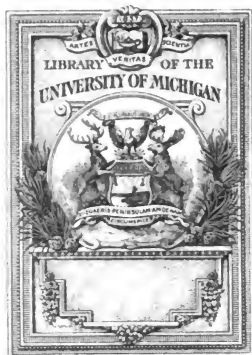


*Zeitschrift für
Instrumentenkunde*

Ernst Dorn



Q
184
.24

342

ZEITSCHRIFT
FÜR
INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

~~~~~  
Herausgegeben

unter Mitwirkung der

**Physikalisch-Technischen Reichsanstalt**

von

E. Abbe in Jena, Fr. Arzberger in Wien, S. Czapski in Jena, W. Foerster in Berlin, R. Fuoss in Berlin,  
E. Hammer in Stuttgart, H. Kronecker in Bern, H. Krüss in Hamburg, H. Landolt in Berlin, V. v. Lang  
in Wien, S. v. Merz in München, G. Neumayer in Neustadt a. H., A. Raps in Berlin, J. A. Repsold  
in Hamburg, A. Rusprecht in Wien, A. Westphal in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Vierundzwanzigster Jahrgang 1904.

~~~~~  
Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1904.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Objektivuntersuchungen. Von J. Hartmann	1. 33. 97
Über eine neue Quecksilberbogenlampe. Von H. Siedentopf	22
Über die Herstellung und den Gebrauch der Pentanthermometer. Von R. Rothe	47
Über die Anwendung des Stereo-Komparators für die Zwecke der topographischen Punktbestimmung. Von C. Pulfrich	58
Über eine optische Methode der Strommessung. Von E. Orlich	65
Über den Einfluß der Beugung auf das Verschwinden der Trennungslinie im Gesichtsfelde photometrischer Vergleichsvorrichtungen. Von E. Brodhun und O. Schönrock	70
Geschwindigkeitsmessungen an Momentenschlüssen. Von H. Lehmann	74
Zur Theorie der zweitheiligen astronomischen Fernrohrobjektive. Von H. Harting	79
Quecksilberluftpumpe mit automatischer Stenerung. Von C. V. Schou und P. Bergsøe	117
Bemerkung zu einem Aufsatz des Hrn. H. Siedentopf: „Über eine neue Quecksilberbogenlampe“. Von E. Gumlich	120
Erwiderung auf vorstehende Bemerkung. Von H. Siedentopf	121
Registrierenrichtung zum Zöllnerschen Photometer. Von H. Clemens	129
Über einen lichtstarken Universal-Spektralapparat. Von H. Lehmann	131
Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1908	133. 167
Über die Nutzbarmachung des Stereo-Komparators für den monokularen Gebrauch und über ein hierfür bestimmtes monokulares Vergleichsmikroskop. Von C. Pulfrich	161
Über Einrichtung und Behandlung der Apparate zur Bestimmung der Radioaktivität von Bodenproben und Quellsedimenten. Von J. Elster und H. Geitel	193
Eine Verbesserung des in dieser Zeitschr. 18, S. 13, 1898 beschriebenen Spektrophotometers mit Lummer-Brodhunschem Prismenpaar. Von H. Krüß	201
Über die Justierung und Benutzung des photogrammetrischen Wolkenautomaten. Von A. Sprung	206
Über einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe. Von C. Pulfrich	225
Großer Quarzspektrograph. Von H. Lehmann	230
Beitrag zur Bestimmung der Lage der sagittalen und meridionalen Bilder. Von A. Kerber	236
Über ein neues Kameraobjektiv für Spektrographen. Von J. Hartmann	257
Über Tiefsee-Umkippthermometer. Von F. Grützmaier	263
Einrichtung zum Schutz und zur schnellen und bequemen Auswechslung von Fäden (Drähten) für Instrumente jeder Art mit Fadenaufhängung. Von O. Toepfer & Sohn	268
Apparat für Ausdehnungsbestimmungen nach der Fizeauschen Methode bei der Temperatur der flüssigen Luft. Von K. Scheel	285
Zur Anwendung des Differentialgalvanometers bei genauen Widerstandsmessungen. Von W. Jaeger	288
Über eine Kadmiummalgamlampe aus Quarz. Von O. Lummer und E. Gebrcke	296
Rotierender Sektor, dessen Winkel während der Rotation verändert und abgelesen werden kann. Von E. Brodhun	313
Der Spektroheliograph des Potsdamer Observatoriums. Von P. Kempf	317
Zonen und Leistung der Refraktoren. Von K. Strehl	322
Eine mikrographische Einrichtung für ultraviolettes Licht. Von A. Köhler und M. von Rohr	341
Über ein registrierendes Pyrometer. Von Siemens & Halske A.-G.	350
Über einen lichtstarken Spektrographen. Von H. Lehmann	358

