. Arten und Regelbarkeit von Transformatoren**

- § 3. Arten von Transformatoren.
- § 4. Regelbarkeit von Transformatoren.

**B. Wicklungen und Änderung der Übersetzung**

- § 5. Einteilung nach Energierichtung.
- § 6. Einteilung nach Netzspannung.
- § 7. Anzapfungen, Hauptanzapfung, Stufen.
- § 8. Anzapfklemmen, Umsteller, Stufenregleinrichtung.
- § 9. Regellbereich.
- § 10. Einteilung nach Schaltgruppen und Schaltungen.

**C. Elektrische Begriffe**

- § 11. Nennbetrieb.
- § 12. Leistung.
- § 13. Übersetzung.
- § 14. Nennspannung.
- § 15. Nennstrom.
- § 16. Nennleistung.
- § 17. Nennfrequenz.
- § 18. Wirkungsgrad.
- § 19. Kurzschlußspannung und -strom.
- § 20. Spannungsänderung.
- § 21. Ungeregelte und geregelte Spannung.

**D. Kühlungs-, Lüftungs-, Schutz- und Betriebsarten**

- § 22. Einteilung nach Kühlungs- und Lüftungsarten.
- § 23. Einteilung nach Schutzarten.
- § 24. Einteilung nach Betriebsarten.

**III. Genormte Werte**

- § 25. Frequenzen.
- § 26. Spannungen.
- § 27. Leistungen.
- § 28. Kurzschluß-Drosselspulen.
- § 29. Anzapfungen.

**IV. Bestimmungen**

**A. Allgemeines**

- § 30. Sinusform von Spannungskurven.
- § 31. Symmetrie von Mehrphasensystemen.
- § 32. Aufstellungsort.
- § 33. Gewährleistungen.
- § 34. Angezapfte Wicklungen.
- § 35. Luftdrosselspulen.
- § 36. Betriebswarmer Zustand.
- § 37. Prüfungen.
- § 38. Erdung.
- § 39. Schlagweiten.
- § 40. Antrieb von Regeltransformatoren.

**B. Betriebsarten**

- § 41. Dauerbetrieb.
- § 42. Kurzzeitiger Betrieb und Dauerbetrieb mit kurzzeitiger Belastung.
- § 43. Aussetzender Betrieb und Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung.
- § 44. Landwirtschaftlicher Betrieb.

**C. Erwärmung**

- § 45. Begriffserklärung für Erwärmung.
- § 46. Probelauf.
- § 47. Bestimmung der Wicklungserwärmung.
- § 48. Erwärmungsmessung des Eisenkernes und des Öles.
- § 49. Berechnung der Wicklungserwärmung aus der Widerstandszunahme.
- § 50. Erwärmungsmessung mit Thermometer.
- § 51. Ausführung der Messungen der Widerstandszunahme und der Erwärmung.
- § 52. Temperatur des Kühlmittels.
- § 53. Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe.
- § 54. Grenzwerte der Erwärmung.
- § 55. Isolierung aus verschiedenen Stoffen.

**D. Isolationsfestigkeit**

- § 56. Allgemeines über die Prüfung der Wicklungsisolation.
- § 57. Wicklungsprüfung.
- § 58. Sprungwellenprüfung.
- § 59. Windungsprüfung.
- § 60. Nachmessen der Widerstände.
- § 61. Durchführungsisolatoren.

**E. Wirkungsgrad und Verluste**

- § 62. Wirkungsgrad.
- § 63. Leerlaufverlust.
- § 64. Kurzschlußverlust.
- § 65. Verluste in Drosselspulen.
- § 66. Leistungsaufnahme von Hilfsgeräten.

**F. Spannung**

- § 67. Spannungsbereich.

**G. Kurzschlußfestigkeit**

- § 68. Stoßkurzschlußstrom.

**H. Schaltzeichen und Klemmenanordnung**

- § 69. Schaltzeichen.
- § 70. Klemmenanordnung.

**J. Parallelbetrieb**

- § 71. Art des Parallelbetriebes.
- § 72. Bedingungen für den Parallelbetrieb.
- § 73. Transformatoren mit Anzapfungen.

**K. Ursprungszeichen und -schilder**

- § 74. Hersteller und Firmenzeichen.
- § 75. Leistungsschild.
- § 76. Bemerkungen zu den Leistungsschildangaben.
- § 77. Mehrfache Stempelungen.
- § 78. Umwicklung.
- § 79. Fremdlüftung und Wasserkühlung.
- § 80. Ölumlaufl.

**L. Toleranzen**

- 31. Zulässige Abweichungen.

**V. Sonderbestimmungen für Transformatoren mit beweglichen Wicklungen**

- § 82. Bestandteile.
- § 83. Übersetzung.
- § 84. Kurzschlußspannung und -strom.
- § 85. Leistungen.
- § 86. Grenzwerte der Erwärmung.
- § 87. Wicklungsprüfung.
- § 88. Stoßkurzschlußstrom.
- § 89. Bedingungen für Parallelbetrieb.
- § 90. Leistungsschild.

**I. Gültigkeit****§ 1****Geltungsbeginn**

Diese Regeln gelten für Transformatoren und Drosselspulen gemäß § 2, deren Herstellung nach dem 1. Juli 1940 begonnen wird<sup>1)</sup>.

**§ 2****Geltungsbereich**

a) Die §§ 5 bis 81 dieser Regeln gelten für die in den §§ 3 und 4 aufgeführten Arten von Transformatoren. Für Transformatoren mit beweglichen Wicklungen gelten außerdem die Sonderbestimmungen in den §§ 82 bis 90.

Diese Regeln gelten ferner für Drosselspulen (DI) und für Kurzschluß-Drosselspulen (KDI), die zur Begrenzung der Kurzschlußströme in eine Energieversorgungsleitung in Reihe eingeschaltet werden.

Abweichungen von diesen Regeln sind ausdrücklich zu vereinbaren. Die Bestimmungen der §§ 74 bis 80 und 90 über die Leistungsschildangaben müssen jedoch immer erfüllt sein.

b) Für Transformatoren in schlagwettergeschützter oder explosionsgeschützter Bauart gelten außerdem VDE 0170 „Vorschriften für schlagwettergeschützte elektrische Betriebsmittel“ und VDE 0171 „Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel“.

c) Für Gleichrichter-Transformatoren gilt außer diesen Regeln VDE 0555 „Regeln für Stromrichter“.

d) Diese Regeln gelten nicht für die in VDE 0535 „Regeln für elektrische Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen“ und für die in VDE 0550 „Vorschriften für Bau und Prüfung von Schutz-, Netzfermelde- und sonstigen Transformatoren für Kleinspannung und Kleinleistung“ angeführten Arten von Transformatoren, soweit nicht (wie z. B. in §§ 3 von VDE 0535/III. 38 und VDE 0550/1936) ausdrücklich auf die vorliegenden Regeln Bezug genommen ist. Sie gelten ferner nicht für die in VDE 0414 „Regeln für Wandler“ angeführten Arten von Strom- und Spannungswandlern. Sie gelten schließlich nicht für Prüftransformatoren und solche Drosselspulen, die Zubehörteile bilden von Anlassern, Meßgeräten und anderen Apparaten oder die in Reihe mit einer Energieversorgungsleitung liegen und zu Überspannungsschutzgeräten gehören.

**II. Begriffserklärungen****A. Arten und Regelbarkeit von Transformatoren****§ 3****Arten von Transformatoren<sup>2)</sup>**

a) Leistungstransformatoren (LT) sind Transformatoren, bei denen die Leistung ausschließlich induktiv übertragen wird und die Wicklungen parallel zu den entsprechenden Stromkreisen liegen.

b) Spartransformatoren (SpT) sind Transformatoren, bei denen die Leistung zum Teil induktiv, zum Teil unmittelbar übertragen wird. Die Wicklungen (Zusatzwicklung und gemeinsame Wicklung) sind leitend miteinander verbunden; die Zusatzwicklung dient zum Erhöhen oder zum Erniedrigen der Spannung oder zum Verdrehen der Phasenlage der Spannung eines Stromkreises.

Spartransformatoren werden angewendet, wenn Primär- und Sekundärspannung nur geringe Unterschiede aufweisen. In Stromkreisen mit mehr als 250 V gegen Erde soll in der Regel der Unterschied nicht mehr als 25% betragen.

Wenn ein Zusatztransformator (siehe c) mit einem nur zu seiner Erregung dienenden Leistungstransformator zusammengebaut ist, der primär mit der Zusatzwicklung des erstgenannten leitend verbunden ist (etwa zum Zwecke der Zwischenkreisregelung), so fällt diese Bauweise unter den Begriff „Spartransformator“.

c) Zusatztransformatoren (ZT) sind Transformatoren zum Erhöhen oder zum Erniedrigen der Spannung oder zum Verdrehen der Phasenlage der Spannung eines Stromkreises, bei denen die Sekundärwicklung (auch Zusatzwicklung genannt) in Reihe mit diesem Stromkreis liegt, und die Primärwicklung zur Erregung des Zusatztransformators aus demselben (Sparschaltung) oder einem anderen Stromkreis dient.

**§ 4****Regelbarkeit von Transformatoren**

a) Transformatoren ohne Regelung unter Last. Die Übersetzung kann entweder gar nicht oder nur nach Abschalten des Transformators und in Stufen geändert werden:

1. mittels Anzapfklemmen (siehe § 8) oder
2. mittels eines Umstellers (siehe § 8).

<sup>1)</sup> Genehmigt durch den Vorsitzenden des VDE im Juni 1940.

<sup>2)</sup> An Stelle von Transformator wird vielfach auch „Umspanner“ gesagt.

b) Regeltransformatoren mit feststehenden Wicklungen (RT). Die Übersetzung kann unter Last geändert werden:

1. mittels einer Stufenregeleinrichtung (Stufenregeltransformatoren), siehe § 8,
2. mittels einer stufenlos arbeitenden Regeleinrichtung,
3. in sonstiger Weise, z. B. durch Änderung der Streuung.

c) Regeltransformatoren mit beweglichen Wicklungen. Die Übersetzung kann unter Last durch Bewegen von Wicklungen gegeneinander geändert werden.

1. Bei Drehtransformatoren (DrT) wird durch Verdrehen des Läufers lediglich die Phase der Spannung der Sekundärwicklung geändert (Doppel-Drehtransformatoren siehe § 89b).
2. Bei Gleittransformatoren (GlT) wird durch Verschieben des Gleiters lediglich die Größe der Sekundärspannung geändert. Primär- und Sekundärwicklung gleiten aneinander vorbei; die Verschiebungsrichtung steht senkrecht auf der Wicklungsachse.
3. Bei Schubtransformatoren (SchT) wird durch Verschieben des Gleiters lediglich die Größe der Sekundärspannung geändert. Primär- und Sekundärwicklung sind konzentrisch angeordnet; die Verschiebung erfolgt in Richtung der Wicklungsachse.

**B. Wicklungen und Änderung der Übersetzung****§ 5****Einteilung nach Energierichtung**

a) Primärwicklung ist die elektrische Leistung aufnehmende Wicklung.

b) Sekundärwicklung ist die elektrische Leistung abgebende Wicklung.

Ein Transformator kann mehrere Primär- und Sekundärwicklungen haben.

c) Ausgleichswicklung ist eine in sich geschlossene Wicklung, die keine Leistung abgibt.

Die Hauptaufgabe einer Ausgleichswicklung besteht bei Transformatoren in Stern-Stern-Schaltung in der Festlegung des Sternpunktes (Ausgleich der Sternpunkt-Unsymmetrie).

**§ 6****Einteilung nach Netzspannung**

[Wie § 5 von VDE 0632/XII. 37]

**§ 7****Anzapfungen, Hauptanzapfung, Stufen**

a) Anzapfungen sind zusätzliche Wicklungsanschlüsse zur Änderung der Übersetzung.

b) Als Hauptanzapfung gilt diejenige Anzapfung, die genau der vom Besteller angegebenen Betriebsspannung entspricht oder dieser am nächsten kommt. In Fällen, in denen die Spannung nicht vom Besteller angegeben ist, gilt bei ungerader Zahl von Anschlüssen der mittlere als Hauptanzapfung, bei gerader Zahl von Anschlüssen derjenige der beiden mittleren, der der größeren Windungszahl entspricht.

c) Stufen sind die Windungs- bzw. Spannungsschritte zwischen zwei einander folgenden Wicklungsanschlüssen.

**§ 8****Anzapfklemmen, Umsteller, Stufenregeleinrichtung**

- a) Das Einstellen der Wicklungsanschlüsse erfolgt
- mittels Anzapfklemmen oder
  - mittels Umsteller oder
  - mittels Stufenregeleinrichtung.

Umsteller bzw. Stufenregeleinrichtung stehen auf einer Anzapfung oder Stellung (nicht auf einer Stufe) und schalten Stufen.

b) Die Anzapfklemmen und der Umsteller dienen zum Einstellen der Wicklungsanschlüsse im spannungslosen Zustand.

c) Die Stufenregeleinrichtung, die mit dem Transformator baulich verbunden oder getrennt von ihm aufgestellt sein kann, dient zum Einstellen der Wicklungsanschlüsse unter Last. Zwei Ausführungen werden unterschieden:

**Ausführung 1:**

Diese besteht aus einem Lastschalter und einem Wähler mit oder ohne Wender.

Der Lastschalter dient zum unterbrechungsfreien Umlegen der Last um eine Regelstufe.

Der Wähler dient zum Einstellen aufeinander folgender Anzapfungen im stromlosen Zustand, aber unter Spannung.

Er kann auch als Grob/Feinwähler ausgeführt werden und besteht dann aus je einem Wähler für die Grob- und für die Feinstufen.

Der Wender kehrt den Regelsinn um und verdoppelt die Stufenzahl und den Regelbereich. Er wird entweder stromlos, aber unter Spannung oder unter Strom, aber bei Spannungsgleichheit zwischen den Kontakten umgelegt.

Bei Ausführung 1 tritt eine Abnutzung durch Lichtbogen nur an den Kontakten des Lastschalters auf.

**Ausführung 2:**

Diese besteht aus einem Lastwähler mit oder ohne Wender.

Der Lastwähler dient zum Einstellen aufeinander folgender Anzapfungen unter Last. Er kann auch als Grob/Feinwähler ausgeführt werden.

Über den Wender siehe unter Ausführung 1.

Im Gegensatz zu Ausführung 1 tritt bei Ausführung 2 eine Abnutzung durch Lichtbogen an den Kontakten des Lastwählers auf.

§ 9

**Regelbereich**

Regelbereich ist der Unterschied zwischen der höchsten und der niedrigsten durch Anzapfklemmen, Umsteller oder Regeleinrichtung einstellbaren Spannung.

§ 10

**Einteilung nach Schaltgruppen und Schaltungen**

In Tafel I sind die gebräuchlichen Schaltgruppen und Schaltungen zusammengestellt. Bei der Planung neuer Anlagen werden die Schaltungen A 2, C 1, C 2, C 3 zur Bevorzugung empfohlen.

(Es folgt die Tafel I, bei der eine letzte Spalte mit den entsprechenden IEC-Bezeichnungen der Schaltungen hinzugefügt ist.)

Tafel I. Schaltgruppen und Schaltungen von Transformatoren

I	II	III	IV	V
VDE-Bezeichnung		Vektorbild		IEC-Bezeichnung
Schaltgruppe	Schaltung	Ober- spannung	Unter- spannung	der Schaltungen
<b>I Dreiphasen-Transformatoren</b>				
A	A 1			D d 0
	A 2			Y y 0
	A 3			D z 0
B	B 1	(Vektor- und Schaltungs- bilder wie in VDE 0532/XII. 37)		D d 6
	B 2		Y y 6	
	B 3		D z 6	
C	C 1			D y 5
	C 2			Y d 5
	C 3			Y z 5
D	D 1			D y 11
	D 2			Y d 11
	D 3			Y z 11
<b>II. Einphasen-Transformatoren</b>				
E	—	Der Schaltsinn ist so, daß der Wicksinn, von gleichbezeichneten Klemmenausgängen, gleichsinnig ist		—

Nach den IEC-Regeln für Transformatoren werden die Schaltungen von Drehstromtransformatoren mit folgenden sinnfälligen Kennbuchstaben bezeichnet:

Schaltungsart	Oberspannungs- seite	Unterspannungs- seite
Dreieck . . . . .	D	d
Stern . . . . .	Y	y
Zickzack . . . . .	Z	z

Zur Kennzeichnung der Schaltung ist zunächst der Kennbuchstabe für die Schaltung der Oberspannungswicklung, sodann der Kennbuchstabe für die Schaltung der Unterspannungswicklung und schließlich eine Kennzahl zur Bezeichnung der Phasenverschiebung der Spannungsvektoren zweier zugehöriger Wicklungsstränge der Ober- und Unterspannungsseite anzugeben.

Hierbei wird die Richtung der Spannungsvektoren im Vektordiagramm vom vorhandenen oder angenommenen Sternpunkt aus zu den Klemmen zugehöriger Wicklungsstränge der Ober- bzw. Unterspannungsseite hin gerechnet. Die oben erwähnte Kennzahl erhält man folgendermaßen:

Der Vektor der Oberspannungsseite wird mit dem auf zwölf stehenden Minutenzeiger einer Uhr zur Deckung gebracht, deren Stundenzeiger in die Richtung des Vektors der Unterspannungsseite eingestellt ist. Der Stundenzeiger gibt dann auf dem Zifferblatt die oben genannte Kennzahl an. Zeigt er auf 12, d. h. beträgt die Phasenverschiebung 0°, so ist nicht 12,

sondern 0 als Kennzahl anzugeben. Diese Kennzahl gibt — mit 30 multipliziert — den Phasenwinkel zwischen dem Oberspannungs- und dem Unterspannungsvektor an.

**Beispiel:**

Schaltungsbezeichnung nach VDE: C 1  
nach IEC: D y 5

Phasenwinkel:  
5 × 30 = 150°

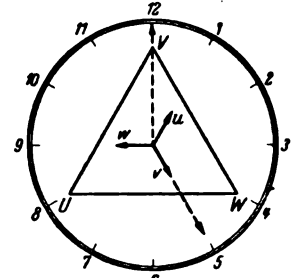


Bild 1.

Die Schaltung bei Drehstromtransformatoren wird nach dem Verwendungszweck gewählt. Wenn keine besonderen Gründe vorliegen, wird gewöhnlich Stern-Stern-Schaltung vorgesehen. Diese Schaltung eignet sich jedoch nur für Betriebe, in denen der sekundäre Sternpunkt überhaupt nicht oder nur zu Erdungszwecken benutzt wird. Bei dreischenkigen Kerntransformatoren ist eine Belastung des Sternpunktes mit höchstens 10% des Nennstromes, bei Manteltransformatoren dagegen überhaupt nicht zulässig. Zur Speisung von Verteilungsnetzen mit viertem (neutralem) Leiter eignet sich diese Schaltung somit meistens nicht; es wird dann vorteilhaft bei kleineren Leistungen Stern-Zickzack-Schaltung und bei größeren Leistungen Dreieck-Stern-Schaltung vorgesehen. Beide Schaltungen sind in dieser Beziehung gleichwertig. Es sind meistens Fragen konstruktiver Natur, die den Hersteller veranlassen, entweder Stern-Zickzack oder Dreieck-Stern zu empfehlen. Dreieck-Stern-Schaltung oder Stern-Dreieck-Schaltung wird bei großen Transformatoren außerdem oft gewählt, um das Austreten eines magnetischen Flusses aus dem Kern und damit zusätzliche Verluste zu vermeiden. Durch Hinzufügen einer Ausgleichswicklung (siehe § 6) erhält auch der Transformator in Stern-Stern-Schaltung die Eigenschaften eines Transformators in Dreieck-Stern-Schaltung.

Transformatoren, die der gleichen Schaltgruppe angehören, laufen unter sich ohne weiteres bei Verbindung gleichnamiger Klemmen parallel, entsprechende Kurzschlußspannung und gleiches Leerlauf-Übersetzungsverhältnis vorausgesetzt (siehe §§ 71 bis 73).