Referate.

	Seite
Messung von neun Grundlinien entlang dem 98. Meridian	25
Fein-Nivellierinstrumente der Coast and Geodetic Survey	27
Erhöhung der kalorimetrischen Meßgenauigkeit durch Anwendung von Platinthermometern	28
Über eine neue Methode der optischen Dickenmessung	30
Über die Messung von Selbstinduktionskoeffizienten mittels des Telephons	30
Apparat zur Bestimmung der magnetischen Konstanten	31
Der Zyklograph von Ferguson	57
Neues englisches Nivellierinstrument	60
Sauerstoffgewinnung aus flüssiger Luft	61
Über eine neue Kamera zur stereoskopischen Abbildung mikroskopischer und makroskopischer Objekte	61
Kompensator für thermoelektrische Messungen	62
Kurven-Indikator und -Analysator	63
Die Heronischen Vermessungsinstrumente	81
Optische Längenmessung einer Triangulierungsbasis	84
Über Beobachtungen von kurz dauernden Luftdruckschwankungen (Windwogen)	85
Neue Form des Platinthermometers	85
Bestimmung der Schmelzwärme des Eises	86
Über Strahlungsdruck	87
Beziehung zwischen der Dichte und dem Brechungsverhältnis der Luft	88
Über photographische Spektrophotometrie	91
Photometrie von elektrischen Lampen	91
Über Neuerungen an Kompensationsapparaten	93
Über das Auffinden von Umwandlungspunkten mit einem selbstregistrierenden Dilatographen	122
Über die Barometerformel von Laplace	123
Über die elastische Nachwirkung bei Aneroid-Barographen	124
Über die Intensität des Sonnenlichtes	124
Absolute Messung von Wellenlängen im Sonnen- und Eisenspektrum	125
Saitenunterbrecher	126
Über einige Verbesserungen an Schrauben-Mikroskop-Theodoliten	147
Das Hypsometer	149
Neues Modell eines selbstrechnenden Tachymeters	149
Über die Gestalt der Groma der römischen Feldmesser. — Referat über „H. Schöne, Das Visierinstrument der römischen Feldmesser“	150
Über eine Methode zur mechanischen Auswertung der hyperbolisch-trigonometrischen Funktionen	151
Einige Versuche mit der Salvionischen Mikrowage	153
Ferromagnetische Eigenschaften von Legierungen unmagnetischer Metalle	156
Seichesforschungen am Chiemsee	180
Polarisationsapparate und Saccharimeter	181
Bestimmung der optischen Konstanten eines zentrierten sphärischen Systems mit dem Präzisionsfokometer. — Neue Methode zur Bestimmung der Linsenkonstanten	182
Photogrammetrisches Fokometer für die mikroskopische Optik	183
Messung kleiner Widerstände	184
Kompensator für thermoelektrische Messungen	184
Untersuchung der bei der Bestimmung der Gravitationskonstante in Spandau benutzten Materialien	185
Ausdruck für die Horizontalabstand beim Fadendistanzmesser mit geneigter Ziellinie und bei nicht senkrecht stehender Latte	186
Hilfstafel zur Berechnung der Richtungskoeffizienten für Koordinatenausgleichungen	187
Der Integrator Abdank-Abakanowicz	213
Das Kimmprisma	218
Studien und Messung an einem Dreipendelapparate	219
Über Mitwindbestimmung bei Anemometer-Prüfungen	220
Über Methoden zur Prüfung optischer Spiegel während ihrer Herstellung	221
Über eine Methode zur Bestimmung des Koeffizienten der gegenseitigen Induktion	223
Über ein tragbares Torsionsmagnetometer	223
Neues Gestell für Pantographen	244
Vorrichtung zur Ermittlung von Koordinaten	244

Apparat zur Bestimmung des Flächeninhalts, des statischen Moments, Trägheitsmoments und beliebiger anderer Momente krummlinig begrenzter ebener Figuren	245
Über einen Kreisversuch zur Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde	247
Elektrischer Thermostat	249
Das Flimmerphotometer und die Messung verschiedeufarbigen Lichtes. — Das Flimmerphotometer nach Simmance-Abady	250
Über ein Reflexions-Interferenz-Refraktometer	252
Chrouphotographie schneller Vorgänge mittels elektrischer Funken	253
Über Präzisionsnormale der Selbstinduktion	253
Konstruktion eines empfindlichen Galvanometers	254
Die Yerkes-Sternwarte	271
Über die bei Anwendung des Lotstativs und Stahlbandes erzielte Genauigkeit	274
Bemerkungen über die Schwerekorrektion bei den barometrischen Höhenmessungen	275
Ausdehnung des Wassers in Temperaturen zwischen 50° und 100°	276
Über ein neues Spektroskop mit Autokollimation	278
Über eine verbesserte Form des Zinkgelphotometers zur Bestimmung der ultravioletten Sonnenstrahlung	280
Elektrostatistisches Voltmeter mit großem Meßbereich	282
Der Lowell-Spektrograph	298
Zur Methodik der seismometrischen Beobachtungen	300
Ein Quarzfaden-Vertikalintensitäts-Variometer	302
Das Diastoloskop, ein neuer optischer Apparat, mit dem man sehr starke Vergrößerungen erhalten und sehr kleine Verschiebungen leuchtender Objekte messen kann	304
Versuche zur Verbesserung der praktischen elektrischen Einheiten	305
Ein neues Galvanometer	306
Über die Messung kleiner Kapazitäten und Selbstinduktionen	307
Beschreibung eines neuen Tachymeterschiebers	326
Zur Konstantenbestimmung der Fadendistanzmesser	327
Untersuchung eines Lattenreiters	328
Zwei neue Quadrat- und Liniennetzzeichner	328
Universalkartierungsinstrument	329
Genauigkeit der Flächeninhaltsbestimmungen mittels der Hyperbelfaßel	330
Relative Schwermessungen: II. Messungen auf 10 Stationen des Pariser Parallel; III. Messungen auf der Linie Ulm-Freudenstadt	330
Neue Quecksilberluftpumpen	331
Regulier- und Registrier-Thermometer	332
Der photogrammetrische Stereoskopapparat	333
Vorläufige Messung der Wellenlänge der Schumaun-Strahlen	334
Elektrische Kapazitätsmessung mit radioaktiven Substanzen	334
Versuche über Polarisation und Erholung von Kadmium-Elementen	335
Über ein Hitzdrahtthermometer zur Messung sehr schwacher Wechselströme	336
Über die Änderung der magnetischen Permeabilität von Nickel und Eisen mit der Temperatur	336
Längenbestimmung durch Zeitübertragung	359
Über ein neues Instrument zum Zeichnen von Parabeln. — Instrument zum Zeichnen von Kegelschnitten	359
Das Nullpunkts Gelenk	361
Proportionalmaßstäbe zur Konstruktion von Schichtenlinien	362
Zur Untersuchung eines nach Schulze konstruierten Lattenreiters	362
Neue, gegen Unbrauchbarwerden gesicherte Dosenlibelle	362
Eine neue Form der Wage. — Theorie dieser Wage	363
Gaasabsorption durch Holzkohle bei tiefer Temperatur	364
Trennung der flüchtigsten Gase von der Luft ohne Verflüssigung	365
Spektropolariscope mit dreiteiligem Gesichtsfeld	366
Neues Mikroskopmodell und Plauimeter-Okular	367
Über eine Methode zur Messung von Selbstinduktionskoeffizienten	369
Neu erschienene Bücher 32, 64, 95, 127, 158, 188, 224, 254, 282, 309, 337, 369	
Notiz	128, 284