Von Transformatoren verschiedener Schaltgruppen können nur diejenigen der Gruppen C und D parallel laufen, wenn ihre Klemmen nach folgendem Schema verbunden werden:

		Oberspannung			Unterspannung		
Sammelschienen		R	S	T	r	s	t
Transformatoren	Schaltgruppe C	U	V	W	u	v	w
	Schaltgruppe D, wahlweise	U	W	V	w	v	u
		W	V	U	v	u	w
		V	U	W	u	w	v

Werden in Ausnahmefällen andere Kombinationen von Schaltungen der Ober- und Unterspannungswicklungen bei Drehstromtransformatoren benutzt, so wird als Bezeichnung für diese Schaltung der Buchstabe derjenigen Schaltgruppe (ohne Zahl) gewählt, mit deren zugehörigen normalen Schaltungen nach Tafel I Parallelauf bei Verbindung gleichnamiger Klemmen möglich ist. Beispielsweise wird die Schaltung nach Bild 2 als Schaltung C (ohne Zahl) bezeichnet.

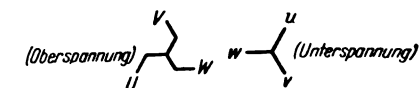


Bild 2.

**C. Elektrische Begriffe**

§ 11

**Nennbetrieb**

Nennbetrieb heißt der Betrieb des Transformators mit der Nennprimärspannung (siehe § 14), der Nennfrequenz (siehe § 17), dem Nennsekundärstrom (siehe § 15) und der Betriebsart (siehe § 24), die auf dem Leistungsschild genannt sind.

§ 12

**Leistung**

[Wie § 10 von VDE 0532/XII. 37]

§ 13

**Übersetzung**

a) Übersetzung ist das Verhältnis der Spannung der Wicklung mit der größeren Windungszahl zur Spannung der Wicklung mit der kleineren Windungszahl, und zwar bei Leerlauf.

Das Verhältnis der Spannungen bei Leerlauf stimmt unter Vernachlässigung des Spannungsabfalles durch den Leerlaufstrom bei Transformatoren mit feststehenden Wicklungen im allgemeinen mit genügender Genauigkeit mit dem Verhältnis der Windungszahlen unter Berücksichtigung der Schaltart überein. Bezüglich Transformatoren mit beweglichen Wicklungen siehe § 83.



Die Ermittlung der Übersetzung kann auch bei Spannungen erfolgen, die niedriger als die Nennspannungen sind.

b) Bei Spartransformatoren ist als größere Windungszahl diejenige der Summe der gemeinsamen Wicklung und der Zusatzwicklung (siehe § 3) einzusetzen, als kleinere Windungszahl diejenige der gemeinsamen Wicklung.

§ 14

Nennspannung

a) Nennprimärspannung ist die Spannung, für die die Primärwicklung gebaut ist. Bei Transformatoren mit angezapften Wicklungen gilt als Nennprimärspannung die Spannung der Hauptanzapfung (siehe § 7); sie wird durch Vorsetzen von „Nenn-“ auf dem Leistungsschild gekennzeichnet.

Der Nennwert der Spannung muß als solcher gekennzeichnet sein, weil bei Transformatoren mit angezapften Wicklungen auch die diesen Anzapfungen entsprechenden Spannungen auf das Leistungsschild gestempelt werden. Aus dem Leistungsschild ist also genau ersichtlich, welche Spannung und damit welche Wicklungsanzapfung für den Nennbetrieb maßgebend ist.

b) Nennsekundärspannung ist die bei Leerlauf des Transformators an den Klemmen der Sekundärwicklung auftretende Spannung bei Speisung der Primärwicklung mit der Nennspannung.

Bei Leistungstransformatoren mit angezapften Sekundärwicklungen gilt als Nennsekundärspannung die Spannung der Hauptanzapfung, bei Zusatz- und Spartransformatoren mit angezapften Sekundärwicklungen die Spannung bei Einschaltung aller Windungen.

Zu beachten ist, daß die Nennsekundärspannung die Sekundärspannung des leerlaufenden Transformators ist. Die wirklich bei Nennbetrieb auftretende Sekundärspannung ist nach § 20 zu berechnen.

Ist ein Zusatztransformator so gebaut, daß die vektorielle Lage der Zusatzspannung zur unregelmäßigen Spannung (siehe § 21) einem Winkel von 0° oder 180° entspricht, so gilt als Nennsekundärspannung der höchste erreichbare Wert.

c) Die magnetische Beanspruchung des Eisenkernes ist auf die Nennprimärspannung zu beziehen.

§ 15

Nennstrom

a) Nennsekundärstrom ist der Vollaststrom, für den die Sekundärwicklung bemessen ist.

b) Nennprimärstrom ist der Strom, der sich ergibt, wenn man den Nennsekundärstrom mit dem Verhältnis von Nennsekundär- zu Nennprimärspannung multipliziert.

Der Primärstrom, den der Transformator aufnimmt, wenn er mit der Nennprimärspannung gespeist wird und den Nennsekundärstrom abgibt, ist bei  $\cos \varphi = 1$  etwa gleich dem Nennprimärstrom, da Leerlaufstrom und Spannungsabfall dann vernachlässigbar sind. Bei kleinerem Leistungsfaktor ist der Primärstrom etwas verschieden von dem Nennprimärstrom wegen des wachsenden Einflusses von Leerlaufstrom und Spannungsabfall.

§ 16

Nennleistung

a) Nennleistung ist die als Produkt aus Nennsekundärspannung, Nennsekundärstrom und Phasenfaktor berechnete Scheinleistung. Sie ist als „Typenleistung“ des Transformators anzusehen und verschieden von der bei Nennbetrieb abgegebenen Scheinleistung, da die Nennsekundärspannung (Leerlaufspannung) sich um den Betrag des inneren Spannungsabfalles von der sekundären Klemmenspannung unterscheidet (siehe § 14).

b) Nennleistung bei Gleichrichter-Transformatoren ist die auf dem Leistungsschild angegebene Scheinleistung, die der Transformator im zugehörigen Gleichrichterbetrieb dauernd aufnehmen kann. Sie wird errechnet als Produkt aus Nennprimärstrom, Nennprimärspannung und Phasenfaktor (siehe auch § 4 von VDE 0555/1936).

§ 17

Nennfrequenz

Nennfrequenz ist die Frequenz, für die der Transformator gebaut ist.

§ 18

Wirkungsgrad

a) Der Wirkungsgrad ist gegeben durch das Verhältnis

$$\eta = \frac{N_2}{N_2 + V}$$

wobei  $N_2$  die Abgabe und  $V$  die Verluste bedeuten.

b) Wird der Wirkungsgrad ohne nähere Bezeichnung des Leistungsfaktors angegeben, so gilt er für einen sekundären Leistungsfaktor  $\cos \varphi_2 = 1$ .

c) Die Abgabe  $N_2$  bei Vollast errechnet sich gemäß der Begriffserklärung nach § 12, Absatz 4, aus der Nennleistung  $N$ , dem sekundären Leistungsfaktor  $\cos \varphi_2$  und der prozentualen Spannungsänderung  $u_\varphi$  (siehe § 20) zu

$$N_2 = N \cos \varphi_2 \left(1 - \frac{u_\varphi}{100}\right) \text{ für Vollast.}$$

d) Angenähert kann der Wirkungsgrad  $\eta$  für Vollast nach der Formel

$$\eta \approx 100 - \frac{V}{N \cos \varphi_2} \cdot 100 \text{ in \%}$$

berechnet werden.

§ 19

Kurzschlußspannung und -strom

a) Kurzschlußspannung von Leistungs- und Zusatztransformatoren ist die Spannung, die

entweder bei kurzgeschlossenener Sekundärwicklung an die Primärwicklung gelegt werden müßte, damit sie den Nennprimärstrom aufnimmt,

oder bei kurzgeschlossenener Primärwicklung an die Sekundärwicklung gelegt werden müßte, damit sie den Nennsekundärstrom aufnimmt.

b) Die Nennkurzschlußspannung  $u_k$  wird bei Leistungs- und Zusatztransformatoren aus der bei Schaltung auf die Hauptanzapfung gemessenen Kurzschlußspannung berechnet; sie wird in Prozenten der Nennprimärspannung ausgedrückt.

Für die Berechnung der Nennkurzschlußspannung ist bei Transformatoren der Betriebsart DB unter 10 kVA die Wicklungstemperatur des betriebswarmen Zustandes, bei Transformatoren der Betriebsart LB eine Wicklungstemperatur von 50°, bei allen übrigen Transformatoren eine Wicklungstemperatur von 75° zugrunde zu legen.

Bei großem Anzapfbereich können unter Umständen die Kurzschlußspannungen der höchsten bzw. niedrigsten Anzapfung erheblich von der Nennkurzschlußspannung abweichen. Hierauf ist bei Parallelbetrieb von mehreren Transformatoren zu achten.

Bei Zusatztransformatoren mit Anzapfungen an der Zusatzwicklung wird die Nennkurzschlußspannung bei Einschaltung aller Windungen bestimmt.

c) Bei Spartransformatoren wird die Kurzschlußspannung nach Bild 3 gemessen.

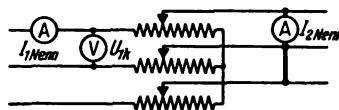


Bild 3.

(Die folgenden Bildzahlen erhöhen sich entsprechend.)

d) Eingebaute Kurzschlußbegrenzungsdrosselspulen sind bei Ermittlung der Kurzschlußspannung mit einzubeziehen.

e) Nennkurzschlußstrom ist der Primärstrom, der im betriebswarmen Zustand aufgenommen würde, wenn bei kurzgeschlossenener Sekundärwicklung die Nennspannung an die Primärwicklung gelegt würde. Dieses bezieht sich bei Leistungs- und Zusatztransformatoren mit angezapften Wicklungen auf die Hauptanzapfung, bei Spar- und Zusatztransformatoren mit angezapften Wicklungen auf die der vollen Windungszahl entsprechende Anzapfung.

Der Nennkurzschlußstrom kann als Vielfaches des Nennprimärstromes ausgedrückt werden. Es ist dann

$$\frac{\text{Nennkurzschlußstrom}}{\text{Nennprimärstrom}} = \frac{1}{\text{Nennkurzschlußspannung}}$$

Beispiel: Bei einer Nennkurzschlußspannung von 5% beträgt der Nennkurzschlußstrom das  $\frac{1}{5\%} = \frac{100}{5} = 20$ fache des Nennstromes.

§ 20

Spannungsänderung

[Wie § 16 von VDE 0532/XII. 37, jedoch erhalten die letzten Zeilen folgende Fassung:]

Die Spannungsänderung wird daher

$$\begin{aligned} u_\varphi &= 4,94\% + 0,5 (-0,42\%)^2 \\ &= \frac{4,94}{100} + 0,5 \left(\frac{-0,42}{100}\right)^2 \\ &= \frac{4,94 + 0,005 (-0,42)^2}{100} \approx \frac{4,94}{100} = 4,94\% \end{aligned}$$

§ 21

Unregelmäßige und geregelte Spannung

Bei Regeltransformatoren bedeutet unregelmäßige Spannung die dem Regeltransformator auf der Erzeugerseite zugeführte Spannung,

geregelte Spannung die von dem Regeltransformator an der Verbraucherseite abgegebene Spannung.

**D. Kühlungs-, Lüftungs-, Schutz- und Betriebsarten**  
§§ 22 bis 24

[Wie §§ 18, 18a und 18b von VDE 0532/XII. 37.]

**III. Genormte Werte**

§ 25

Frequenzen

[Wie § 19 von VDE 0532/XII. 37.]

§ 26

Spannungen

Tafel II. Genormte Spannungen in Volt für Wechsel- und Drehstrom-Transformatoren über 100 V bei 50 Per/s.

I Reihen- spannung nach VDE 0670	II Nenn- primär- spannung	III Nenn- sekundär- spannung
—	125	130
—	220	230
—	380	400
—	500	525
1 000	1 000	1 050
3 000	3 000	3 150
6 000*)	6 000	6 300
10 000	10 000	10 500
—	15 000	15 750
20 000	20 000	21 000
30 000	30 000	31 500
45 000	45 000	47 250
60 000	60 000	65 000
110 000	110 000	115 500
150 000	150 000	157 500
220 000	220 000	231 000
400 000	400 000	420 000

\*) Die Reihenspannung 6000 V gilt nach VDE 0670 nur für geschlossene und gekapselte Geräte (siehe DIN VDE 50, Beiblatt 3).

Für Einphasen-Transformatoren bei 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Per/s gelten bei der Deutschen Reichsbahn als Nennspannungen folgende Werte:

220, 6600, 17 500, 115 000 V.

§ 27

Leistungen

[Wie § 19b von VDE 0532/XII. 37. Es werden in Tafel III jedoch noch folgende genormte Nennleistungen in kVA hinzugefügt:]

12 500, 16 000, 20 000, 25 000, 32 000, 40 000, 64 000, 100 000.

§ 28

Kurzschluß-Drosselspulen

[Wie § 19c von VDE 0532/XII. 37; in Tafel IV wird jedoch die Netzspannung 5 kV gestrichen, und die Netzspannungen 6 und 15 kV werden nicht mehr durch Fettdruck hervorgehoben. Ferner fallen die kleingedruckten Bemerkungen innerhalb der Tafel fort.]

§ 29

Anzapfungen

Bei Transformatoren mit Anzapfungen, die nicht besonderen Zwecken dienen, sind zwei Stufen üblich.

Siehe auch

DIN VDE 2600 „Einheitstransformatoren, Hauptreihe HET, 5 bis 100 kVA“,

DIN VDE 2601 „Einheitstransformatoren, Sonderreihe SET, 5 bis 50 kVA“ und

DIN VDE 2603 „Transformatoren mit Ölkühlung und Kupferwicklung für Drehstrom 50 Per/s, 5 bis 1600 kVA“ (in Vorbereitung).

**IV. Bestimmungen**

**A. Allgemeines**

§§ 30 bis 33

[Wie §§ 21 bis 24 von VDE 0532/XII. 37.]

§ 34

Angezapfte Wicklungen

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß bei Wicklungen mit Anzapfungen die Hauptanzapfung eingestellt ist.

Bei Anzapfungen bis einschließlich ± 5% der Windungszahl der Hauptanzapfung beziehen sich die Bestimmungen über die Erwärmung bei allen Anzapfungen auf die Nennleistung.

§§ 35 bis 38

[Wie §§ 25a, 26, 27 und 27a von VDE 0532/XII. 37.]

§ 39

Schlagweiten

a) Für die in Luft befindlichen Teile der Isolatoren (Innenraum-, Freiluft- sowie geschlossene und gekapselte Ausführung) von Transformatoren gelten die in § 23 von VDE 0670/....\* „Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsgeräte“ in Tafel III, Spalten 2 und 3 festgesetzten Schlagweiten.

b) Bei Freiluft-Transformatoren, deren Isolatoren mit Parallelfunkstrecken ausgerüstet sind, gilt für diese die Schlagweite c nach § 23 von VDE 0670/....\*, für die Schlagweite zwischen den Leitern mindestens das gleiche Maß c.

c) Die in § 23 von VDE 0670/....\* festgelegten Schlagweiten unter Öl gelten nicht für die Stufenregleinrichtung (s. § 8).

§ 40

Antrieb von Regeltransformatoren

Der motorische Antrieb von Regeltransformatoren ist nach VDE 0650 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten“ zu prüfen.

**B. Betriebsarten**

§§ 41 bis 44

[Wie §§ 29 bis 32 von VDE 0532/XII. 37.]

**C. Erwärmung**

§§ 45 bis 52

[Wie §§ 33 bis 40 von VDE 0532/XII. 37.]

§ 53

Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe

[Wie § 41 von VDE 0532/XII. 37; der erste und zweite Satz der Fußnote unter Tafel V erhält jedoch die folgende Fassung:]

Eine Isolierung wird als „getränkt“ bezeichnet, wenn die Luft zwischen den Fasern durch einen geeigneten Stoff ersetzt wird, auch wenn dieser Stoff nicht alle Räume zwischen den einzelnen isolierten Leitern vollständig ausfüllt.

Sind diese Zwischenräume vollständig ausgefüllt, so wird die Isolierung als „in Füllmasse“ bezeichnet.

§ 54

Grenzwerte der Erwärmung

[Wie § 42 von VDE 0532/XII. 37, jedoch wird in Tafel VI „Grenzerwärmungen“ nachstehende Änderung vorgenommen:]

Tafel VI. Grenzerwärmungen

	I	II	III	IV	V
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse*)	A	A <sub>0</sub>	B	C
1	Alle Wicklungen mit Ausnahme von 2	60°	70°	80°	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile
2	Einlagige blanke, ebenso dauernd kurzgeschlossene Wicklungen**)	65°	75°	85°	
3	Eisenkerne bei	Trocken- transformatoren	60°	—	80°
4		Öltransformatoren	—	70°	—

\*) [Fußnoten wie in Tafel VI von VDE 0532/XII. 37.]  
\*\*) [Fußnoten wie in Tafel VI von VDE 0532/XII. 37.]

§ 55

Isolierung aus verschiedenen Stoffen

[Wie § 43 von VDE 0532/XII. 37.]

\* Entwurf in ETZ 61 (1940) H. 8, S. 179; Schlußfassung erscheint demnächst.

**D. Isolationsfestigkeit****§ 56**

Allgemeines über die Prüfung der Wicklungsisolations.

[Wie § 46 von VDE 0532/XII. 37, jedoch überall statt „Wicklungsprobe“, „Sprungwellenprobe“, „Windungsprobe“ — „-prüfung“.]

**§ 57****Wicklungsprüfung**

Die Wicklungsprüfung dient zur Feststellung der ausreichenden Isolation von Wicklungen und der gegebenenfalls mit diesen verbundenen Stufenregleinrichtungen gegeneinander und gegen Körper.

[Im übrigen wie § 47 von VDE 0532/XII. 37, jedoch überall statt „Wicklungsprobe“ — „Wicklungsprüfung“.]

Außerdem ändern sich die Ziffern 2. und 3. folgendermaßen:

2. bei leitend verbundenen Wicklungen eines oder mehrerer Transformatoren (z. B. bei Spartransformatoren) die höchste gegen Körper bei Körperschluß eines Poles auftretende Spannung.
3. bei Wicklungen von Zusatztransformatoren mit getrennten Wicklungen die Nennspannung des Stromkreises, mit dem die Wicklung in Reihe liegt.

[Der Absatz: „Empfohlen wird, entsprechend dem Gebrauch bei Hochspannungsgeräten ...“ und der folgende Text in Kleindruck fallen fort. Rest wie § 47 von VDE 0532/XII. 37.]

**§ 58****Sprungwellenprüfung**

[Wie § 48 von VDE 0532/XII. 37, jedoch überall „-prüfung“ statt „-probe“; außerdem wird ein neuer 2. Absatz mit folgendem Wortlaut eingeschoben:]

Bei Transformatoren mit Anzapfungen ist die Sprungwellenprüfung nur einmal, und zwar bei Einschaltung aller Windungen, vorzunehmen.

[Der vorletzte Absatz erhält folgende Fassung:]

Bei Zusatztransformatoren ist die Sprungwellenprüfung mit den betriebsmäßig für den Schutz der Zusatzwicklung vorgesehenen Einrichtungen vorzunehmen.

**§ 59****Windungsprüfung**

Die Windungsprüfung dient zur Feststellung der ausreichenden Isolation benachbarter Windungen und gegebenenfalls blanker Kontakte von Stufenregleinrichtungen gegeneinander und zum Auffinden von Wicklungsdurchschlägen, die durch die Sprungwellenprüfung eingeleitet sind.

[Im übrigen wie § 49 von VDE 0532/XII. 37, jedoch überall „-prüfung“ statt „-probe“.]

**§ 60****Nachmessen der Widerstände**

[Wie § 50 von VDE 0532/XII. 37.]