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

Januar 1904.

Erstes Heft.

Objektivuntersuchungen.

Von

J. Hartmann in Potsdam.

1. Über Methoden und Apparate zur Prüfung von Objektiven existiert bereits eine umfangreiche Literatur, aber trotzdem muß man die auffallende Erscheinung wahrnehmen, daß die meisten derartigen Untersuchungen durchaus nicht den strengen Anforderungen der Wissenschaft genügen. Die eine Gruppe von Beobachtern beschränkt sich ausschließlich auf die Ermittlung der „optischen Konstanten“, nämlich der Brennweite und der Lage der Hauptpunkte. Sie behandeln das Linsensystem hierbei völlig als mathematisches Gebilde und nehmen entweder von den jeder Linse anhaftenden Aberrationen überhaupt keine Notiz, oder sie empfinden diese Fehler doch nur als eine unangenehme Störung in der Genauigkeit ihrer Messungen. Ich will auf diese Methoden hier nicht im einzelnen eingehen, sondern nur auf zwei Fehler aufmerksam machen, die sich bei denselben häufig wiederholen, nämlich erstens die Aufsuchung des Bildortes durch Einstellung irgend einer Marke auf das „scharfe“ Bild eines Objektes und zweitens die Benutzung kurzer Kollimatoren zum Ersatz eines unendlich weit entfernten Objektes. Auf die Gefahren des Messens einer Strecke durch scharfe Bildeinstellung ist schon wiederholt von anderer Seite hingewiesen worden, so z. B. in den treffenden Besprechungen, die Hr. Czapski in den früheren Jahrgängen dieser Zeitschrift gebracht hat. Die Fehler, welche durch unrichtige Einstellung der Kollimatoren entstehen können, sind dagegen, wie es scheint, bisher nicht genügend beachtet worden. Verschiedene Beobachter bemerken ausdrücklich, daß zu ihrer optischen Bank ein „kleiner“ Kollimator gehöre. Nimmt man nun an, daß dieser bei 25 cm Länge nur 1 mm falsch eingestellt sei, so wird bei der Fokusbestimmung einer Linse von 50 cm Brennweite schon ein Fehler von 4 mm verursacht.

2. Eine zweite Gruppe von Objektivuntersuchungen prüft direkt die Leistungen des betreffenden Systems in derjenigen Art der Benutzung, für welche dasselbe bestimmt ist. So prüft man die photographischen Objektive durch Probeaufnahmen, Mikroskopsysteme durch passende Probeobjekte und astronomische Fernrohrprojektive durch Beobachtung von Doppelsternen. Zwar wird man diese endgültige Prüfung der gesamten Leistungsfähigkeit des Systems niemals entbehren können, allein da es hierbei in erster Linie auf das Urteil und nicht minder auch auf die Geschicklichkeit des Beobachters ankommt, so ist es erwünscht, neben diese subjektive Begutachtung auch noch eine objektive Untersuchung zu setzen, deren Resultat in einer Reihe von Zahlen oder auch Kurven gegeben wird und eine sichere Vergleichung mit anderen Systemen derselben Gattung ermöglicht. So mag z. B. erwähnt werden,

daß über die Leistungsfähigkeit der großen Refraktoren verschiedener Sternwarten große Unklarheit herrscht, welche durch eine numerische Bestimmung der Eigenschaften der betreffenden Objektive sofort beseitigt werden könnte.