**§ 61****Durchführungsisolatoren**

Die Prüfung mit Wechselspannung ist nach § 36a, Ziffer 3 von VDE 0670/...\*) vorzunehmen. Sie kann nur entweder an den zu dem Transformator gehörenden Durchführungen vor Zusammenbau mit dem Transformator, jedoch mit zugehörigem Flansch, oder bei Verzicht auf diese Art der Prüfung an Durchführungen gleichen Typs verlangt werden.

Durchführungsisolatoren innerhalb des Transformatorbessels fallen nicht unter diese Bestimmungen, z. B. Durchführungen für Anzapfleitungen zum angebauten, ölgefüllten Kessel einer Stufenregleinrichtung.

[Die Tafel X aus VDE 0532/XII. 37 fällt fort; die Nummern der folgenden Tafeln ändern sich entsprechend.]

**E. Wirkungsgrad und Verluste****§ 62****Wirkungsgrad**

[Wie § 52 von VDE 0532/XII. 37.]

**§ 63****Leerlaufverlust**

[Wie § 52a von VDE 0532/XII. 37. Der letzte Satz des großgedruckten Absatzes erhält jedoch folgende Fassung:]

\*) Siehe Anmerkung zu § 39.

Bei Transformatoren mit Anzapfungen ist die Primärspannung an die zugehörige Anzapfung (die Nennprimärspannung also an die Hauptanzapfung) anzulegen.

**§ 64****Kurzschlußverlust**

[Wie § 53 von VDE 0532/XII. 37. Der erste Absatz in Kleindruck erhält jedoch die Fassung:]

Hierbei ist zu beachten, daß der dem Gleichstromwiderstand entsprechende Teil der Verluste bei Kupferwicklungen im Verhältnis  $\frac{310}{235 + \vartheta}$  zu erhöhen, der den Wirbelstromverlusten entsprechende Teil dagegen im Verhältnis  $\frac{235 + \vartheta}{310}$  zu erniedrigen ist. Bei Aluminium-Wicklungen lauten die vorstehenden Werte  $\frac{320}{245 + \vartheta}$  bzw.  $\frac{245 + \vartheta}{320}$ .

[Am Schluß des kleingedruckten Textes wird folgender Zusatz eingefügt:]

Bei Transformatoren für landwirtschaftlichen Betrieb (LB) sind die gemessenen Kurzschlußverluste auf 50° umzurechnen.

Die vorstehend bei Umrechnung auf 75° angegebenen Umrechnungsfaktoren ändern sich dann bei Kupferwicklungen in  $\frac{285}{235 + \vartheta}$  bzw.  $\frac{235 + \vartheta}{285}$ , bei Aluminiumwicklungen in  $\frac{295}{245 + \vartheta}$  bzw.  $\frac{245 + \vartheta}{295}$ .

[Im übrigen bleibt der bisherige § 53 von VDE 0532/XII. 37 bestehen.]

**§§ 65 und 66.**

[Wie §§ 54 und 55 von VDE 0532/XII. 37.]

**F. Spannung****§ 67****Spannungsbereich**

[Wie § 56 von VDE 0532/XII. 37.]

**G. Kurzschlußfestigkeit****§ 68****Stoßkurzschlußstrom**

Transformatoren (LT, SpT, ZT) sowie Drosselspulen (Dl) müssen ihren größtmöglichen Stoßkurzschlußstrom aushalten können, jedoch nicht mehr als das  $30 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{2}$ -fache (rd. das 75fache) des Nennstromes (Effektivwert), höchstens aber einen Stoßkurzschlußstrom, der der größten genormten Nennauschaltleistung von 2500 MVA entspricht (siehe § 21b von VDE 0670/...\*).

[Im übrigen wie § 57 von VDE 0532/XII. 37.]

**H. Schaltzeihen und Klemmenanordnung****§ 69****Schaltzeichen**

Zur Kennzeichnung der Schaltart von Wechselstromwicklungen sind die Schaltzeichen nach DIN VDE 710 zu verwenden.

**§ 70****Klemmenanordnung**

[Wie § 59 von VDE 0532/XII. 37.]

**J. Parallelbetrieb****§§ 71 und 72**

[Wie §§ 60 und 61 von VDE 0532/XII. 37.]

**§ 73****Transformatoren mit Anzapfungen**

Bei Transformatoren mit angezapften Wicklungen kann der einwandfreie Parallelbetrieb nicht immer auf allen Stellen verlangt werden, wenn die Spannungsabstufungen nicht genügend gleich gewählt werden können.

Dieser Fall kann eintreten, wenn die Spannungen klein sind und die Spannung je Windung bei beiden Transformatoren verschieden groß ist.

Sollen Regeltransformatoren in Sparschaltung parallel arbeiten und parallel gesteuert werden, so treten infolge der geringen Kurzschlußspannung bereits bei kleinen Abweichungen der Anzapfspannungen voneinander gefährlich hohe Ausgleichsströme auf. Hiergegen sind besondere Maßnahmen zu treffen, beispielsweise sind ausreichende Drosselspulen vorzuschalten.

\*) Siehe Anmerkung zu § 39.

**K. Ursprungszeichen und -schilder**

§ 74

**Hersteller- und Firmenzeichen**

[Wie § 63 von VDE 0532/XII. 37.]

§ 75

**Leistungsschild**

a) Jeder Transformator muß ein Leistungsschild tragen; dieses soll so befestigt werden, daß es auch im Betriebe bequem gelesen werden kann.

b) Auf dem Leistungsschild sind deutlich und haltbar folgende Angaben anzubringen:

1. Modellbezeichnung oder Listennummer,
2. Fertigungsnummer,
3. Art und Regelbarkeit.

Unter Art ist anzugeben: LT, SpT, ZT, DI oder KDI. Hinsichtlich der Regelbarkeit ist anzugeben: RT, DrT, GIT oder SchT.

Erklärung der Abkürzungen siehe §§ 3 und 4.

Bei der Angabe der Regelbarkeit kann der Buchstabe T fortfallen, z. B. lautet die Bezeichnung für einen Spartransformator, der als Regeltransformator mit feststehenden Wicklungen gebaut ist: SpT/R.

4. Nennleistung,
5. Nennprimärstrom,
6. Betriebsart,
7. Nennfrequenz,
8. Kühlungsart,
9. bis 14. Zusätzliche Angaben nach Tafel XI bzw. nach c), d) oder e).

Tafel XI. Zusätzliche Angaben.

Lfd. Nr.	I Leistungs- transformator LT	II Spar- transformator SpT	III Zusatz- transformator ZT	IV Drossel- spule DI
9.	—	—	Netzspannung	Netzspannung
10.	Nenn- primärspannung	Nenn- primärspannung	Nenn- primärspannung	Nenn- primärspannung
11.	Nenn- sekundär- spannung	Nenn- sekundär- spannung	Nenn- sekundär- spannung	—
12.	Nenn- sekundärstrom	Nenn- sekundärstrom	Nenn- sekundärstrom	—
13.	Schaltung	—	Schaltung	—
14.	Nenn- kurzschluß- spannung	Nenn- kurzschluß- spannung	Nenn- kurzschluß- spannung	—

c) Bei Kurzschlußdrosselspulen (KDI) sind zusätzlich zu b) die folgenden Vermerke auf dem Leistungsschild anzugeben:

Netzspannung (bei einphasigen Kurzschlußdrosselspulen im Drehstromnetz der Bruch  $\frac{\text{Netzspannung}}{\sqrt{3}}$ , z. B.  $\frac{6000}{\sqrt{3}}$ ),

- Nennspannung in Volt und in Prozent,
- Nenndauerstrom,
- Dauerkurzschlußstrom,
- größte Kurzschlußzeit.

d) Für Transformatoren mit Anzapfungen oder Stufenregleinrichtung gilt zusätzlich zu b) folgendes:

Wenn ein Transformator mit einer oder zwei Anzapfungen versehen ist, so sind die den Anzapfungen entsprechenden Spannungen und die zugehörigen Ströme (wenn vom Nennstrom abweichend) auf dem Leistungsschild zu vermerken. Wenn mehr als zwei Anzapfungen vorgesehen sind, so brauchen nur die der Hauptanzapfung und den Endstellungen entsprechenden Spannungen und Ströme auf dem Leistungsschild vermerkt zu werden (siehe § 29).

Der Regelbereich (siehe § 9) kann in Prozenten angegeben werden und ist dann auf die mittlere Spannung (Hauptanzapfung) zu beziehen.

Bei Transformatoren mit Anzapfungen sind die Anzapfspannungen stets für die Wicklungsseite anzugeben, auf der die Anzapfungen liegen. Bei Transformatoren für großen Regelbereich mit angezapften Wicklungen, in denen betriebsmäßig keine höhere als die Nennspannung auftreten kann (z. B. bei Ofentransformatoren und Stromrichter-Transformatoren),

können die Anzapfspannungen für die Wicklungsseite angegeben werden, auf der keine Anzapfungen liegen; sie sind dann einzuklammern.

Hat z. B. ein Transformator das Übersetzungsverhältnis 15 000/384 — 400—416 V und Anzapfungen in der 15 000 V-Wicklung, so wird das Leistungsschild gestempelt 15 000 — 15 000 — 14 400/400 V und der Hauptanzapfung entspricht in diesem Falle 15 000/400 V.

Hat ein Ofentransformator für 15 000/50 — 70 — 100 V die Anzapfungen in der Mitte der 15 000 V-Wicklung, so kann das Leistungsschild gestempelt werden 15 000/(50) — (70) — 100 V, falls als Hauptanzapfung 15 000/100 V vereinbart ist.

Bei Leistungstransformatoren mit Stufenregleinrichtung sind außer der Nennkurzschlußspannung noch die Kurzschlußspannungen für die höchste und niedrigste Windungszahl bei dem diesen Anzapfungen entsprechenden Primärstrom anzugeben, sofern sie um mehr als  $\pm 5\%$  von der Nennkurzschlußspannung abweichen.

Bei Spartransformatoren mit Anzapfungen und bei Spartransformatoren mit Stufenregleinrichtung ist außer der Nennkurzschlußspannung noch die kleinste Kurzschlußspannung anzugeben.

e) Bei Einheitstransformatoren der Hauptreihe HET nach DIN VDE 2600 ist das Zeichen HET, bei Einheitstransformatoren der Sonderreihe SET nach DIN VDE 2601 ist das Zeichen SET auf dem Leistungsschild anzugeben.

§ 76

**Bemerkungen zu den Leistungsschildangaben**

Zu § 75b: Die Betriebsart unter 6. wird in folgender Weise gekennzeichnet:

- Dauerbetrieb: Kein Vermerk.
- Kurzzeitiger Betrieb: KB bzw. DKB und vereinbarte Betriebs- oder Belastungszeit.
- Aussetzender Betrieb: AB bzw. DAB und relative Einschaltdauer.
- Landwirtschaftlicher Betrieb: LB.

Zu § 75d: Nennsekundärspannung und Nennkurzschlußspannung bei Transformatoren mit Anzapfungen siehe §§ 14 und 19.

Die Nennkurzschlußspannung ist nach § 19 aus den gemessenen Werten der Kurzschlußspannung zu berechnen.

Bei allen in Sparschaltung ausgeführten Transformatoren sind die der durchgehenden Leistung entsprechenden Werte anzugeben.

Wenn bei Transformatoren mit Anzapfungen neben dem Leistungsschild ein Schaltungsbild mit Angabe sämtlicher Anzapfspannungen, der Zahl der Stufen usw. angebracht ist, so können die unter § 75d genannten zusätzlichen Angaben auf diesem Schaltungsbild angegeben werden. Für Anbringung und Ausführung dieses Schaltungsbildes gelten im übrigen die gleichen Bestimmungen wie für das Leistungsschild.

§§ 77 bis 80

[Wie §§ 65 bis 68 von VDE 0532/XII. 37.]

**I. Toleranzen**

§ 81

**Zulässige Abweichungen**

[Wie § 69 von VDE 0532/XII. 37. In der Tafel XII (bisher XIII) wird jedoch eine neue waagerechte Spalte unter Ziffer 1 aufgenommen mit folgendem Wortlaut:]

1 Übersetzung nach § 13 . . . . . 0,5%

[Die folgenden Ziffern erhöhen sich dann entsprechend.]

**V. Sonderbestimmungen für Transformatoren mit beweglichen Wicklungen**

§ 82

**Bestandteile**

Ständer ist der feststehende, Läufer (bei Drehtransformatoren) bzw. Gleiter (bei Gleit- und Schubtransformatoren) der bewegliche Teil des Transformators.

§ 83

**Übersetzung**

(Zu § 13.)

Bei Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren sind die Verhältniszahlen der Streuung und des Leerlaufstromes wesentlich größer als bei den übrigen Transformatoren. Infolgedessen

ist schon bei Leerlauf das Verhältnis der Spannungen der beiden Wicklungen nicht mehr gleich dem Windungszahlen-Verhältnis.

## § 84

## Kurzschlußspannung und -strom

(Zu § 19)

a) Bei Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren, die als Leistungstransformatoren gebaut sind, wird die Kurzschlußspannung in der Stellung für höchste und niedrigste Spannung gemessen.

b) Bei Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren in Sparschaltung wird die Kurzschlußspannung in der Schaltung nach Bild 2 des § 19 für höchste und niedrigste Spannung gemessen.

c) Nennkurzschlußstrom bei Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren ist der Primärstrom, der im betriebswarmen Zustand aufgenommen würde, wenn die Nennspannung an die Primärwicklung gelegt würde, und zwar bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung und bei den Läufer- bzw. Gleiterstellungen, bei denen die Kurzschlußspannungen gemessen werden.

## § 85

## Leistungen

(Zu § 27)

Die in § 27 angeführten Leistungen sind Eigenleistungen (nicht Durchgangsleistungen) der Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren. Sie gelten nur als Anhaltswerte.

## § 86

## Grenzwerte der Erwärmung

(Zu § 54)

a) Für luftgekühlte Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren gelten die gleichen Werte wie für Asynchronmotoren (siehe § 39 von VDE 0530/XII. 37 „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen“).

b) Für ölgekühlte Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren gelten die gleichen Werte wie für Öltransformatoren (siehe § 54).

## § 87

## Wicklungsprüfung

(Zu § 57)

a) Luftgekühlte Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren bis einschließlich 1000 V sind wie Asynchronmotoren zu prüfen (siehe §§ 48 bis 53 von VDE 0530/XII. 37).

b) Alle übrigen Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren sind nach §§ 56 bis 61 zu prüfen.

## § 88

## Stoßkurzschlußstrom

(Zu § 68)

a) Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren müssen, ohne betriebsunfähig zu werden, ihren größtmöglichen Stoßkurzschlußstrom aushalten können, jedoch nicht mehr als  $20 \cdot 1,8 \cdot \sqrt{2}$ fache (rd. das 50fache) des Nennstromes (Effektivwert).

b) Sofern es nicht möglich ist, die Wicklungen gegen die sich bei höheren Kurzschlußströmen ergebenden Kräfte abzustützen, muß durch Einbau von Drosselspulen der Stoßkurzschlußstrom auf das erwähnte Maß herabgesetzt werden, falls der Spannungsabfall von der Energiequelle bis zum Dreh-, Gleit- oder Schubtransformator nicht schon hierfür ausreicht.

## § 89

## Bedingungen für Parallelbetrieb

(Zu § 72)

a) Die Abweichung der Nennkurzschlußspannung eines zu prüfenden Dreh-, Gleit- oder Schubtransformators vom Mittel der Kurzschlußspannungen der bereits vorhandenen Transformatoren darf bis zu  $\pm 25\%$  betragen.

b) Bei Mehrphasen-Drehtransformatoren mit einem Läuferkörper wird bei Verdrehen des Läufers auch die Phase der Spannung verdreht (vgl. § 4c, Ziffer 1). Hierauf ist bei Parallelschalten und Parallelbetrieb zu achten.

In mehrfach verketteten Netzen oder in neuen Anlagen, in denen mehrere Drehtransformatoren parallel laufen, wird die Verwendung von Doppel-Drehtransformatoren empfohlen, die nur die Größe, nicht aber die Phase der Spannung verändern.

Bei Gleit- und Schubtransformatoren wird in Ausführung sowohl für Einphasen- als auch für Mehrphasenstrom ohnehin nur die Größe der Spannung verändert (vgl. § 4c, Ziffer 2 und 3).

## § 90

## Leistungsschild

(Zu § 75)

a) Anzubringen sind die in § 75 unter b) 1. bis 8. geforderten Angaben; hierbei ist als Nennleistung die Eigenleistung des Dreh-, Gleit- oder Schubtransformators anzugeben (siehe § 85).

b) Ferner sind zusätzlich noch anzugeben:

Netzspannung,  
Nennprimärspannung,  
Nennsekundärspannung,  
Nennsekundärstrom,  
Nennkurzschlußspannung.

c) Bei Dreh-, Gleit- und Schubtransformatoren in Sparschaltung sind im Gegensatz zu den Ausführungen unter a) die Nenndurchgangsleistung und ferner zusätzlich zu den unter a) und b) geforderten Angaben noch der obere und untere Grenzwert der Nennsekundärspannung sowie die zugehörigen Kurzschlußspannungen anzugeben.

## Vorschriften für Elektrowärmegeräte

## VDE-Ausschuß für Elektrowärmegeräte

DK 621.365.45(083.133)

## VDE 0720/1937

## Entwurf

Einspruchsfrist: 15. Juli 1940

Anwendung des noch nicht endgültigen Entwurfs auf eigene Gefahr

Änderung der ab 1. 1. 39 gültigen Fassung

## § 12

## Schaltvorrichtungen

e) Temperaturbegrenzende Vorrichtungen, bei denen die Abschaltung des Gerätes durch einen Kurzschluß der Zuleitungen erreicht werden soll, sind nicht zulässig.

## § 23

## Erwärmungsprüfungen

c) Geräte mit kurzer Anheizdauer, die beim Gebrauch vom Netz getrennt werden, z. B. Krawattenbügler, werden mit dem 10-fachen der zur Erreichung der Betriebstemperatur vorgesehenen Anheizdauer, mindestens aber 15 min lang, in der ungünstigsten Gebrauchslage betrieben. Die für das Gerät vorgesehene Anheizdauer ist durch praktische Erprobung nachzuprüfen.

## § 25

## Prüfung des Berührungsschutzes

b) Bei Geräten, bei denen gebrauchsmäßig eine Gabel Verwendung finden kann, ausgenommen jedoch Brotröster mit Wendevorrichtungen sowie in Backöfen fest eingebaute Grillheizkörper, erfolgt die gleiche Prüfung mit einem Prüfdorn gemäß Abbildung 7.

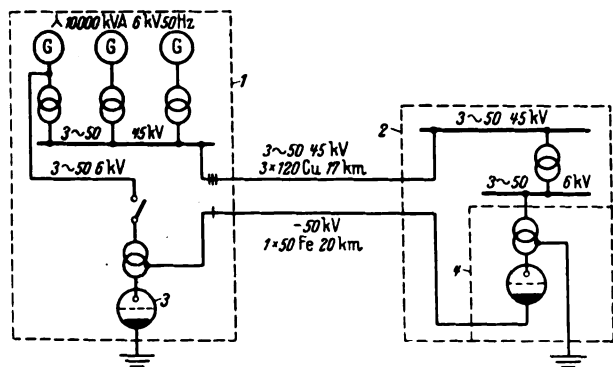
## RUNDSCHAU

### Elektrizitätswerke und Kraftübertragung

DK 621.315.024(494)

**Die Gleichstrom-Kraftübertragung Wettingen — Zürich an der Schweizerischen Landesausstellung.** [Nach E. Kern, Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 481; 1½ S., 3 B.]