Welchen Nutzen die optische Technik aus der Anwendung exakter Methoden zur Messung der Aberrationsreste von Objektiven ziehen wird, brauche ich hier nicht näher darzulegen, da dies Hr. Dr. Lehmann bereits in mehreren Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift besprochen hat. Doch auch in rein geschäftlicher Hinsicht ist die zahlenmäßige Bestimmung der Eigenschaften eines Objektivs sehr erwünscht, da es bisher nicht möglich war, bei der Bestellung großer Objektive mit dem Verfertiger einfache und klare Bedingungen zu vereinbaren, von deren Erfüllung die Abnahme abhängig zu machen war. So lautete z. B. der betreffende Abschnitt in dem mit Alvan Clark über die Lieferung des 36-zölligen Objektivs für die Lick-Sternwarte abgeschlossenen Verträge:

„Die Definition des Glases soll in jeder Hinsicht nicht geringer sein, als die des Objektivs von 26 Zoll Öffnung, welches von Clark für das *Naval Observatory* in Washington geliefert worden ist, und die Lichtstärke soll unter Berücksichtigung der Absorption im Glase im Verhältnis der größeren Öffnung größer sein.“

Es konnte somit nur eine untere und offenbar zu niedrige Grenze für die Leistungsfähigkeit des bestellten Objektivs festgesetzt werden, und die Abnahme desselben mußte von dem Gutachten einiger Beobachter abhängig gemacht werden. Es leuchtet ein, wie mißlich ein solches Verfahren für beide Teile sein mußte; und doch war es bisher noch das einzig mögliche. Sind dagegen exakte Methoden zur Messung der Aberrationsreste vorhanden, so wird man einfach mit dem Lieferanten des Objektivs einen Grenzwert für die noch zulässigen Fehler vereinbaren, und es kann nach Vollendung des Objektivs mit absoluter Sicherheit ermittelt werden, ob die gestellten Bedingungen erfüllt sind. Dazu kommt noch, daß diese Messung der Fehler direkt in der Werkstatt ausgeführt werden kann, während Clark zur Prüfung des 36-Zöllers am Himmel eine kostspielige Montierung errichten mußte.

3. Den ersten Schritt zur Einführung derartiger scharfer Methoden zur Messung der Objektivfehler tat H. C. Vogel¹⁾ im Jahre 1880 mit der Veröffentlichung seiner Methode zur Bestimmung der chromatischen Aberration mit Hilfe des Okularspektroskops. Seitdem sich das Vogelsche Verfahren allgemein eingebürgert hat, konnte man über die Lage der Farbenkurve eines Objektivs nicht mehr im Zweifel sein, allein über den Betrag des zweiten, bei Fernrohrobjektiven zunächst in Betracht kommenden Fehlers, der sphärischen Aberration bezw. der Zonenfehler, befand man sich völlig im unklaren. Die einzigen Angaben über die Größe der sphärischen Aberration stützten sich auf die theoretische Durchrechnung der Objektive, und man mußte hiernach annehmen, daß dieselbe gegenüber dem Farbenfehler außerordentlich klein sei. So berechnete z. B. Bessel für das Königsberger Heliometerobjektiv²⁾ folgende Differenzen der Schnittweiten:

Einfallshöhe	Sphär. Aberration
0,00	0,000 mm
0,25	— 0,013 „
0,50	— 0,039 „
0,75	— 0,064 „
1,00	— 0,100 „

¹⁾ *Monatsber. d. Berl. Akad.* 1880. S. 433.

²⁾ Bessel, *Astronomische Untersuchungen*. Bd. I. 1841. S. 103.

Wegen des theoretisch gefundenen geringen Betrages dieser Fehler hat man wohl niemals den Versuch gemacht, sie genauer zu messen. Zwar verfügten die Optiker in der Foucaultschen Methode¹⁾ über ein Verfahren, um kleine Differenzen der Schnittweiten noch zu erkennen, allein zu eigentlichen Messungen der Fehler ist dasselbe nie benutzt worden, ebensowenig, wie das von Schroeder²⁾ angegebene Verfahren.