In der Schweiz ist zu Versuchszwecken eine Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsanlage erstellt worden. Mit einer konstanten Gleichspannung von 50 kV wird eine Leistung von 500 kW auf eine Entfernung von etwa 20 km vom Kraftwerk Wettingen nach Zürich übertragen. Bild 1 zeigt die grundsätzliche Schaltung der Gleichstrom-Übertragungsanlage. Sie arbeitet mit je einem Stromrichter am Anfang (Gleichrichter) und Ende (Wechselrichter) der Leitung, so daß die Gleichspannung 50 kV in einer Stufe<sup>1)</sup> erzeugt wird, und ist der vor-



1 Kraftwerk Wettingen      3 Gleichrichter  
2 Verteilungsnetz von Zürich      4 Wechselrichter

Bild 1. Schaltung der Übertragungsanlage.

handenen Drehstrom-Übertragungsanlage (45 kV) parallel geschaltet. Die Gleichstromübertragung erfolgt einpolig über das auf Isolatoren verlegte Erdseil der genannten 45 kV-Hochspannungsleitung; die Rückleitung geschieht über Erde. Die Spannungs- und Belastungsverhältnisse der Stromrichter werden mittels Gittersteuerung beherrscht, die auch zur kurzzeitigen Sperrung des Stromdurchganges bei Kurzschlüssen und Rückzündungen dient. Die Anlage in Wettingen wird von Zürich aus mittels einer Hochfrequenz-Fernsteuerung und Telephonie fernbedient, wobei die 50 kV-Übertragungsleitung als Steuerleitung benutzt wird. Die Anlage arbeitet seit längerer Zeit zufriedenstellend. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen werden für die Weiterentwicklung der Stromrichter zum Zwecke der hochgespannten Gleichstromübertragung wichtige Hinweise liefern. E. Schu.

DK 621.315.024(494)

**Die erste elektrische Gleichstromkraftübertragung mit 50 kV mit Hilfe von Stromrichtern.** [Nach P. Egloff u. I.-I. Felix, Electricité 23 (1939) S. 237; 4 S., 4 B.]

Die Energieübertragung in Form von hochgespannten Gleichstrom hat zahlreiche Vorteile gegenüber der mit hochgespanntem Wechselstrom, dagegen erfolgt die Erzeugung und die Umspannung der elektrischen Energie leichter und wirtschaftlicher mit Wechselstrom als mit Gleichstrom<sup>2)</sup>. Die geeignetste Lösung wäre daher folgende: Verwendung des Wechselstromes für die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie, Verwendung des Gleichstromes für die Kraftübertragung vom Ort der Erzeugung bis zum Ort der Verwendung oder Verteilung.

<sup>1)</sup> Brown Boveri Mitt. 26 (1939) S. 20.

<sup>2)</sup> S. a. A. Matthias, Kraftübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom, ETZ 56 (1935) S. 601.

Die Durchführung setzt die Bereitstellung geeigneter Einrichtungen voraus, die die wirtschaftliche Umformung des Wechselstromes in hochgespannten Gleichstrom am Erzeugerort und umgekehrt die Umformung des hochgespannten Gleichstromes in Wechselstrom am Verwendungsort gestatten. Hierzu bietet die jüngste Entwicklung und Erprobung von Hochspannungsstromrichtern größerer Leistung neue Möglichkeiten. Es werden im einzelnen folgende Fragen erörtert:

### Übertragungsleitungen

Der bisher ausschließlich für Übertragungen elektrischer Energie verwandte Drehstrom führt insbesondere bei weiteren Entfernungen und Spannungen über 250 kV zu Schwierigkeiten. Um die Stabilität der Leitung zu sichern ist man gezwungen, Abschnittsweise Blindströme zuzuführen. Das Auftreten des Koranverlustes führt zu zusätzlichen Verlusten und beschränkt die Spannung auf 250 kV. Demgegenüber besitzt der hochgespannte Gleichstrom folgende Vorteile: Keine Wirkung der Induktivität oder Kapazität. Keine induktiven Spannungsabfälle auf der Leitung, die bei hohen Wechselspannungen ein Mehrfaches von denen am ohmschen Widerstand betragen. Keine Schwierigkeiten, die Stabilität der Leitung zu sichern. Bei Verwendung hochgespannten Gleichstromes besteht die Möglichkeit, bis zu 400 kV gegen Erde zu verwenden, ohne daß die Koranverluste übermäßig ansteigen, da diese bezogen auf den gleichen Effektivwert geringer sind als bei Wechselstrom. Danach ist das günstigste Übertragungssystem ein Dreileitersystem mit geerdetem Mittelleiter und 800 kV zwischen den Leitern. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit gegenüber dem Drehstromsystem ist auf die Untersuchungen von A. Rachel verwiesen<sup>1)</sup>. Am geeignetsten erweist sich der hochgespannte Gleichstrom bei Kabeln. Das Dreileitersystem besteht hier aus zwei Einleiterkabeln, deren Bleimantel sich Nulleiter dient. Nach dem derzeitigen Stand der Technik können Einleiterkabel für 200 kV gegen Erde gebaut werden.

### Erzeugung von hochgespannten Gleichstrom

Beim gegenwärtigen Stand der Gleichstrommaschinenteknik liegen die Grenzen der Einheitsleistung und der Spannung bei 25 000 kW und 10 000 V unter günstigsten Erzeugungsbedingungen. Bei 400 kV müßte man 40 Maschinen in Reihe schalten.

Demgegenüber sind auf Grund der bisherigen Erfahrungen Stromrichter mit 20 000 kW Durchgangsleistung bei 50 kV in Aussicht genommen, wovon acht in Reihe zu schalten wären. Dabei geschieht die Erzeugung der elektrischen Energie wie bisher durch die vorhandenen Drehstromkraftwerke. Die Stromrichter liegen auf der Hochspannungsseite der Ausgangstransformatoren. Vorhandene Drehstromleitungen können für die Gleichstromübertragung benutzt werden mit der  $\sqrt{2}$ -fachen bzw.  $\sqrt{3}$ -fachen Spannung mit Rücksicht auf die vorhandenen Isolatoren bei Leitungen mit geerdetem bzw. nicht geerdetem Nullpunkt. Bei der Vermaschung der heutigen Netze kommt wahrscheinlich nur das Konstantspannungssystem in Frage. Das Konstantstromsystem (Versuchsanlage von Thury mit Gleichstrommaschinen) ist nur für einzelne Übertragungsleitungen zweckmäßig. Die Regelung der Spannung kann durch Lastschalter an den Transformatoren und mit Hilfe der Steuergitter der Stromrichter erfolgen.

### Umwandlung des hochgespannten Gleichstromes in Drehstrom

Umlaufende Umformer sind infolge der notwendigen Reihenschaltung einer Vielzahl von Maschinen für die Umwandlung des hochgespannten Gleichstromes in Drehstrom nicht vorteilhaft.

Die Stromrichtertechnik hat diese Aufgabe gelöst durch den Wechselrichter. Dieser wird heute bis zu 60 kV gebaut und dient als Grundlage für die praktische Erprobung einer Kraftübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom.

<sup>1)</sup> A. Rachel, Elektrizitätswirtsch. 34 (1935) S. 717 u. 748.

**Elektrische Kraftübertragung mit Gleichstrom von 50 kV mit Hilfe von Stromrichtern**

Die erste Kraftübertragung mit Stromrichter wurde in den V.S.Amerika nach dem Konstantstromsystem ausgeführt. Die hier beschriebene, die anlässlich der Schweizer Landesausstellung verwirklicht wurde, ist die erste Kraftübertragung mit Stromrichter nach dem Konstantspannungssystem. (Anm. d. Ber.: Über Gleichstromleitungen kann nur Wirkleistung übertragen werden. Die Blindleistung der gekuppelten Netze muß durch eigene Blindleistungsmaschinen oder Kondensatoren gedeckt werden. Das entspricht der Blindstromkompensation bei Drehstromübertragungen am Anfang und Ende. Für die Gleichstromübertragung fällt nur die abschnittsweise Zuführung von Blindströmen bei der Drehstromleitung fort. Hierzu kommt bei dem gegenwärtigen Stand der Stromrichterentwicklung noch, daß die Stromrichteranlage selbst aus den gekuppelten Netzen, insbesondere der Wechselrichter aus dem gespeisten Netz Blindstrom fordert, der ebenfalls gedeckt werden muß. Sowohl dem gespeisten wie dem speisenden Netz zwingt die angeschlossene Stromrichteranlage ferner netzfrequenzfremde Verzerrungsströme, auf deren Beseitigung zusätzlichen Aufwand erfordert. Schwierigkeiten ergeben sich dadurch, daß sowohl Blindleistung als auch Verzerrungsleistung belastungsabhängig sind. Schließlich ist die Umkehr der Energierichtung bei der Gleichstromübertragung nicht so einfach wie bei der Drehstromübertragung. Diese Fragen traten bei der Versuchsanlage nicht in Erscheinung, da diese parallel mit Drehstromleitungen eine relativ kleine Leistung von einem großen Generator auf ein großes Netz übertrug. Sie sind aber beim allgemeinen Vergleich zwischen Gleichstrom und Drehstromübertragung mit zu berücksichtigen<sup>1)</sup>. Schg.

DK 621.315.684 : 669.71

**Aluminium-Zentralklemmen für Rundaluminium-Schaltanlagen.**

Da Rundaluminium einfacher und rascher zu verlegen ist als Flachaluminium, wird für Schaltanlagen-Leitungen zunehmend Rundaluminium verwendet. Die für alle Leiterdurchmesser entwickelten verschiedenen Ausführungsarten der Aluminium-Zentralklemmen als Flachanschlußklemmen, Verbinderr, T-Abzweiggklemmen, Träger u. a. ermöglichen es, alle notwendigen Leitungsführungen bei Verwendung entsprechender Klemmen betriebssicher und rasch herzustellen. Diese neuen Zentralklemmen bestehen aus einem stabilen, unge-

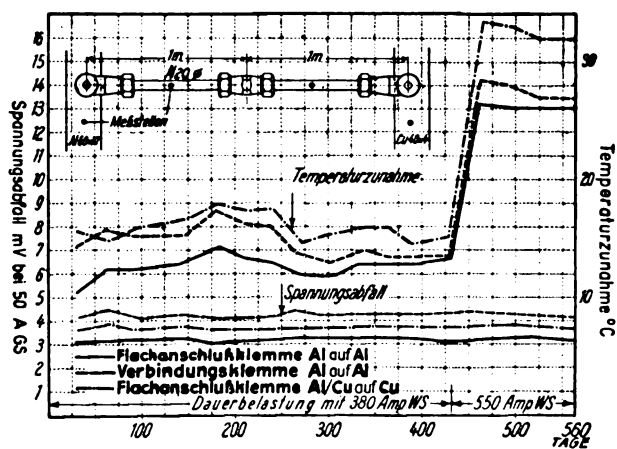


Bild 2. Ergebnisse von Dauerbelastungsversuchen über 500 Tage mit verschiedenen Klemmenanordnungen.

schlitzten Klemmkörper, in dem durch Anziehen der Aluminium-Überwurfmutter eine leicht federnde Konushülse den Rundleiter festpreßt.

In Versuchsreihen bei Dauerbelastungs-, Kurzschluß- und Korrosionsprüfungen hat sich die Zuverlässigkeit der Konusklemmung mit Al-Zentralklemmen erwiesen. Außerdem wurden gute Erfahrungen in den verschiedenen, seit Jahren damit gebauten Anlagen mit Aluminium-Rundleitern von 6 bis 80 mm Dmr. gemacht. Da diese Zentralklemmen mechanische und elektrische Sicherheit der Kontaktstellen und damit große Betriebssicherheit gewährleisten, können somit Rundaluminium-Schaltanlagen ebenso formschön, zweckmäßig und einfach ausgeführt werden wie frühere mit Rundkupfer.

1) Vgl. Kern, Die Gleichstromkraftübertragung, ihr heutiger Stand und ihre Zukunft. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 30 (1939) S. 567. Einen kurzen Auszug aus diesem Aufsatz findet der Leser im vorhergehenden Referat.

Als Abschluß langzeitiger Dauerbelastungs- und Kurzschlußversuche mit Aluminium-Zentralklemmen zeigt Bild 2 die Auswertung eines Dauerbelastungsversuches über 560 Tage. Der Spannungsabfall und die Temperaturwerte der Klemmen blieben nahezu konstant und zeigten am Ende des Versuches kein Ansteigen. Der Versuch wurde über 430 Tage mit Nennstrom von 380 A und dann bis 560 Tage mit entsprechender Überlastung mit 550 A durchgeführt. Bei Kurzschlußversuchen mit 25 kA während 1 s wurden die Klemmen praktisch auftretenden Beanspruchungen unterworfen. Die Versuche bestätigten, daß Rundaluminium-Schaltanlagen mit besonderen Zentralklemmen zuverlässig im Betrieb, einfach bei der Montage und vorteilhaft für die Leitungsführung und die Anschlüsse sind. f.

**Elektrische Maschinen**

DK 621.313-333-045-51 : 621.3.017.7

**Über die Stromwärme im Läufer des einphasigen Asynchronmotors.** [Nach K. P. Kovacs, Bull. Schweiz. Elektrotechn. Ver. (1939) S. 644; 3/2 S., 2 B.]

Bekanntlich kann der Einphasenasynchronmotor durch zwei gleiche in Reihe geschaltete Mehrphasenmaschinen ersetzt werden, bei denen die Drehfelder entgegengesetzt umlaufen und die Läufer mit gemeinsamer Welle in gleichem Sinne sich drehen. Ausgehend von einem entsprechenden Ersatzschaltbild<sup>1)</sup> nimmt der Verfasser eine sinusförmige Änderung der Spannungen, Ströme und Felder und ferner schwache Sättigung der Maschine an. Zur Vereinfachung der Rechnung setzt er die Eisenverluste gleich Null, berücksichtigt sie aber bei der Ermittlung des Wirkungsgrades. Auf Grund einer Rechnung mit komplexen Größen findet der Verfasser für die Kupferverluste des Läufers die Beziehung:

$$V_{Cu II} = \frac{[s(2-s)]^2 + \left(\frac{R_2'}{X_0 + X_2'}\right)^2 [1 + (1-s)^2]}{s(2-s) + \left(\frac{R_2'}{X_0 + X_2'}\right)^2} N_L$$

Hierin ist  $s$  der Schlupf,  $X_0$  die Hauptfeldreaktanz und für den Läufer  $X_2'$  die Streureaktanz und  $R_2'$  der ohmsche Widerstand. Die beiden letzten Werte sind auf die Windungszahl des Ständers bezogen. Ferner ist

$$N_L = U_1 I_1 \cos \varphi_1 - I_1^2 R_1$$

die Luftspalteistung. Es bedeutet  $U_1$  die Klemmenspannung,  $I_1$  die Ständerstromstärke,  $\cos \varphi_1$  die Phasenverschiebung zwischen beiden und  $R_1$  der ohmsche Widerstand der Ständerwicklung. Die Luftspalteistung dient zur Deckung der Kupferverluste voll und ganz, wenn der Motor still steht,  $s=1$ ,  $N_L = V_{Cu II}$ . Im Synchronismus hingegen deckt die Luftspalteistung nur die Hälfte der Läuferkupferverluste,  $s_1=0$ ,  $N_L = \frac{1}{2} V_{Cu II}$ ; die andere Hälfte muß in Form mechanischer Leistung durch die Welle zugeführt werden.

Ist der Wert  $\frac{R_2'}{X_0 + X_2'}$  sehr klein, was nur bei größeren Maschinen der Fall ist, so kann mit genügender Genauigkeit

$$V_{Cu II} \approx s(2-s) N_L$$

gesetzt werden. Bei kleinen Maschinen dagegen, bei denen  $R_2'$  verhältnismäßig groß und  $X_0$  klein ist, liefert die Annäherungsformel schon bei betriebsmäßigen Schlüpfungen falsche Werte, und in solchen Fällen ist von der genauen Gleichung Gebrauch zu machen. Um das Rechnen mit dieser zu erleichtern, gibt der Verfasser noch eine Fluchtlinientafel.

Die Bestimmung des Wirkungsgrades aus den Einzelverlusten erfordert die genaue Ermittlung der Eisenverluste. Sie sind gleich den Leerlaufverlusten vermindert um die Reibungsverluste und die Kupferverluste im Ständer und im Läufer. Die des Läufers sind

$$V_{Cu II 0} \approx \frac{1}{2} I_0^2 R_1$$

1) Vgl. R. Richter, Elektrische Maschinen, IV. Band.

27. Juni 1940

wenn  $R_2 \approx R_1$  oder falls  $R_2 \neq R_1$

$$V_{Cu II 0} \approx \frac{1}{2} (V_{K0} - I_0^2 R_1),$$

wobei  $V_{K0}$  die auf die Leerlaufstromstärke bezogene Kurzschlußleistung ist.  $Jy$ .

**Geräte und Stromrichter**

DK 621.318.4 : 621.3.013

**Spulen für homogene Magnetfelder.** [Nach R. H. Lyddane u. A. E. Ruark, Rev. sci. Instrum. 10 (1939) S. 253; 4½ S., 3 B.]

Für die Herstellung eines homogenen Magnetfeldes in einem Rechteckraum, dessen eine Dimension groß ist im Vergleich zu den beiden anderen, hat Harris zwei sich gegenüberstehende rechteckige Helmholz-Spulen angegeben, wobei zur Vermeidung der Randeffekte die Schmalseiten dieser Spulen entweder bogenförmig geführt oder zur Bildung einer kleinen zusätzlichen Windungsfläche rechtwinklig geknickt sind. Die Verfasser geben eine strenge Berechnung des Feldes derartiger Spulen, stellen die günstigsten Bedingungen auf und zeigen u. a., daß bei Wahl bestimmter Abmessungen das Magnetfeld über 68% der Länge der Spule auf 1% konstant ist, und daß ebenso für die Gleichmäßigkeit in der Querrichtung ein Optimum vorliegt. *Kmn.*

**Verkehrstechnik**

DK 621.335.22 : 621.337.41 : 621.337.522

**Steuerung der Reichsbahn-Schnellzuglokomotive Reihe E 19 mit elektrischer Zusatzbremse.** [Nach H. Hermle, Elektr. Bahnen 15 (1939) S. 199; 5 S., 5 B.]

Die Steuerung der von der AEG gebauten Schnellzuglokomotive Reihe E 19 hat zwei Aufgaben: Sie regelt die den Fahrmotoren zuzuführende Spannung und steuert die elektrische Zusatzbremse. Für die Fahrschaltung wird die bekannte Feinreglersteuerung<sup>1)</sup> mit 20 Hauptstufen verwendet. Der Feinregler ist der gleiche wie für die Lokomotive E 18. Die Zusatzbremse unterstützt bei Schnellbremsungen die Luftbremse, indem die Fahrmotoren als gleichstromerregte Generatoren auf Widerstände arbeiten; sie ist netzunabhängig und kann nur bei Geschwindigkeiten über 60 km/h in Tätigkeit gesetzt werden. Sie wird auf der Bremsstellung des Fahrerschaltes, auf der Stellung „Schnellbremse“ des Führerbremsventiles und beim Ansprechen der induktiven Zugsicherung eingeschaltet. Das Schaltwerk für den Fahrbereich ist ähnlich wie bei der Lokomotive E 18 motorisch angetrieben<sup>2)</sup> und wird durch einen Führerschalter betätigt. Dieser weist folgende Stellungen auf der Fahrseite auf: Null, Schnell-Ab, Fahrt, Auf, Schnell-Auf. Das Ansteuern des Steuermotors erfolgt über besondere Steuerrelais („Auf-“ und „Ab“-Relais). Die Schaltzeit für das Durchlaufen von 20 Stufen beträgt etwa 90 s, beim Schnellschalten etwa 20 s bei 200 V Steuerspannung. Beim Stillsetzen wird das Schaltwerk durch einen besonderen Bremsgenerator elektrisch gebremst.

Der Steuerstrom für die Herstellung des Bremsstromkreises wird, um die Bremse vollständig vom Vorhandensein der Netzspannung unabhängig zu machen, einem besonderen Umformer entnommen, dessen Motor von einem Sammler gespeist wird. Die Steuerspannung für den Bremskreis wurde zu 300 V, 50 Hz gewählt, um auch bei ungünstigsten Witterungsverhältnissen, die etwa zum Vereisen der Kontakte führen können, eine sichere Betätigung der Bremse zu gewährleisten.