Das einzige der älteren Instrumente, welches zu einer Bestimmung der Zonenfehler von Objektiven wohl geeignet erscheint, ist das Abbesche Fokometer³⁾, welches direkt die Brennweite für einzelne Zonen zu messen erlaubt. Wie aus der zitierten Abhandlung hervorgeht, hat man aber auch dieses Instrument nur zur Ermittlung des „Fundamentalwertes“ der Brennweite (nämlich des für die Mitte des Objektivs gültigen) und nicht zur Untersuchung von Zonenfehlern angewendet. Ich werde weiter unten nochmals auf letztere Anwendung zu sprechen kommen.

Im folgenden will ich nun zunächst eine vollständige Untersuchung eines Fernrohrobjektivs mit Hilfe des von mir im Jahre 1899 ausgearbeiteten Verfahrens der extrafokalen Messungen in den verschiedenen Arten seiner Anwendung geben. Eine erste kurze Mitteilung über dieses Verfahren wurde in *dieser Zeitschr.* **20**, S. 51. 1900 gemacht, und unter Benutzung desselben wurden größere Untersuchungen von Wilsing⁴⁾, Eberhard⁵⁾ und Lehmann⁶⁾ ausgeführt.

I. Prüfung eines Fernrohrobjektivs.

4. Unter der Prüfung eines Fernrohrobjektivs verstehe ich die Ermittlung seiner Brennweite, der chromatischen und sphärischen Aberration bezw. der Zonenfehler und des Astigmatismus auf der Achse. Hierzu würden dann noch hinzu zu fügen sein: Prüfung der außerachsialen Bilder, der Lichtdurchlässigkeit des Glases und Messung der freien Öffnung, sowie eventuell Bemerkungen über die Lage der Reflexbilder, über die Zentrierung und Reinheit der Linsen und ähnliches; auf alle diese äußeren Eigenschaften soll vorläufig nicht eingegangen werden.

Ich werde hier zunächst die Untersuchung eines kleineren Objektivs von 80 mm Öffnung und 1 m Brennweite mit Hilfe von irdischen Lichtquellen beschreiben und stets die geringen Modifikationen des Verfahrens angeben, welche bei der Prüfung astronomischer Objektive mit Hilfe von Sternen nötig sind. Die Prüfung erfolgt in der definitiven Montierung des Objektivs, im vorliegenden Falle einem Messingrohr, an dessen Okularauszug mittels Bajonettverschlusses ein Fadenmikrometer, eine photographische Kammer oder ein kleiner Spaltspektrograph befestigt werden kann. Die Stellung des Auszugs ist mit Nonius auf 0,1 mm abzulesen.

¹⁾ L. Foucault, *Mémoire sur la construction des télescopes en terre argenté*. *Ann. de l'Observatoire de Paris* **5**, S. 197. 1859.

²⁾ H. Schroeder, *Die Elemente der photographischen Optik*. Berlin 1891. S. 171.

³⁾ S. Czapski, *Methode und Apparat zur Bestimmung von Brennweiten nach Abbe*. *Diese Zeitschr.* **12**, S. 185. 1892.

⁴⁾ J. Wilsing, *Über den Einfluß der sphärischen Abweichungen der Wellenfläche auf die Lichtstärke von Fernrohrobjektiven*. *Publ. d. Astrophys. Observ. zu Potsdam* **15**, Nr. 48. 1903.

⁵⁾ G. Eberhard, *Über die Bestimmung der Farbenkurve von Objektiven mittlerer Brennweite*. *Diese Zeitschr.* **23**, S. 82. 1903; *Über den schädlichen Einfluß des Verkittens von Objektiven*. *Diese Zeitschr.* **23**, S. 274. 1903.