Der Schaltvorgang bei der Herstellung der elektrischen Bremse ist folgender: Der Fahrerschalter wird auf „Bremse“ gestellt. Die Trennschützen werden über ein Bremsrelais ausgeschaltet, Fahrt- und Richtungswender über ein Verzögerungsrelais umgestellt. Nun werden die Felder der Fahrmotoren durch ein Sammler-Anlaßschütz an eine Teilspannung eines 12 V-Sammlers gelegt. Mit dem Wiedereinschalten der Trenn-

schütze ist die Bremsschaltung hergestellt. Die Herstellung der Bremsschaltung nimmt bis zum Wiedereinschalten der Trennschütze die Zeit von einer Sekunde in Anspruch. Nach einer einstellbaren Zeit von 0,5 bis 2 s wird das Sammler-Hauptschütz eingeschaltet, wodurch die Fahrmotor-Felder ihre volle Erregung von 12 V erhalten. Durch die Felderregung in zwei Stufen soll ein weicher Einsatz der Bremse erreicht werden. Voraussichtlich kann jedoch auf die Vorstufe verzichtet werden, da auch ohne sie der Bremseneinsatz stoßfrei vor sich geht. Nach dem Einschalten des Sammler-Hauptschützes läuft das Schaltwerk selbsttätig in die Nullstellung zurück. Sinkt die Fahrgeschwindigkeit unter 60 km/h, so wird durch einen Fliehkraftschalter der Bremsdruck der Luftbremse erhöht. Ein von diesem Bremsdruck abhängiger Druckschalter schaltet die Trennschütze aus und unterbricht damit den Bremskreis; hierdurch wird eine Überbremsung vermieden.

Das Nockenschaltwerk für die E 19 ist neu entwickelt worden. Im Gegensatz zu dem Schaltwerk der E 18 ist es waagrecht in einem Rahmengestell angeordnet und hat 20 Schaltstufen. Sämtliche Nockenschalter sind vor der Schaltwalze in zwei Reihen übereinander angeordnet. Sie werden durch auf zwei Walzen befindliche Nockensegmente zwangsweise geöffnet und geschlossen. Die Nocken jeder Walze sind nicht voneinander isoliert, da die Anordnung der Schalter so getroffen ist, daß durch die eine Walze nur die Nockenschalter der U-Schiene, durch die andere die Nockenschalter der V-Schiene des Zusatzumspanners gesteuert werden. Außer dem Hauptschalter sind noch der Erregerschalter sowie die Steuerstromkontakte im Schaltwerk untergebracht.

Der Antrieb des Schaltwerkes erfolgt über ein Schneckengetriebe durch den Steuermotor, auf der anderen Seite des Schneckengetriebes ist der bereits erwähnte Bremsgenerator angeflanscht (Bild 3). Außerdem sitzt am Antrieb der Geber für den Stufenzeiger sowie eine Steuerstromwalze. Aus räumlichen Gründen ist der Schaltwerktrieb am Dach der Lokomotive befestigt. Der Feinregler steht senkrecht unter dem Antrieb und wird über ein Kegelradvorgelege angetrieben. Schaltwerk sowie Feinregler sind mit dem Antrieb über Zwischenwellen mit Blechscheibenkupplungen verbunden, so daß

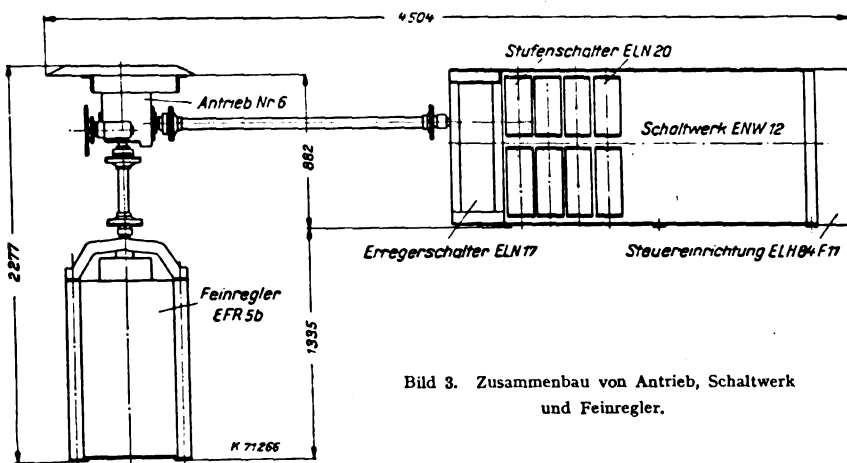


Bild 3. Zusammenbau von Antrieb, Schaltwerk und Feinregler.

Bewegungen des im Dach untergebrachten Antriebes gegenüber Schaltwerk und Feinregler ausgeglichen werden. Die Betätigung der Steuerung erfolgt über den Fahrerschalter, der aus Steuer- und Richtungswalze besteht. Neu gegenüber dem Fahrerschalter der E 18 ist eine Sperrspule an der Richtungswalze, die nur dann in die Mittelstellung gebracht werden kann, wenn das Schaltwerk in Nullstellung steht. Diese Maßnahme dient dem Schutz der Erregerwicklung des Feinreglers, da diese bei nicht vollständigem Rücklauf des Schaltwerkes dauernd eingeschaltet bleibt. *Vb.*

DK 621.335.4(45)

**Die neuen elektrischen Schnellzüge in Italien.** [Nach C. Carli u. S. Rissone, Riv. tecn. Ferrov. ital. 56 (1939) S. 208; 18 S., 17 B.]

Da die ersten vor vier Jahren gebauten Elektrozüge sich auf der Strecke Bologna—Neapel gut bewährt hatten<sup>1)</sup>, wurden weitere acht Züge in Betrieb genommen, bei denen weitere Änderungen und Verbesserungen angebracht wurden. Der

1) Elektr. Bahnen (1936) Sonderheft. S. a. O. Michel, Die elektrische Zugförderung im Großdeutschen Reich, ETZ 60 (1939) S. 1325 u. 1363.  
 2) Elektr. Bahnen (1936) S. 138.

1) ETZ 58 (1937) S. 429.



elektrische Antrieb blieb der gleiche; jeder der sechs Motoren hat eine Stundenleistung von 182 kW bzw. 147 kW Dauerleistung. Die Fahrgestelle hingegen wurden verstärkt und die Aufhängung des Wagenkörpers elastischer gestaltet. In den neuen Zügen wurden in einem einzigen Kopfwagen alle Hilfsbetriebe, wie Gepäck- und Postraum, Küche, Anrichte- und Personalabteile für den Speisebetrieb, untergebracht. Die weiteren zwei Wagen dienen somit ausschließlich statt für 94 für 100 Reisende. Außer der Wärmeisolation der Wagenwände und des Daches wurde auch die Klimaanlage wesentlich verbessert. Die erhöhte Wärmeisolation bringt außerdem eine bessere Schalldämpfung mit sich. Die elektrische Heizung wird durch Thermostate gesteuert. Die Kühlung wurde von 10 000 auf 18 000 Kälteeinheiten/h gebracht, womit bei einem Luftwechsel von 30 m<sup>3</sup>/h, für jeden Fahrgast eine um 8° unter der Außenluft liegende Temperatur erzielt wird. Als Kältemittel dient Chlormethyl. Die erreichten Reisegeschwindigkeiten gehen aus folgender Tafel 1 hervor.

Tafel 1. Reisegeschwindigkeiten der elektrischen Schnellzüge in Italien.

Strecke	Entfernung km	Zeit h min	mittlere Geschwindigkeit km/h	Anmerkung
Neapel—Mergellina—Rom . . . . .	210	1 42	123,5	Die 3 Aufenthalte in Bologna, Florenz u. Rom werden auf 11' herabgesetzt, wodurch sich die mittlere Geschwindigkeit auf 116,1 km/h erhöht.
Rom—Florenz . . . . .	316	3 0	105,5	
Florenz—Bologna . . . . .	97	0 48	121,0	
Bologna—Mailand . . . . .	219	1 45	125,0	
Neapel—Mergellina—Mailand . . . . .	842	7 26	113,3	
Rom—Livorno . . . . .	316	2 55	107,5	

Bei den Probefahrten wurde eine mittlere Geschwindigkeit von 165 km/h und eine Höchstgeschwindigkeit von 203 km/h erreicht. Auf der Strecke Lavino—Rogoredo von 199,2 km Länge betrug die mittlere Geschwindigkeit 175,8 km/h, was einen Rekord darstellt. Eine Überholung der Züge findet nach je 75 000 km statt. Man rechnet für je 1000 Fahrkilometer in Anbetracht der verhältnismäßig neuen Zugtype 72 Lohnstunden. *Rtz.*

Fernmeldetechnik

DK 621.397.645-31

**Kurzwellen-Breitbandverstärkung.** [Nach M. J. O. Strutt u. A. van der Ziel, Elektr. Nachr.-Techn. 16 (1939) S. 229; 11 1/2 S., 15 B.]

Die Ultrakurzwellen-Verstärkung spielt besonders in der Fernsichttechnik eine große Rolle, weil es hier im Gegensatz zu anderen Funkdiensten im Ultrakurzwellenbereich, wie z. B. bei Blindlandgeräten, darauf ankommt, auch große Entfernungen zu überbrücken, um möglichst viele Teilnehmer am Fernsichtfunk in einem Sendebezirk zu vereinen. Auch ist es bisher nicht gelungen, die Leistung von Ultrakurzwellensendern auf mehr als etwa ein Zehntel der im Rundfunkbetrieb möglichen zu steigern, so daß Einsparungen an der Empfangsseite auf Kosten der Empfindlichkeit, d. h. der Hochfrequenzverstärkung, zur Zeit kaum möglich sind.

Ausgehend von den beim Fernsehempfang zu stellenden Selektionsforderungen werden die Möglichkeiten einer „Geradeaus“-Verstärkung mit den damit verbundenen Aufgaben der Kaskadenverstärkung, der Verstärkungsgradregelung, der Modulationsverzerrung, der Kreuzmodulation und des Röhrenrauschens erörtert. Die Verfasser beschränken sich auf die Betrachtung der Einseitenbandübertragung im Bildkanal und die normale Schwingkreis-Kopplung ohne Bandfilteranordnungen zwischen den Verstärkerröhren. Die Selektionsforderung, daß am Bildgleichrichter das Verhältnis von Tonträger- zu Bildträger-Spannung nicht größer als 0,003 sein darf, läßt sich im drei- oder mehrstufigen UKW-Geradeausverstärker nur erfüllen, wenn die Kopplungskreise zwischen den einzelnen Verstärkerstufen gegeneinander verstimmt sind; sonst sind Sperrkreise für die Restamplitude des Tonträgers im Bildkanal erforderlich. In einigen Diagrammen ist die Gesamtfrequenzkurve von vier in Kaskade geschalteten Schwingungskreisen für verschiedene Abstimmungsfrequenzen und Bandbreiten der Schwingungskreise dargestellt. Die den Rechnungen zugrunde gelegten Zahlenwerte sind so gewählt, daß sie den praktischen Verhältnissen entsprechen. Dabei bleibt die Phasenverzerrung über den ganzen Verstärker annähernd eine lineare Funktion der Frequenz, was für die einwandfreie Fernsichtübertragung wesentlich ist.

Bei der Verstärkungsgradregelung durch Ändern der Röhrenbetriebsdaten, insbesondere der Gittervorspannung, wird nicht nur die Steilheit der Verstärkerröhre, sondern auch ihre Eingangskapazität und ihr Eingangswiderstand geändert. Dies hat wiederum zur Folge, daß sich die Abstimmungsfrequenz und die Breite der Kopplungskreise in einem unzulässig hohen Maße verschieben. Um die Eingangsimpedanzänderung wirksam zu verringern, schlagen die Verfasser vor, in die Kathodenleitung einen ohmschen Widerstand parallel mit einem Kondensator zu schalten. Allerdings wird dadurch auch die maximale Steilheit und damit die Verstärkung herabgesetzt. Je Stufe ist so eine Regelung von 1 : 5 bis 1 : 6 möglich. Bei der Erörterung der Modulationsverzerrung und Kreuzmodulation im geregelten Verstärker ergibt sich, daß am Gitter der ersten Bildverstärkerröhre keine Trägeramplituden von mehr als 0,15 V auftreten dürfen, um eine Verzerrung des Bildstroms oder gegenseitige Störungen der Bild- und Tonmodulation auszuschließen.

In dem Abschnitt über das Rauschen des Kurzwellen-Breitbandverstärkers bringen die Verfasser qualitative und quantitative Erörterungen über die Störspannungen, die durch die unregelmäßige Wärmebewegung der Elektronen in Widerständen, Impedanzen und Röhren im Zuge des Verstärkers hervorgerufen werden. Als Ergebnis stellen sie die Forderung auf, dem ersten Abstimmkreis des Verstärkers eine möglichst hohe Impedanz und damit allerdings auch eine kleine Bandbreite zu geben, um hier das Verhältnis Nutz- zu Störspannung möglichst groß zu halten. Für eine Welle von etwa 7 m und einen Gesamttrauschwiderstand von 3000 Ω am Gitter der ersten Röhre eines Fernseh-Bildverstärkers mit der Bandbreite von 2,5 MHz ergibt die Rechnung eine effektive Rauschspannung von rd. 10<sup>-5</sup> V. Wenn die Annahme zutrifft, daß das Verhältnis von Stör- zu Bildspannung nicht größer als 1 : 100 sein darf, so müßte für einen störungsfreien Fernsehempfang bei diesem Beispiel die Antenne mindestens 1 mV an das erste Gitter des Verstärkers liefern. *Sz.*

Theoretische Elektrotechnik

DK 621.396.662.3.001.1

**Zur Theorie der Siebketten aus X-Schaltungen.** [Nach R. Feldtkeller, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 28 (1939) S. 27; 6 S., 14 B.]

In der Fernmeldetechnik werden Kreuzschaltungen meistens nur dann verwandt, wenn für die Übertragungen enge Bänder verlangt werden und für die Dämpfung Höchstwerte gefordert sind, z. B. bei Dämpfungen über 5 N. In den übrigen Fällen kommt man immer mit den üblichen T- und π-Gliedern aus, die man aber auch für höhere Ansprüche benutzen kann, wenn man die von Zobel eingeführten m-Transformationen anwendet. Die Transformationen dieser Art in der Siebschaltungstheorie, die auf der klassischen Vierpoltheorie aufgebaut sind, erreichen, daß ein Glied an das andere sehr gut angepaßt ist, d. h. die einzelnen Glieder sind in ihrem Durchlaßbereich gut eingebnet. Diese Einbenvorschriften sind von Zobel eingehend behandelt, und Feldtkeller hat dieses Verfahren auf die X-Schaltungen erweitert; denn auch hier lassen sich mehrere Glieder aneinanderreihen, die wohl verschiedene Wellendämpfungen, aber gleiche Wellenwiderstände besitzen. Zur Ermittlung solcher Glieder legt man ein gewöhnliches X-Glied zugrunde, dessen Betriebseigenschaften in Bild 4 und Tafel 1 zusammengestellt sind.

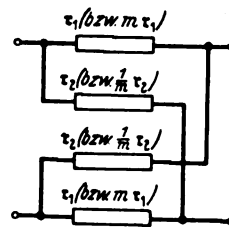


Bild 4. Aufbau eines X-Gliedes.

mittlung solcher Glieder legt man ein gewöhnliches X-Glied zugrunde, dessen Betriebseigenschaften in Bild 4 und Tafel 1 zusammengestellt sind.

Tafel 1. Betriebseigenschaften der X-Glieder.

3	$\sqrt{r_1 r_2}$
9	$2 \Re r \Im g \sqrt{\frac{r_1}{r_2}}$
$b_B$	$\ln \left  \frac{1 + \frac{r_1}{R}}{1 + \frac{r_2}{R}} \right $ $\left  \frac{r_1}{R} - \frac{r_2}{R} \right $

Bei der  $m$ -Transformation geht man nun bekanntlich so vor, daß die Längswiderstände mit der positiven rationalen Größe  $m$  multipliziert und die Brückenwiderstände mit dem reziproken Wert von  $m$  erweitert werden. Es ist also daraus ersichtlich, daß die transformierte Schaltung rein äußerlich genau so wie die Grundsaltung aussieht, nur daß die einzelnen Elemente verändert sind; denn es treten jetzt die Größen  $1/m r_3 = r'_2$  und  $m r_1 = r'_1$  auf. Ferner kann man ohne große Schwierigkeiten hieraus entnehmen, daß der Wellenwiderstand der neuen Schaltung gegenüber der Ausgangsform ungeändert ist.

Wie man nun bei den  $T$ - und  $\pi$ -Gliedern mehrere zu einer Kette zusammenschalten kann, so läßt sich das auch mit den  $X$ -Schaltungen in der Grund- und transformierten Form durchführen. Für eine zweigliedrige Kette hat dies Feldtkeller getan; das Ergebnis zeigt Bild 5. Die Durchführung der Rechnung

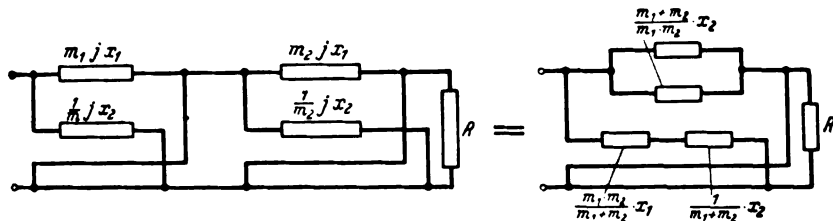


Bild 5. Siebketten aus  $X$ -Schaltungen und äquivalente Schaltung.

ergab, daß die zweigliedrige Kette aus transformierten Gliedern mit der eingliedrigen  $X$ -Schaltung die Nullstellen der Betriebsdämpfung gemeinsam hat, die durch Anpassung des Wellenwiderstandes an die Abschlußwiderstände  $R$  zustande kommen. Ferner weist aber eine zweigliedrige Kette noch eine weitere Nullstelle der Betriebsdämpfung auf, die durch

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{-1}{m_1 m_2}$$

festgelegt ist. Auch alle übrigen Eigenschaften der Zobelschen Siebketten, besonders die bekannten Gesetze für reziproke Schaltungen und die Darstellung der Wellendämpfung und des Wellenwiderstandes durch normierte Frequenzen lassen sich auf die Kreuzglieder übertragen<sup>1)</sup>. Nachdem dann von Feldtkeller die Phasentzerrer in Brückenschaltungen behandelt sind, wird die Theorie der Zobelschen Siebketten, und besonders die der Bandpässe, behandelt. Hier ergibt sich, daß bekanntlich die Zobelschen Glieder mit  $m$ -Transformation für Bandpässe zwei Unendlichkeitsstellen der Wellendämpfung zu beiden Seiten des Durchlaßbereiches besitzen, während die Feldtkellerschen  $mX$ -Schaltungen nur eine Unendlichkeitsstelle der Wellendämpfung besitzen, die natürlich auf einer Frequenz ober- oder unterhalb des Durchlaßbereiches gelegen sein kann. Zum Abschluß wird am Beispiel eines Stromreinigers für Tonfrequenz die gesamte Theorie von der praktischen Seite her erläutert und Zahlenwerte für dieses Gerät angegeben. Eine graphische Darstellung zeigt den Verlauf der Dämpfung für diesen Stromreiniger. Hsr.

DK 621.315.62.015.51.001.1

**Theorie des elektrischen Durchschlags kristalliner Isolatoren.** [Nach W. Franz, Z. Phys. 113 (1939) S. 607; 30 S., 10 B.]