⁶⁾ H. Lehmann, *Anwendung der Hartmannschen Methode der Zonenprüfung auf astronomische Objektive*. *Diese Zeitschr.* **22**, S. 103. 1902; **22**, S. 325. 1902; **23**, S. 289. 1903.

Die Aufgabe der Objektivuntersuchung zerfällt nun in zwei ganz verschiedenartige Teile, nämlich 1. die Bestimmung der Lage der Brennpunkte aller Strahlen in Bezug auf die Teilung des Auszuges; dies wird als die Fokussierung bezeichnet; 2. die Messung des Abstandes dieser Teilung entweder von einem festen Punkte der Objektivfassung — dann erhält man die Vereinigungsweiten — oder vom zweiten Hauptpunkte des Objektivs — dann erhält man die Brennweiten.

A. Die Fokussierung durch extrafokale Messungen.

5. Die Gesamtheit aller Strahlen, die in das Objektiv der Achse parallel eintreten, ist dreifach unendlich. Bezeichnet man die Einfallshöhe eines Strahls, also seinen Abstand von der Achse, mit r , den Winkel zwischen dem Radius r und einer beliebig angenommenen Nullrichtung mit φ und die Wellenlänge mit λ , so ist jeder achsenparallele Strahl durch die drei Größen r , φ und λ völlig definiert. Die Aufgabe der Objektivprüfung besteht nun kurz darin, die Abhängigkeit des Strahlenganges von den drei Argumenten r , φ und λ völlig zu bestimmen. Zu diesem Zwecke hat man zunächst aus dem auf das Objektiv fallenden Strahlenbüschel einen solchen Einzelstrahl r , φ , λ zu isolieren und dann dessen Lage im Bildraume festzulegen. Die Isolierung des Strahls findet dadurch statt, daß man vor das Objektiv eine Blende setzt, welche an der Stelle r , φ eine kleine Öffnung hat, und daß man dann monochromatisches Licht von der Wellenlänge λ der Achse parallel durch diese Öffnung eintreten läßt. Um die Lage des gebrochenen Strahls im Bildraum festzulegen, bestimmt man seine Durchschnittpunkte mit zwei beliebigen zur Achse senkrechten Ebenen; dies ist der Kern der Methode der extrafokalen Messungen. Wie man sieht, ist dieses Verfahren nicht nur auf Objektive beschränkt, sondern es läßt sich bei jedem beliebigen optischen Apparate anwenden, nur wird je nach den Umständen die Form der Blende und die Art der Messung in den beiden Durchstoßesebenen verschieden sein. Im allgemeinen wird man außer dem Strahl r , φ auch noch den Zentralstrahl $r = 0$ in das System eintreten lassen und dann in den beiden Ebenen die Koordinaten des Punktes r , φ gegen den Achsenpunkt, entweder in rechtwinkligen oder in Polar-Koordinaten messen. Die Orientierung des Systems ist jedesmal in geeigneter Weise zu bestimmen. So wird man bei einem Spektrographen rechtwinklige Koordinaten parallel dem Hauptschnitt (Richtung des Spektrums) und senkrecht dazu (Richtung der Spektrallinien) messen, bei der Untersuchung der außeraxialen Bilder eines Objektivs rechtwinklige Koordinaten in der meridionalen und sagittalen Richtung.

6. Bei der Prüfung des achsialen Bildes eines zentrierten Systems tritt eine Vereinfachung durch die Messung von Polarkoordinaten ein. Man darf bei einem solchen System annehmen, daß sich zwei symmetrisch zur Achse einfallende Strahlen r , φ und r , $\varphi + 180^\circ$ auf der Achse schneiden, sowie daß sie stets in der durch die Richtung φ definierten Meridianebene bleiben. In diesem Falle braucht also in den beiden Durchstoßesebenen der Positionswinkel φ gar nicht mehr gemessen zu werden und statt den Abstand jedes einzelnen Strahls vom Zentralstrahl zu messen, kann man gleich den Abstand der beiden Strahlen r , φ und r , $\varphi + 180^\circ$ voneinander bestimmen. In diesem einfachsten Falle nimmt die extrafokale Messung daher folgende Form an. Vor das Objektiv setzt man eine Blende, die auf einem Durchmesser zwei Öffnungen symmetrisch zur Mitte des Objektivs hat. Dann bringt man die Meßebene, also entweder die Fadenebene des Mikrometers oder die photographische Platte nacheinander in die beiden Stellungen E_1 und E_2 (Fig. 1) in der Nähe des