Für den rein elektrischen, nicht durch Joulesche Wärme hervorgerufenen Durchschlag nimmt die mechanische Theorie an, daß die negativen Elementarteilchen von den positiven losgerissen werden, wenn die äußere Feldstärke größer wird als die Coulombsche Feldstärke zwischen den Elementarteilchen. Letztere ist von der Größenordnung  $10^8$  V/cm, die beobachtete Durchbruchfeldstärke dagegen etwa  $10^6$  V/cm. Die Annahme schwacher Stellen und Spalten im Gitter ist schwer damit in Einklang zu bringen, daß die Durchbruchfeldstärke eine feste und reproduzierbare Stoffkonstante ist. W. Franz führt daher eine wellenmechanische Theorie des elektrischen Durchschlags durch und zeigt, daß die Wellenmechanik zu der Folgerung führt, daß die Bindung bereits bei geringeren Feldstärken teilweise unwirksam wird.

<sup>1)</sup> R. Feldtkeller, Einführung in die Theorie der Siebschaltungen der elektrischen Nachrichtentechnik, Leipzig 1938.

Nach der Wellenmechanik bestehen die Zustände des Elektrons im Kristallgitter aus einer Reihe von Energiebändern, den durch Resonanz verbreiterten diskreten Energietermen der freien Atome. Diese sind getrennt durch Gebiete verbotener Energie, die den durch Braggsche Reflexion unmöglich gemachten Zuständen des freien Elektrons entsprechen. Ein Elektron des höchsten vollbesetzten Energiebandes wird im elektrischen Feld dauernd beschleunigt, erleidet jedoch von Zeit zu Zeit eine Braggsche Reflexion, die die Geschwindigkeit senkrecht zu der jeweils reflektierenden Netzebene umkehrt. Daher geht im Mittel der aus dem Feld aufgenommene Impuls bei den Reflexionen wieder verloren. Die Breite der verbotenen Bänder ist von der Größenordnung 1 V, der Abstand der Netzebenen etwa  $10^{-8}$  cm. Bei Feldstärken von einigen V/cm wirken daher etwa  $10^8$  Netzebenen schwächend auf die Elektronenwelle. Die Braggsche Reflexion ist in diesem Fall vollkommen; der Isolator weist keine Elektronenleitfähigkeit auf. Bei sehr hohen Feldstärken der Größenordnung  $10^6$  bis  $10^8$  V/cm erlahmt dagegen die Wirksamkeit der Braggschen Reflexionen, da nur wenige Netzebenen in das Gebiet der Reflexion fallen.

Die Rechnung wird zunächst für den eindimensionalen Fall durchgeführt. Für den Kristall wird das Kronische Gittermodell angenommen, nach dem die Atome durch Potentialmulden vom Potential Null dargestellt werden, die durch sehr hohe und schmale Potentialwälle getrennt sind. Nach der Schrödingerschen Wellengleichung wird dann unter einigen verein-

fachenden Annahmen die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet, daß das Elektron in der Zeiteinheit durch das verbotene Band in das Leitungsband austritt. Es ergibt sich

$$W = \frac{a |e F|}{h} \cdot e^{-\frac{(\Delta E)^2}{e F} \cdot \frac{\pi^2 m a}{n h^2}}$$

Darin ist  $a$  der Gitterabstand,  $e$  die Ladung,  $m$  die Masse des Elektrons,  $F$  die Feldstärke,  $h$  die Plancksche Konstante,  $\Delta E$  die Breite des verbotenen Bandes und  $n$  die Nummer des Bandes.  $W$  hängt nun sehr stark von der Feldstärke ab, wie die folgende Tafel zeigt, die für  $a = 3 \cdot 10^{-8}$  cm,  $\Delta E = 3$  V und  $n = 1$  berechnet wurde:

$F$	$10^6$	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$10^7$	V/cm
$W$	$10^{-26}$	$6 \cdot 10^{-7}$	3	$8 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^8$	

Die Durchbruchfeldstärke müßte also zwischen  $10^6$  und  $10^7$  V/cm liegen. Die rasche Zunahme von  $W$  läßt verstehen, daß ein plötzlicher Durchbruch und keine langsame Steigerung der Stromstärke eintritt; ferner wird verständlich, daß der Durchschlag auf sehr schmalen Bahnen verläuft. Der mehrdimensionale Fall führt zu ähnlichen Ergebnissen. Der Verfasser berechnet noch die Ausbildung von Elektronenlawinen durch Stoßionisation nach v. Hippels Hypothese, die zu einer ähnlichen Größenordnung der Durchbruchfeldstärke führt, aber eine starke Zunahme mit der Temperatur verlangt. Die allerdings sehr spärlichen Messungen an Steinsalz scheinen eher eine kleine Abnahme zu zeigen. Br.

**Physik**

DK 537.228.4

**Die Trägheit des Kerreffekts.** [Nach W. Hanle u. O. Maercks, Z. Phys. 114 (1939) S. 407; 10½ S., 4 B.]

Die in der Nähe der Absorptionslinien von Gasen zu beobachtende Doppelbrechung im elektrischen Feld folgt trägheitslos Wechselfeldern beliebig hoher Frequenz. Bei Flüssigkeiten ist der Anisotropie-Kerreffekt von dem Dipol-Kerreffekt zu unterscheiden. Letzterer rührt von der Einstellung der elektrischen Dipole im Felde her und kommt also nur bei Dipolsubstanzen vor; ersterer beruht darauf, daß die Polarisierbarkeit der Moleküle in verschiedenen Richtungen verschieden ist. Um die Trägheit beider Effekte im Wechselfeld und im pulsierenden Gleichfeld zu studieren, wurde ein neues Meßverfahren angewandt, das sich einer stroboskopisch beleuchteten fortschreitenden Schallwelle als Indikator bedient. Kerrzelle und Schwingquarz liegen parallel zum Schwingkreis

eines Senders. Die Lage, in der das Streifensystem der im modulierten Licht beobachteten Schallwelle erscheint, hängt vom Augenblick der periodischen Aufhellung ab. Man verwendet zwei auswechselbare Kerrzellen, von denen die eine als Vergleichssubstanz  $CS_2$  enthält, deren Trägheit als verschwindend klein angesehen werden kann. Wird sie durch die zweite Kerrzelle mit der zu untersuchenden Substanz ersetzt, so ergibt sich eine Verschiebung des Streifensystems, wenn diese Substanz eine andere Relaxationszeit hat, als die der ersten Zelle. Aus der Verschiebung des Streifensystems kann die Relaxationszeit bestimmt werden.

Es ergibt sich, daß sowohl Dipolmoleküle als auch dipollose Moleküle im elektrischen Feld eine endliche Einstellzeit haben. Die gemessenen Relaxationszeiten sind von der Größenordnung  $10^{-9}$  s. Im einzelnen sind die Einstellzeiten sehr verschieden, für dipollose Moleküle im allgemeinen sehr klein. Die Relaxationszeiten sinken mit wachsender Temperatur. *Fks.*

### Werkstatt und Baustoffe

DK 620.179.152 : 621.385.12

**Technische Zählrohrgeräte für Grob- und Feinstrukturuntersuchungen.** [Nach A. Trost, Metallwirtsch. 18 (1939) S. 687; 3 S., 4 B.]

Der Verfasser verwendet Zählrohre mit Dampfzusatz, und zwar setzt er dem Füllgas, z. B. Argon, in der Regel kleine Mengen von Alkoholdampf zu. Damit erreicht er neben einer großen Gleichmäßigkeit der Zähleigenschaften ein hohes Auflösungsvermögen von etwa  $10^4/s$ . Ein solches Zählrohr ist bei der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung durch Röntgenstrahlen zur Strahlenmessung geeignet und kann gegebenenfalls die Prüfverfahren mittels Film, Leuchtschirm oder Ionisationskammer ersetzen. In vielen Fällen ist nämlich die Empfindlichkeit von Leuchtschirm und Ionisationskammer nicht mehr ausreichend. Ein geeigneter Röntgenfilm ermöglicht bei Röhrenspannungen von 300 kV praktisch gerade noch die Durchstrahlung einer Stahlplatte von etwa 110 mm Dicke. Darüber hinaus geht jedoch noch die Meßempfindlichkeit einer Zählrohranordnung. Diese gestattet außerdem eine quantitative Wanddickenmessung, was mit Hilfe von Film oder Leuchtschirm unmöglich ist und bei der Ionisationskammer untragbare Meßzeiten erforderlich macht.

Das hohe Auflösungsvermögen des benutzten Zählrohres kann durch die üblichen technischen Zählwerke praktisch nicht mehr ausgenutzt werden. Außerdem ist eine unmittelbare Anzeige erwünscht, die nötigenfalls zu einer selbsttätigen Registrierung erweitert werden kann. Da nun bei jedem Zählrohrstoß eine ganz bestimmte Ladungsmenge abgeführt wird, ist der mittlere Zählrohrstrom hier der Strahlungsintensität proportional. Der Zählrohrstrom wird daher über einen Widerstand geleitet, dem ein passender Kondensator parallelgeschaltet ist. Der hier auftretende mittlere Spannungsabfall wird andererseits an das Gitter einer Verstärkerröhre gegeben. Der Anodenstrom der Röhre, der dann an einem Milliampereometer abgelesen werden kann, ist somit ein Maß für den mittleren Zählrohrstrom bzw. für die Strahlungsintensität. Auf Grund dieser sinnvollen Einrichtung werden die erforderlichen Meßzeiten außerordentlich gering. Nach Angabe des Verfassers sollen so mit Hilfe eines einzigen Zählrohres durch geeignete Bemessung, Füllung und Betriebsweise Strahlungsintensitäten erfaßt werden, die sich über sieben Größenordnungen erstrecken.

Leider ist das Zählrohr zur Ermittlung sehr kleiner Fehlstellen des zu untersuchenden Werkstückes für Risse, kleine Poren u. a. nicht geeignet, da das Zählrohrmeßfeld von rd. 1 cm<sup>2</sup> hierfür zu groß ist. Naturgemäß kann das Zählrohr immer nur den Mittelwert des von seiner Meßfläche erfaßten Ausschnittes zur Anzeige bringen. Film und Leuchtschirm werden mit der Möglichkeit, Bruchteile eines Millimeters genau auswerten zu können, daher oft unentbehrlich bleiben. In anderen Fällen hat das Zählrohrverfahren jedoch den Vorteil der empfindlichen, schnellen und quantitativen Messung. Rohre, Gasflaschen und ähnliche Werkstücke können laufend auf ihre Wandstärke hin untersucht werden, wobei man zweckmäßigerweise das Werkstück zwischen Röntgenröhre und Zählrohr hindurchbewegt. In gleicher Weise lassen sich Korrosionsstellen und Lunker er-

mitteln, Füllkörper feststellen u. ä. Schließlich eignet sich das beschriebene Zählrohrverfahren in seiner bequemen und schnellen Arbeitsweise auch zur Ausführung von Strahlenschutzmessungen, zum Auffinden schwacher radioaktiver Strahlungen und ferner für die Feinstrukturuntersuchung zum Messen von Röntgeninterferenzlinien. *Brk.*

DK 621.317.39 : 531.717

**Dickenmesser für dünne nichtmagnetische Schichten.** [Nach M. A. Rusher, Gen. Electr. Rev. 42 (1939) S. 486; 2 S., 3 B.]

Ein Verfahren zur Dickenprüfung von dünnen unmagnetischen Deckschichten, wie Lacküberzügen, Farbenstrichen, Filmen sowie elektrisch isolierenden Zwischenlagen aus Glimmer, Glas, Papier, Zelluloid, Zellophan u. dgl., beruht auf der Abhängigkeit der Impedanz eines Meßbrückenzeiges, gebildet aus einer festen Spule ohne Eisenkern und einer bewegbaren Prüfspule mit Eisenkern, von der Dicke der zu messenden, auf eiserner Unterlage ruhenden Schicht dadurch, daß diese an der Berührung mit den beiden Eisenflanschen der Prüfspule den magnetischen Schluß mit der Eisenunterlage durch einen Doppelpalt unterbricht. Der Meßbrücke wird Wechselspannung von 60 Hz durch einen primär mit 115 V gespeisten Transformator zugeführt. Der der Störung des Brückengleichgewichtes entsprechende Ausgleichstrom wird durch ein mit Gleichrichter verbundenes Galvanometer angezeigt, an dessen Teilung die Schichtdicke unmittelbar ablesbar ist. Die vor der Prüfung erforderliche Einstellung des Zeigerausschlages auf ein Richtmaß bekannter Dicke auf magnetischer Unterlage ähnlicher Beschaffenheit und Oberflächenkrümmung wie das Prüfstück erfolgt mittels eines regelbaren Widerstandes. Das Verfahren eignet sich besonders für Prüfstücke mit ebener Oberfläche oder großem Krümmungshalbmesser, aber nicht für genaue Messung von Filmen von weniger als 0,5 mm Dicke auf krummen Flächen. Auf die Prüfung der isolierenden Schutzschicht eines Wasserrohres für 1000 mm l. W. wird hingewiesen. Als Vorteile des Verfahrens werden Schnelligkeit, Genauigkeit und Schonung des Prüfstückes hervorgehoben. *Bg.*

### Verschiedenes

DK 517.5 : 621.3

**Elektrische Darstellung mathematischer Funktionen.** [Nach Chr. Strobel, Arch. Elektrotechn. 34 (1940) H. 6, S. 334; 5 S., 14 B.]

Der Verfasser eröffnet seine Ausführungen mit dem Hinweis, daß grundsätzlich alle vorkommenden mathematischen Funktionen beliebigen Grades und beliebiger Ordnung durch elektrische Kunstschaltungen numerisch wie auch vektoriell dargestellt werden können. Er beginnt seine Veröffentlichung mit der Behandlung der algebraischen Funktionen, welcher in weiteren Folgen die Behandlung der geometrischen und transzendenten Funktionen sich anschließen soll. Es werden die wichtigsten algebraischen Funktionen in Kunstschaltungsformeln aufgelöst und diese Kunstschaltungen dann durch einfache Kunstschaltungen dargestellt. Für algebraische Funktionen kommt man dabei mit Ein- und Mehrfachbrücken aus, wobei ein im Diagonalzweig liegender Fühler die gesuchte Unbekannte den in den Brückenzeigen eingesetzten und von Hand bzw. durch Wähler einzustellenden Veränderlichen und Konstanten selbsttätig anpaßt, so daß diese automatische Abstimmung die gesuchte Unbekannte auch z. B. als kontinuierlichen Anzeigewert oder Reglerimpuls in die geforderte Beziehung zu den übrigen in den Brückenzeigen ausgedrückten Konstanten und Veränderlichen bringt.

In einem System von Kunstschaltungen kann in Verbindung mit geeigneten Wähleinrichtungen für Konstante und Veränderliche nach Art einer selbsttätigen Rechenmaschine jede algebraische Funktion aufgelöst, d. h. die unbekanntere Veränderliche nach Einstellung der Konstanten und bekannten Veränderlichen selbsttätig durch Anzeige an einem Instrument gefunden werden. Darüber hinaus gibt der Verfasser Hinweise, wie die Kunstschaltung ein vielseitiges Hilfsmittel bei der Lösung meß- und regeltechnischer Probleme werden könnte.

## VERSCHIEDENES

## BEKANNTMACHUNGEN

## VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker  
(Eingetragener Verein)

Fernsprecher: 30 06 31 — Postscheckkonto: Berlin 213 12  
Geschäftsstelle: Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus  
Postscheckkonto für Mitgliedsbeiträge: Berlin 1810 00  
Postscheckkonto der ETZ-Verlag GmbH.: Berlin 223 84

## Transformatoren

Der Ausschuß für Transformatoren hatte Entwürfe zu VDE 0533 und VDE 0534 sowie zu Änderungen und Ergänzungen von

VDE 0532 „Regeln für Transformatoren“

in ETZ 59 (1938) S. 1237 veröffentlicht. Die hierauf eingegangenen Anregungen und Einsprüche sind ordnungsgemäß behandelt worden. Hierbei erwies es sich als zweckmäßig, die genannten Entwürfe VDE 0533 und VDE 0534 zusammenzufassen und in VDE 0532 einzuarbeiten. Die sich hiernach ergebende Schlußfassung der Neubearbeitung von VDE 0532 ist in ETZ 61 (1940) H. 26 S. 583 veröffentlicht. Sie wurde vom Vorsitzenden des VDE im Juni 1940 genehmigt und tritt mit dem 1. Juli 1940 in Kraft unter gleichzeitigem Außerkräfttreten der bisherigen Fassung VDE 0532/XII. 37.

Über die in der Neufassung enthaltenen Änderungen gibt der in ETZ 61 (1940) H. 26 S. 581 veröffentlichte Einführungsaufsatz von W. Krassowsky VDE, Berlin, Auskunft.

## Elektrowärmegeräte

Der Ausschuß für „Elektrowärmegeräte“ hat Entwürfe zu Ergänzungen und Änderungen zu

VDE 0720/1937 „Vorschriften für Elektrowärme-  
geräte“

aufgestellt.

Die Entwürfe sind in ETZ 61 (1940) H. 26, S. 590 veröffentlicht.

Begründete Einsprüche sind der Geschäftsstelle bis zum 15. Juli 1940 einzureichen.

## Sicherungswesen

Der Ausschuß für Sicherungswesen hat eine neue Bestimmung

VDE 0610 K „K-Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung“

aufgestellt.

Der Wortlaut von VDE 0610 K wurde im Juni 1940 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt mit dem Tage der Bekanntmachung in Kraft. Sonderdrucke sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung

Viefhaus

### Drähte und Kabel Installationsmaterial Errichtungsvorschriften I

Von den zuständigen Ausschüssen des VDE sind nachstehende Arbeiten aufgestellt worden:

VDE 0204 K „K-Vorschriften für Zink für Elektrotechnik“

VDE 0250 K „K-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen“

VDE 0608 K „K-Leitsätze für Klemmen zum Anschluß von Zinkleitern mit 2,5 mm<sup>2</sup> Nennquerschnitt an Installationsmaterial“

VDE 0100 K „K-Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V.“

Der Wortlaut dieser Bestimmungen wurde im Juni 1940 durch den Vorsitzenden des VDE genehmigt und tritt mit dem Tage der Bekanntmachung in Kraft. Sonderdrucke sind bei der ETZ-Verlag GmbH. erhältlich.

Um die Anwendung der in den vier Bestimmungen getroffenen Festlegungen zu erleichtern und eine Übersicht hierüber zu geben, hat die Geschäftsstelle im Einvernehmen mit den zuständigen Ausschüssen ein „Merkblatt über Zinkleitungen“ (VDE 0290/VI. 40) aufgestellt. Auch dieses Merkblatt ist bei der ETZ-Verlag GmbH. erhältlich.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Die Geschäftsführung

Viefhaus

## Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik

Die nachstehend aufgeführten Normblätter sind neu erschienen und können von der Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97, bezogen werden.

## Kennzeichen

DIN VDE 11 Erdungszeichen, Schutzzeichen (Juni 1940)

## Isolierstoffe

DIN VDE 607 Hartpapierrohr, Hartgeweberohr gewickelt, nicht nachgepreßt (Mai 1940)

## Schaltzeichen für Starkstromanlagen

DIN VDE 709 Schaltzeichen und Pläne für Starkstromanlagen, Allgemeine Vorbemerkung zu DIN VDE 710 bis 719 (2. Ausgabe, Februar 1940)

DIN VDE 710 Stromarten und Schaltarten (4. Ausgabe, Februar 1940)

DIN VDE 711 Leitungen (3. Ausgabe, Februar 1940)

DIN VDE 712 Grundsätzliche Schaltzeichen (4. Ausgabe, Februar 1940)

DIN VDE 713 Schaltgeräte (4. Ausgabe, Februar 1940)

Blatt 1 Meldegeräte (Februar 1940)

DIN VDE 714 Umspanner und Drosselspulen (3. Ausgabe, Februar 1940)

DIN VDE 715 Maschinen (4. Ausgabe, Februar 1940)

Blatt 1 Stromrichter (Februar 1940)

Blatt 2 Elektroöfen, -schmelzbäder, -kessel (Februar 1940)

DIN VDE 716 Meßgeräte, Relais und Auslöser (4. Ausgabe, Februar 1940)

Blatt 2 Meßwandler (4. Ausgabe, Februar 1940)

- DIN VDE 717 Leitungspläne für Starkstromanlagen (4. Ausgabe, Februar 1940)
- DIN VDE 718 Anschlußpläne für Starkstromanlagen (Ersatz für DIN VDE 707; Februar 1940)
- DIN VDE 719 Schaltpläne für Starkstromanlagen (4. Ausgabe, Februar 1940)
- Stromquellen
- DIN VDE 1210 Galvanische Elemente und Batterien (Galvanische Stromerzeuger, Ersatz für DIN VDE 1200, 1201, 1205, 1205 U, 1206 und 1600; Januar 1940)
- Rundfunkgerät
- DIN VDE 1519 Steckvorrichtung für Lautsprecher (3. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN VDE 1522 Steckvorrichtung für Antenne und Erde (2. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN VDE 1523 Steckvorrichtung für Tonabnehmer und Mikrophone (2. Ausgabe, Dezember 1939)
- Fahrleitungen
- DIN VDE 3164 Elektrische Bahnen, Schälkel (Dezember 1939)
- Elektrowärmegeräte
- DIN VDE 4901 Heißwasserspeicher, Standspeicher (2. Ausgabe, März 1940)
- DIN VDE 4902 Heißwasserspeicher, Wandspeicher (2. Ausgabe, März 1940)
- DIN VDE 4910 Herdkochplatten bis 2500 W (Wärmeleitplatten für Steckerstiftanschluß). Anschlußmaße (3. Ausgabe, Dezember 1939; Zusatz: März 1940)
- Glühlampensockel und -fassungen
- DIN VDE 9701 Lampensockel E 10/137 für Fahrradlampen für Kleinspannungen (März 1940)
- DIN VDE 9705 Lampensockel S 7 und S 8, Spitzkappen (März 1940)
- DIN VDE 9710 Lampensockel BA 7 s für Kleinspannungen (März 1940)
- DIN VDE 9715 Lampensockel BA 9 s für Kleinspannungen (März 1940)
- DIN VDE 9720 Lampensockel BA 15 (BA 15 s und BA 15 d) (März 1940)
- DIN VDE 9725 Lampenfassung B 15 (B 15 s und B 15 d) (März 1940)
- DIN VDE 9730 Lampensockel BA 20 (BA 20 s und BA 20 d) (März 1940)
- DIN VDE 9735 Lampenfassung BA 20 (März 1940)
- DIN VDE 9740 Lampensockel B 22 (B 22/24, B 22/25 × 26 und B 22/31 × 30) (März 1940)
- DIN VDE 9745 Lampenfassung B 22 (März 1940)
- DIN 3 Normaldurchmesser und andere Baumaße (Nennmaße) für Maschinen, Apparate und Metallwaren (4. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN 250 Rundungen (3. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN 254 Kegel (2. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN 322 Schlitzbreiten für Schmierringe in Lagerbuchsen:  
Blatt 2 Anwendungsblatt (2. Ausgabe, Februar 1940)
- DIN 821 Schriftgutbehälter:  
Blatt 1 Ordner, Hefter, Lochung (Ersatz für DIN Vornorm 821; Januar 1940)
- DIN 1451 Normschriften: Engschrift, Mittelschrift, Breitschrift (2. Ausgabe, Februar 1940)  
Erläuterungen und Ergänzungen zu DIN 1451 (Normung der Groteskschriften) (2. Ausgabe, Februar 1940)
- DIN 1502 Zeitschriftenkurztitel:  
Beiblatt Internationale Regeln für die Kürzung der Zeitschriftentitel (Ersatz für DIN Vornorm 1502, Beiblatt 1; März 1940)
- DIN 1704 Zinn (2. Ausgabe, Februar 1940)
- DIN 1707 Lötzinn (2. Ausgabe, Februar 1940)
- DIN 1740 Magnesium-Spritzgußlegierungen, Gußstücke (teilweiser Ersatz für DIN 1744; März 1940)
- DIN 1743 Zink-Spritzgußlegierungen, Gußstücke (2. Ausgabe, März 1940)
- DIN 1744 Aluminium - Spritzgußlegierungen, Gußstücke (2. Ausgabe, März 1940)
- DIN 1749 Preßteile aus Aluminium und Aluminiumlegierungen Vornorm Technische Lieferbedingungen (Dezember 1939)
- DIN 1761 Vierkantmessing, gezogen (2. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN 1769 Flachstangen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen, gezogen (2. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN 1770 Flachstangen aus Aluminium und Aluminiumlegierungen, gepreßt oder gewalzt (2. Ausgabe, Dezember 1939)
- DIN 1783 Blech aus Aluminiumlegierungen (März 1940)
- DIN 1784 Band und Streifen aus Aluminiumlegierungen (März 1940)
- DIN 1998 Richtlinien für die Einordnung und Behandlung der Gas-, Wasser-, Kabel- und sonstigen Leitungen und Einbauten bei der Planung öffentlicher anbaufähiger Straßen (2. Ausgabe, Februar 1940)
- DIN 2400 Rohrleitungen, Übersicht (2. Ausgabe, Februar 1940)
- DIN 2425 Richtlinien für Rohrnetzpläne der Gas- und Wasserversorgung (Februar 1940)
- DIN 2425 Richtlinien für Pläne der Wasserversorgung im Beiblatt Brand- und Luftschutz (Februar 1940)
- DIN 70002 FI Anwendung der Einheitsblätter, DIN FI-Blätter (Februar 1940)
- DIN 72251 FI Spannungen für elektrische Hilfsmaschinen und Einrichtungen an Kraftfahrzeugen (Februar 1940)
- DIN 72311 FI Licht- und Anlasserbatterien, Nennspannung 6 V und 12 V: Anwendung (Februar 1940)
- DIN 72501 FI Zündkerzen: Anwendung (Februar 1940)
- DIN 72520 FI Glühkerzen: Anwendung (Februar 1940)
- DIN 72562 Hochspannungszündleitung mit Beflechtung: Abmessungen und Prüfvorschriften (früher DIN Kr 2562; Februar 1940)
- DIN 72582 FI Sicherungsdosen mit seitlichem Anschluß der Leitungen (Februar 1940)
- DIN 72601 FI Glühlampen: Übersicht (März 1940)
- DIN 72616 FI Rückstrahler (Februar 1940)
- DIN 72623 FI Brems-, Schluß- und Kennzeichenleuchte für Lastkraftwagen und Anhänger (März 1940)
- DIN 72624 FI Brems-, Schlußleuchte für Lastkraftwagen und Anhänger (Februar 1940)
- DIN 72625 FI Schlußleuchte für Lastkraftwagen und Anhänger (März 1940)
- DIN 72626 FI Kennzeichenleuchte für Lastkraftwagen und Anhänger (Februar 1940)
- DIN HNA We 101 U Umstellwerkstoffe für inländische Handelsschiffe (April 1940)
- ISA-Passungen
- KM 2 Bl. 1 Einheitsbohrung: Nennabmaße, Vorzugsweise zu verwendende Passungen für Maschinenbau, Schiffbau und Elektrotechnik (Februar 1940)
- Beleuchtungskörper
- KM 5006 Taucherlampen bis 100 W (April 1940)
- KM 5007 Hängeleuchte (Februar 1940)
- KM 5009 Deckenleuchten (Februar bzw. April 1940) (3 Blätter)
- KM 5016 Leuchte für beschränkte Raumverhältnisse (Februar 1940)
- KM 5017 Leuchte für 24 V-Anlagen (Februar 1940)
- Lampenfassungen
- KM 5072 Bl. 2 Fassung für Einbau in enge Gehäuse für Glühlampen mit Gewindestiftsockel M 3,5 (Juni 1940)
- KM 5074 Fassungen für Sonderbeleuchtung (Februar bzw. April 1940) (4 Blätter)
- Signallaternen
- KM 5113 Hecklaternen, Steuerlaternen und Abstandslampen (2 Blätter) (April bzw. Juni 1940)
- KM 5114 Steuerlaternen für 110 und 220 V (Januar 1940)
- KM 5119 Führer- und Toppmorselaternen für große Schiffe (3 Blätter) (Februar 1940)
- KM 5120 Leuchte für Nachtsignalapparat (Januar, Februar (4 Blätter) und Juli 1940)
- KM 5121 Bl. 1 Leuchten für Warnlichter (Februar 1940)
- KM 5122 Ankermanöverlaternen und Führerlaternen (Januar (3 Blätter) bzw. April bzw. Juli 1940)
- KM 5128 Abstandslampe für 110 und 220 V (Januar 1940) (2 Blätter)

## Leitungen

KM 5193 Bl. 1 Marine-Innenschaltungs-Leitung, Bezeichnung MIL (April 1940)

## Steckanschlüsse und Stecker

KM 5231 Stecker und Steckdosen bis 250 V (Januar bzw. 4 Blätter) Februar 1940)  
 KM 5232 Flansch- und Schraubsockel-Stecker und -Steckdosen 15 A für allgemeine E-Anlagen bis 250 V (2 Blätter) (April 1940)  
 KM 5233 Wasserdichte Steckanschlüsse (Juni bzw. Juli 1940)  
 KM 5242 Stecker und Steckdosen mit Überwurfmutter (7 Blätter) (Januar bzw. Februar 1940)  
 KM 5243 Flansch-, Schraub- und Krümmersockel-Stecker und -Steckdosen (April bzw. Juni 1940)

## Schalter

KM 5292 Bl. 4 Schnapp-Kreuzkupplung für Schalter 15 A (Juni 1940)

## Sicherungen

KM 5371 Sicherungen 1 bis 60 A, 500 V (2. Ausgabe, Februar (3 Blätter) 1940)  
 KM 5372 Sicherungen 80 bis 350 A, 350 V (Januar bzw. 3 Blätter) Februar 1940)  
 KM 5375 Bl. 1 Glasröhrensicherungselemente mit kleinem Sockel 60 V für Schmelzeinsätze von 0,3 bis 12 A ohne verzögerte Auslösung und Schmelzeinsätze von 0,15 bis 6 A mit verzögerter Auslösung (Januar 1940)  
 KM 5376 Einbau von Glasröhrensicherungselementen (April 1940)  
 KM 5377 Glasröhrensicherungs-Schmelzeinsätze 60 V für 0,15 bis 6 A mit verzögerter Auslösung (April 1940)

## Abzweigdosen und Kästen

KM 5472 Bl. 1 Abzweigdose, wasserdicht, für Kabel 2,5 mm<sup>2</sup> und bis 2 x 4 mm<sup>2</sup> Querschnitt (April 1940)

## Klemmen

KM 5506 Stöpsel für Meß- und behelfsmäßige Anschlußzwecke bis 500 V (Februar 1940)

## Zubehör für Kabel und Leitungen

KM 5557 Splitterschutz wichtiger Kabel, Ausführungsbeispiele (April 1940)

## Elektrische Maschinen

KM 5741 Bl. 1 Bürsten, Bürstenhalter, Kohlebürsten für Gleichstrommaschinen (Februar 1940)  
 KM 5746 Bl. 1 Bürsten und Bürstenhalter, Formen für Gleichstrommaschinen im Leistungsbereich von 0,5 bis 50 kW. Auszug aus DIN VDE 2950 (Juli 1940)

## Gußteile

KM 6002 Gehäuse für Schalter und Abzweigdosen (April bzw. 2 Blätter) Juni 1940)  
 KM 6005 Bl. 1 Schellen (Februar 1940)  
 KM 6006 Hülsen für Steckanschlüsse (Januar, Februar und 3 Blätter) April 1940)  
 KM 6007 Bl. 3 Taucherlampe bis 100 W (April 1940)  
 KM 6008 Bl. 1 Kontaktteile für Sicherungen 80 bis 600 A (Januar 1940)  
 KM 6009 Gußteile für Leuchten (Januar 1940) (4 Blätter)  
 KM 6011 Hülsen und Gewindeinsätze für Steckanschlüsse (5 Blätter) (Januar bzw. Juni 1940)  
 KM 6012 Bl. 1 Verschlußkappe für Steckanschlüsse und Stecker (April 1940)

## Stanz-, Drück- und Ziehtteile

KM 6253 Teile für Sicherungen (1. bzw. 2. Ausgabe, Februar (2 Blätter) 1940)  
 KM 6255 Bl. 3 Profile für Kabelschuhe und Klemmenkörper (Januar 1940)  
 KM 6256 Bl. 1 Hebel und Pfeile für Schaltergriffe (Januar 1940)  
 KM 6257 Bl. 1 Träger und Halterungen (Februar 1940)

## Isolierstoffteile

KM 6501 Bl. 2 Isoliersockel der Kontakteinsätze für Steckanschlüsse 15 A (Januar 1940)  
 KM 6502 Isolierstoffteile für Fassung (Februar bzw. April (3 Blätter) 1940)

KM 6504 Teile für Sicherungen 1 bis 60 A (1. bzw. 2. Ausgabe, (4 Blätter) Februar 1940)  
 KM 6506 Bl. 2 Platten und Buchsen (Januar 1940)  
 KM 6512 Preßteile für Steckanschlüsse (Januar bzw. April (2 Blätter) 1940)

## Kontaktteile

KM 6603 Kontaktteile für Sicherungen 80 bis 350 A (1. bzw. (3 Blätter) 2. Ausgabe, Januar bzw. Februar 1940)  
 KM 6604 Bl. 1 Kontaktteile für Steckanschlüsse (Januar 1940)  
 KM 6610 Bl. 1 Kontaktteile für Steckanschlüsse für große Führerlaterne und Toppmorselaterne (Januar 1940)

## Dichtteile

KM 6705 Bl. 1 Dichtrahmen in Sonderform (Februar 1940)  
 KM 6707 Dichtgummi (Februar 1940) (2 Blätter)

## Glasteile

KM 6752 Glassturze (Februar bzw. Juli 1940) (2 Blätter)

## Befestigungsteile

KM 6781 Bl. 1 Sonderschrauben (Februar 1940)  
 KM 6783 Bl. 1 Halb- und Linsenhalschrauben (Februar 1940)  
 KM 6785 Blanke Sechskantschlitzschrauben (Februar 1940)  
 KM 6786 Bl. 1 Klemmschraube der Stöpsel für Meßzwecke und behelfsmäßige Anschlußzwecke (April 1940)

## Schutzkörbe und Blenden

KM 6931 Schutzkörbe für Leuchten (April 1940) (2 Blätter)  
 KM 6932 Blenden für Laternen (Januar bzw. Juni 1940) (3 Blätter)

## Drahtteile und Blechteile

KM 6945 Bl. 2 Schellen (April 1940)

## Drehteile

KM 7103 Bl. 1 Naben und Scheiben (Januar 1940)  
 KM 7105 Bl. 2 Stöpsel für Meßzwecke und behelfsmäßige Anschlüsse (April 1940)

## Griffe, Handräder und Schlüssel

KM 7301 Bl. 1 Preßstoffgriffe für Schalter (Februar 1940)

## Werkstoffe

KM 9104 Bl. 3 Bleche (Kesselbleche) aus Flußstahl, unlegiert und legiert, vorzugsweise zu verwendende Stähle (auch für HNA gültig; April 1940)  
 KM 9306 Bl. 1 Aluminiumlegierungen für Gußteile, vorzugsweise zu verwendende Legierungen (auch für HNA gültig; April 1940)

DIN Kr 2311 Bl. 1 Licht- und Anlasserbatterien, Nennspannung 6 V und 12 V (Blei-Akkumulatoren) (Ersatz für DIN Kr 2301; 4. Ausgabe, Dezember 1939)

RAL 1831 Einfache Werkstoffprüfung, Papier (2. Ausgabe, März 1940)

## PERSONLICHES

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten)

**H. Zipp †.** — Am 23. März wurde in Potsdam der frühere Professor am Polytechnikum und Direktor des städt. Elektrizitätswerks Köthen Hermann Zipp zu Grabe getragen. Eine Lungentzündung erlöste ihn aus einer langjährigen Leidenszeit.

Geboren ist Prof. Zipp am 21. Januar 1875 in Mörs im Reg.-Bezirk Düsseldorf. Nach Absolvierung des humanistischen Gymnasiums studierte er Elektrotechnik an der Darmstädter Technischen Hochschule bei Geheimrat Kittler und trat 1898 in die Dienste der Firma Helios in Köln. 1901 übernahm er ein Lehramt für Elektrotechnik am Polytechnikum Köthen, das er ohne Unterbrechung bis 1927 bekleidete. Daß die elektrotechnische Abteilung des Polytechnikums sich zu großer Blüte entwickelte ist vor allem das Verdienst von Prof. Zipp. Er hing auch mit großer Liebe an seiner Anstalt und schlug alle Angebote

und Berufungen, die ihn von Köthen trennen sollten, aus. Er war nicht nur ein vorzüglicher Lehrer, sondern auch ein weit-schauender, praktischer Ingenieur. Durch die Umwandlung des Elektrizitätswerkes von einer Erzeuger- in eine Umspannstation hat er der Stadt Köthen einen großen Dienst erwiesen. Durch seine Verhandlungskunst konnte er seinen Plan gegen alle Widerstände durchsetzen. In größerem Rahmen wirkte er in der Vereinigung der mitteldeutschen Elektrizitätswerke. 1927 zu ihrem Vorstand gewählt, konnte er leider dieses Amt nicht mehr ausüben. Auch eine Reihe von Erfindungen trägt seinen Namen, am bekanntesten ist wohl sein Hochspannungsprüfer geworden. Eine große Zahl von Aufsätzen in unseren führenden Fachzeitschriften und eine Reihe Lehr- und Nachschlagbücher zeugen von seiner unermüdlichen Schaffenskraft.

Nicht nur ein bedeutender Elektrotechniker, sondern auch ein vorzüglicher Mensch und guter Kamerad ist heimgegangen. Wer das Glück hatte mit Hermann Zipp zu arbeiten und zu feiern, konnte sich das Eindrucks nicht erwehren, einem Fachmann mit umfassenden Kenntnissen und einem frohen, liebenswerten Menschen gegenüberzustehen.

K. Metzler

**J. Ossanna.** — Am 26. Juni d. J. vollendete Herr Geheimer Hofrat Dr.-Ing. e. h. Johann Ossanna VDE, em. o. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule München, sein 70. Lebensjahr. Ossanna entstammt einem alteingesessenen Bauerngeschlecht Südtirols. Er besuchte das Humanistische Gymnasium in Trient und bezog im Jahre 1889 die Technische Hochschule Graz.



J. Ossanna

Nach Absolvierung seiner Studien war er vom Jahre 1893/1896 als Assistent an dieser Hochschule tätig. Im Jahre 1896 trat er als Ingenieur und späterer Obergeringieur in die Firma Siemens & Halske in Wien ein, welcher er bis zum Jahre 1901 angehörte. Im Jahre 1901 erhielt er den Ruf als o. Professor für Elektromaschinenbau an die Technische Hochschule München. Einen im Jahre 1912 an ihn ergangenen ehrenvollen Ruf an die Technische Hochschule Karlsruhe als Nachfolger von E. Arnold lehnte er ab. Im Jahre 1921 verlieh ihm die Technische Hochschule Karlsruhe den Dr.-Ing. e. h. in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Elektrotechnik als Forscher und Lehrer.

Ossanna hat den ganzen Werdegang der Elektrotechnik von ihren Anfängen bis zum heutigen Stande miterlebt und durch sein technisches Schaffen, seine Forschungen und Erfindungen an deren Entwicklung wesentlichen Anteil genommen. Als Ingenieur und Chefelektriker der österreichischen Siemens-Werke hat er bereits in den ersten Jahren seiner Tätigkeit durch die Erfindungen der nach ihm benannten Dreileitermaschine und neuartigen Wicklungen die Aufmerksamkeit der elektrotechnischen Welt auf sich gelenkt. Nach Einführung des Drehstromes trug Ossanna unter genialer Anwendung der analytischen Mathematik wesentlich zur Begründung der Theorie der

asynchronen Maschinen bei. Diese von ihm geschaffene Theorie trägt heute in der ganzen elektrotechnischen Welt seinen Namen. Bei der Einführung des elektrischen Zugbetriebes hat Ossanna durch seine Arbeiten über die Dimensionierung der Kommutatormotoren für die schwere Zugförderung deren Entwicklung wesentlich gefördert. Als nach dem Weltkrieg die Probleme der Energieübertragung auf weite Entfernungen auftauchten und man gelegentlich im Zweifel war, ob der Drehstrom hierfür geeignet sei, hat Ossanna durch seine theoretischen Untersuchungen und neuen Diagramme die hier vorliegenden Fragen einwandfrei geklärt. Als weitere Ergebnisse seien die Erfindungen der asymmetrischen Maschine, ferner der sog. Ossanna-Maschine und der Anordnung zur Kupplung von Kraftwerken genannt, die in großen Kraftwerken mehrfach verwendet worden sind.

Dank der exakten Begründung und kristallklaren Darstellung seiner Forschungsergebnisse wird Ossanna von all seinen ehemaligen Hörern als ausgezeichnete Lehrer geschätzt. Eine stattliche Reihe seiner früheren Schüler wirken heute auf Lehrstühlen deutscher Hochschulen.

Ossanna hat sich dank seines lebhaften Temperaments, seines sonnigen Humors und seiner tiefen Güte die Verehrung und Wertschätzung aller derer erworben, die mit ihm in nähere Beziehung treten durften. Noch heute widmet Ossanna seine ganze Arbeitskraft der Lösung moderner Probleme der Elektrotechnik, und es ist zu hoffen, daß die Elektrotechnik noch weiterhin manche Förderung durch ihn erfährt. Alle seine Schüler, Bekannte und Freunde, wünschen ihm für viele Jahre die Erhaltung seiner Gesundheit und seiner Arbeitskraft.

A. Schwaiger VDE

## BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.39

**Fachkunde für Fernmeldetechnik.** Von Ing. H. Blatzheim, 2. Aufl. Mit 238 B., 4 Taf., einem Anhang „Schaltungen größerer Fernsprechanlagen“, VI u. 169 S. im Format 160 × 230 mm. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1940. Preis kart. 3,80 RM.

Das Buch will eine leicht verständliche Einführung in den Aufbau und die Schaltung der „am häufigsten benutzten Fernmeldeanlagen“ geben. Diesem im Vorwort gegebenen Versprechen sowie seinem umfassenden Titel wird das Buch jedoch insofern nicht gerecht, als es sich, von kurzen Hinweisen auf andere Gebiete abgesehen, fast ausschließlich mit privaten Fernmeldeanlagen befaßt. Unter diesen nehmen die einfachen Signal-, Sicherungs-, Fernmeß- und Uhrenanlagen sowie die handbedienten Fernsprechanlagen den breitesten Raum ein. Von den Telegraphenanlagen wird nur der nicht mehr ganz zeitgemäße Morse- und Klopferapparat behandelt. Die Schaltung einiger Wähleranlagen wird in einem besonderen Anhang beschrieben. In einem einleitenden Teil werden neben den Stromquellen die Grundlagen der Elektrotechnik behandelt, soweit sie für den Fernmeldemonteur, der sich mit den Fernmeldeanlagen der folgenden Abschnitte zu befassen hat, wissenswert sind. Für diesen Kreis von Fachleuten ist das Buch zweifellos von großem Nutzen; sein Wert wird durch einige Ungenauigkeiten in der Ausdrucksweise sowie durch vereinzelte Gedankensprünge, besonders im einleitenden Teil, nur unwesentlich gemindert. Die Angabe, daß in öffentlichen Anlagen stets mit zwei Batterien (im Gegensatz zum Pufferbetrieb) gearbeitet würde, beruht auf einem Irrtum. Zu begrüßen wäre es, wenn in den Stromlaufzeichnungen allgemein die sich mehr und mehr durchsetzende aufgelöste Darstellungsweise angewendet würde.

H. Raettig VDE

### Anschriften der Verfasser der Aufsätze dieses Heftes

Dipl.-Ing. W. Krassowsky VDE, Berlin-Grünwald, Faubertstr. 5.  
Dr. phil. L. Rohde VDE, München, Possartstr. 27.  
Dr. G. Wedemeyer, München 9, Tassiloplatz 7.

Abschluß des Heftes: 21. Juni 1940

Wissenschaftliche Leitung: Harald Müller VDE (a. Z. im Felde)  
G. H. Winkler VDE (a. Z. im Felde)  
H. Hasse VDE und R. Henrichs VDE

Zuschriften sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern nur an die Wissenschaftliche Leitung der ETZ, Berlin-Charlottenburg 4, Bismarckstr. 33, VDE-Haus, Fernsprecher: 34 19 55.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und nur mit Genehmigung des Verfassers und der Wissenschaftlichen Leitung der ETZ gestattet.

# E T Z

## ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

### INHALT

Die Messung von Verlusten bei Hochspannung hoher Frequenz

L. Rohde VDE und G. Wedemeyer 577

Zur Neubearbeitung von VDE 0532 „Regeln für Transformatoren“

W. Krassowsky VDE 581

Regeln für Transformatoren 583

Vorschriften für Elektrowärmegegeräte 590

#### Rundschau

Die Gleichstrom-Kraftübertragung Wettingen-Zürich an der Schweizerischen Landesausstellung 591 — Die erste elektrische Gleichstromkraftübertragung mit 50 kV mit Hilfe von Stromrichtern 591 — Aluminium-Zentralklemmen für Rundaluminium-Schaltanlagen 592 — Über die Stromwärme im Läufer des einphasigen Asynchronmotors 592 — Spulen für homogene Magnetfelder 593 — Steuerung der Reichsbahn-Schnellzuglokomotive Reihe E 19 mit elektrischer Zusatzbremse 593 — Die neuen elektrischen Schnellzüge in Italien 593 — Kurzwellen-Breitbandverstärkung 594 — Zur Theorie der Siebketten aus X-Schaltungen 594 — Theorie des elektrischen Durchschlags kristallischer Isolatoren 595 — Die Trägheit des Kerreffekts 595 — Technische Zählrohrgeräte

für Grob- und Feinstrukturuntersuchungen 596 — Dickenmesser für dünne nichtmagnetische Schichten 596 — Elektrische Darstellung mathematischer Funktionen 596

#### Verschiedenes

#### Bekanntmachungen

VDE: Transformatoren 597

Elektrowärmegegeräte 597

Sicherungswesen 597

Drähte und Kabel, Installationsmaterial, Errichtungsvorschr. I 597

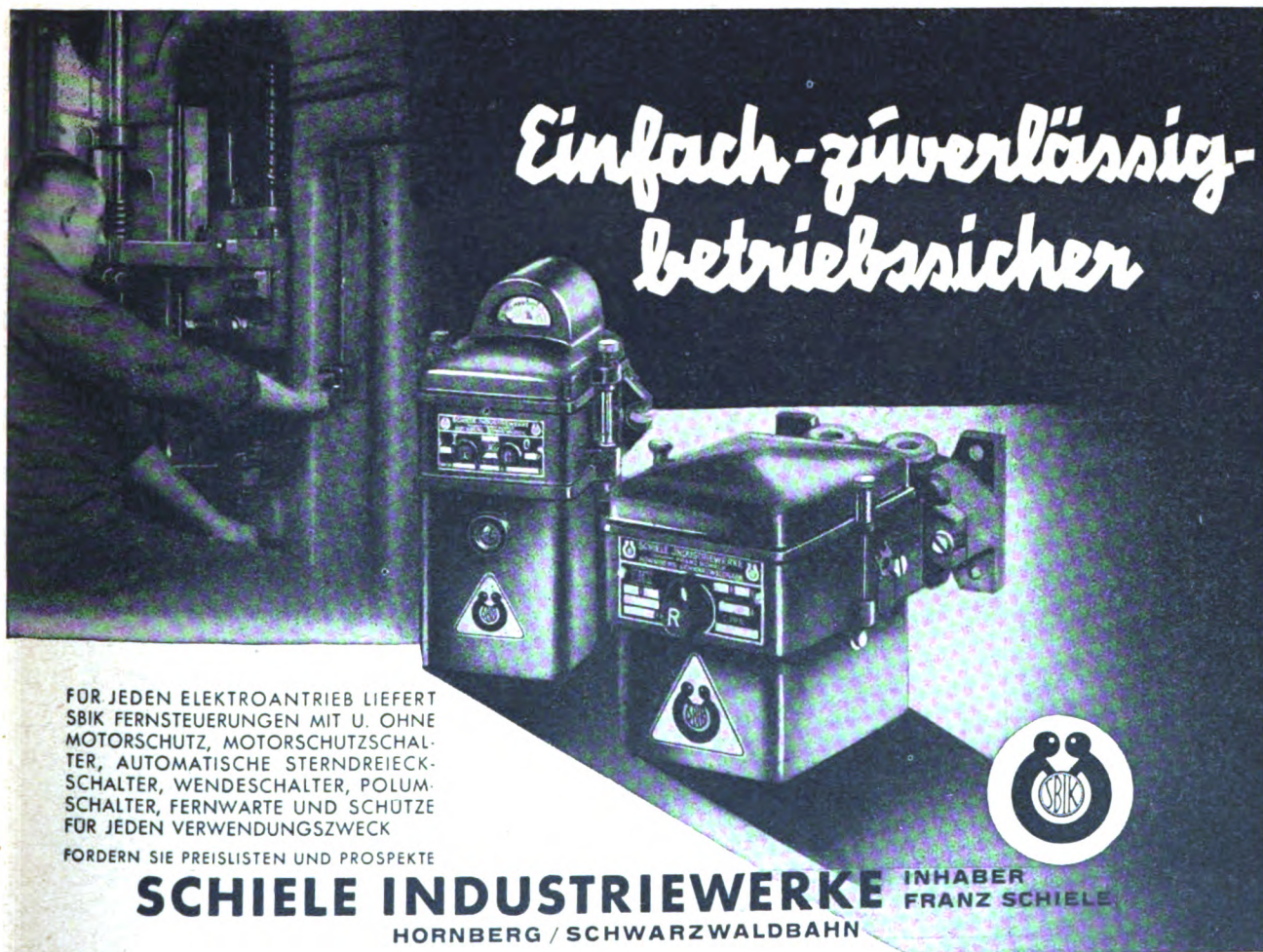
Neu erschienene Normblätter für Elektrotechnik 597

Persönliches: H. Zipp † 599 — J. Ossanna 600

Buchbesprechungen: H. Blatzheim 600

#### Aufsätze des neuesten Heftes von „Elektrotechnik u. Maschinenbau“

1940, H. 27/28: F. Niethammer, Der allgemeine Transformator und die Asynchronmaschine (2. Teil) — A. Wienhard, Eine analytische Darstellung der Magnetisierungskennlinie und ihre Verwendung zur raschen Bestimmung der Ankerrückwirkung — A. Hochrainer, Die konstruktive Entwicklung der Glasgleichrichterschranke



**Einfach-zuverlässig-betriebsicher**

FOR JEDEN ELEKTROANTRIEB LIEFERT SBK FERNSTEUERUNGEN MIT U. OHNE MOTORSchUTZ, MOTORSchUTZSchALTER, AUTOMATISCHE STERNDRIECKSchALTER, WENDESChALTER, POLUMSchALTER, FERNWARTe UND SchÜTZE FÜR JEDEN VERWENDUNGSZWECK

FORDERN SIE PREISLISTEN UND PROSPEKTE

**SCHIELE INDUSTRIEWERKE** INHABER FRANZ SCHIELE  
HORNBERG / SCHWARZWALDBAHN



# AEG

## Starkstromkabel, Kabelnetze

Massekabel für Spannungen bis 30 kV, Gasdruckkabel für 20-60 kV, Ölkabel für 60-220 kV, bleimantellose Kabel, insbesondere Kunststoffkabel bis 1 kV zur Verlegung in überdachten Räumen, kittlose Endverschlüsse bis 220 kV, Kleinendverschlüsse („Isoklein“) für Einleiter- und Dreimantelkabel bis 20 kV, für Gürtel- und H-Kabel bis 15 kV, Schweißverbindungen von Al-Kabeln, Al-Cu-Anschlußteile (Übergangsverbindungen).

## Fernmeldekabel und Apparate, Kabelnetze

Fernsprech- und Telegraphenkabel, Fernsehkabel, Rundfunkkabel, Pupinspulen und sämtliches Zubehör für Fernmeldekabel, Fernsprechverstärker, Übertrager und Schutzvorrichtungen, Drahtfunkeinrichtungen, Wechsel-Lautsprechanlagen, Freisprechverstärker, Trägerstromgeräte und Meßgeräte für die Fernmeldetechnik.

## Blankes Leitungsmaterial

Drähte, Seile und Hohlseile für Höchstspannungen, Sammelschienen, Segmente, Schienenverbinder, Fahrdrähte aus Kupfer und Fahrdrähte aus Stahlaluminium.

## Isolierte Leitungen

Feuchtraumleitungen, Flexostecker und Flexoschnüre (DRP), Leuchtröhrenleitungen, Apyroldraht für hochbeanspruchte Wicklungen, Dynamodraht mit Papier- und Kunstseidebespinnung, Lack- und Schalldrähte.

## Gummifabrikate

Isolatoren für Bahnoberleitungen, Isolierband, Griffe und Haltestangen für Fahrzeuge sowie Auskleidungen mit alkali- und säurebeständigem Hartgummi.

ANFRAGEN AN DIE AEG-BÜROS ERBETEN

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

7219

## Rundaluminium- Verbindungen in Schaltanlagen



mit

## Al-Zentralklemmen

**Karl Pfisterer**  
STUTTGART-UNTERTÜRKHEIM

# MAKO-WERKE

Imprägnieranlagen

Hochvakuum-  
Trocken- und Tränkanlagen

Lacktrockenöfen

Trockenanlagen  
für Akkumulatorenplatten

Transformatorschränke  
in jeder Größe

Größter bisher gelieferter Transformatorschrank

3100 mm li. Breite, 4200 mm li. Höhe, 7000 mm li. Tiefe  
Ges. Gewicht der Anlage ca. 48000 kg

Fordern Sie Referenzlisten und Prospekte an!

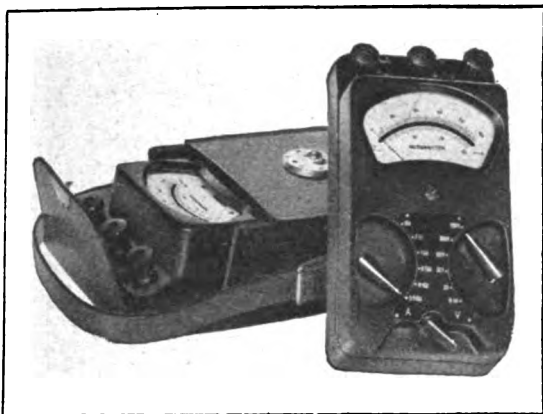
# ERFURT

Hochheimerstraße 12 · Schließfach 889

Fernruf 20867, 20868, 20869, 21254, 21264

# NORMAMETER

Vielfachmeßgeräte für Gleich- und Wechselstrom



**NORMAMETER GW** mit 28 eingebauten Meßbereichen für max. 5 A, max. 500 V bis 10000 Hz

**NORMAMETER GWO** für max. 5 A, max. 500 V oder max. 6 A, max. 6V mit 28 eingebauten Meßbereichen und mit Ohmteilung für Widerstandsmessungen 0-500 KO

**NORMAMETER R** Schleifdrahtmeßbrücke für mittlere und hohe Widerstandswerte 0,05-50 000 Ohm

**NORMAMETER Th (r)** Thomson-Schleifdrahtmeßbrücke für niedrige Widerstandswerte 0,0001-2,2 Ohm

**NORMAMETER C** Kapazitätsmeßbrücke für 5 pF-10<sup>7</sup> pF

**NORMAMETER L** Induktivitätsmeßbrücke 50 μH-10 H

Klarer Aufbau aller Geräte, handliche Form, genau, zuverlässig, preiswert

**NORMA** Fabrik elektrischer Meßgeräte Gesellschaft m. b. H.  
**WIEN 79, Fickeysstraße 11** Drahtanschrift: NORMAMETER Fernsprecher: U 17-3-69/70, B 26-5-75

**Klemmenleisten**

**Anschlußleisten**

**Verteilerkästen**

aus Isolierpreßstoff

Liste 38

Wie liefern für

**CRUSE**

**Papiermaschinen**

elektrische

Anlauf- u. Regelgeräte

**GEBR. CRUSE & CO**

**DRESDEN N 30**

Spezialfabrik elektrischer Steuerapparate

**WILHELM QUANTE**

SPEZIALFABRIK FÜR APPARATE DER FERNMEDETECHNIK

**INH. HERMANN QUANTE**

**WUPPERTAL-ELBERFELD**

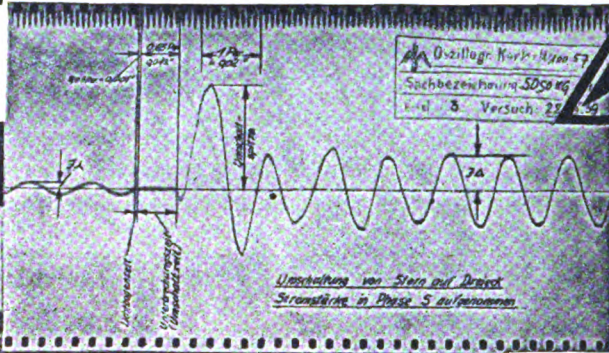
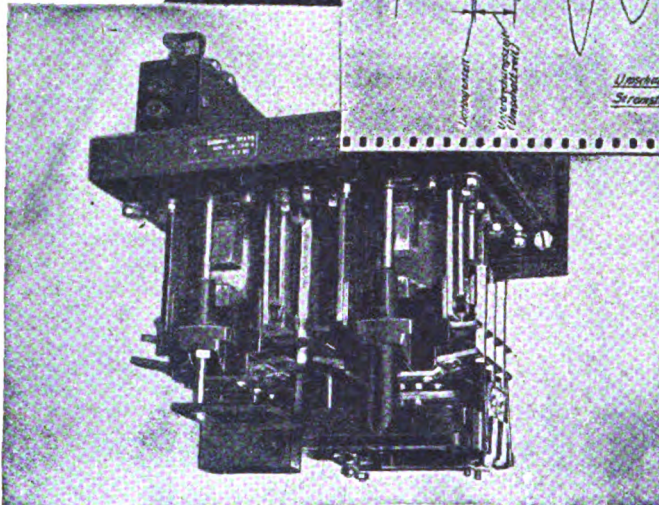
Uellendahlerstr. 353 · Fernspr. Sammel-Nr. 222 11

Drahtanschrift: Quantewerke

BEGR. 1892

# FANAL

aut.  Schalter



- ① Lichtbogenzeit 0,05 Per.
- ② Umschaltzeit 0,65 Per.
- ③ Kein merklicher Drehzahlabfall
- ④ Sichere Lichtbogenlöschung
- ⑤ Niedriger Umschaltstrom
- ⑥ Kräftige Kontakte
- ⑦ Doppelpolige Unterbrechung

$$\frac{\text{Umschaltzeit}}{\text{Lichtbogenzeit}} = \frac{13}{1} \text{ daher}$$

**Größte Betriebssicherheit**

M&J  
933

# METZENAUER & JUNG

WUPPERTAL

# Papier

für die elektrotechnische Industrie

*speziell*

**Isolierpapier**

für Stark- u. Schwachstrom in Röllchen von 2mm an aufwärts

**Kondensatorpapier**

Dicke von 0,0065mm aufwärts

**Schoeller & Hoersch**

Gernsbach i. Baden

## Das neue Einheitsgerät für Lichtbogen- und Punktschweißung

das fahrbare Schweißgerät für jeden Betrieb



Fordern Sie bitte den neuen Prospekt an

**Keller & Knappich G. m. b. H.**  
Maschinenfabrik Augsburg M

Vertical text and symbols along the left margin, including a large **G** and a small **A**.

J. H.







UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 08040 1022

**BOUND**

**AUG 28 1947**

**UNIV. OF MICH.  
LIBRARY**

**OVERNIGHT**