Schnittpunktes O der beiden Strahlen und mißt die beiden Abstände e_1 und e_2 der in den Ebenen E_1 und E_2 entstehenden unscharfen Bilder. Sind dann A_1 und A_2 die an der Millimeterteilung des Okularauszugs gemachten, den Lagen E_1 und E_2 entsprechenden Ablesungen, so ergibt sich die dem Fokus O der betreffenden Strahlen entsprechende Ablesung A aus

$$A = A_1 + \frac{e_1}{e_1 + e_2} (A_2 - A_1) \dots \dots \dots 1)$$

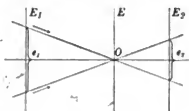


Fig. 1.

Die so gefundenen Werte von A sollen, um ihre Abhängigkeit von den drei Argumenten r , φ und λ auszudrücken, mit ${}_{\varphi}A_1^r$ bezeichnet werden.

7. Es kommt nun darauf an, die scheinbar sehr umfangreiche Arbeit der Bestimmung aller ${}_{\varphi}A_1^r$ auf eine möglichst einfache Form zu bringen. Zeigt bei konstantem r und λ die Größe A eine Abhängigkeit von φ , so besitzt das System einen *Astigmatismus* auf der Achse. Dieser bewirkt bekanntlich, daß in einem bestimmten Meridianschnitt $\varphi = \varphi_0$ die Vereinigungsweite ein Minimum, in dem darauf senkrechten $\varphi = \varphi_0 + 90^\circ$ ein Maximum erreicht. Man kann daher A in der Form darstellen

$${}_{\varphi}A = {}_{\varphi_0}A + a \sin^2(\varphi - \varphi_0) \dots \dots \dots 2)$$

wo a der Betrag des Astigmatismus, der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Werte von A ist. Nun folgt aus 2)

$${}_{\varphi + 90^\circ}A = {}_{\varphi_0}A + a \cos^2(\varphi - \varphi_0)$$

mithin

$$\frac{1}{2} ({}_{\varphi}A + {}_{\varphi + 90^\circ}A) = {}_{\varphi_0}A + \frac{a}{2} \dots \dots \dots 3)$$

Diese Formel zeigt, daß man den vom Einflusse des Astigmatismus freien Mittelwert zwischen dem kleinsten und größten A stets erhält, wenn man das Mittel aus zwei Werten nimmt, deren Positionswinkel φ sich um 90° unterscheidet. Man wird daher, um den für jede Zone des Objektivs gültigen Mittelwert von A zu finden, in der Blende nicht nur, wie im Abschn. 6 angegeben, auf *einem* Durchmesser, sondern stets auf *zwei* zueinander senkrechten Durchmessern die Öffnungen im Abstände r von der Mitte anbringen. Es läßt sich leicht zeigen, daß nicht nur das Mittel aus zwei, sondern auch aus drei oder jeder beliebigen Anzahl von äquidistanten Meridianschnitten stets denselben von Astigmatismus freien Mittelwert liefert, und es ist, um den Verlauf des Astigmatismus selbst deutlich zu erkennen, nützlich, wenigstens für eine Zone des Objektivs in dieser Weise mehr als nur vier Öffnungen anzubringen.

8. Führt man die Untersuchung auf photographischem Wege aus, so wird man, um nicht für jede Zone zwei neue Aufnahmen machen zu müssen, die für sämtliche Zonen des Objektivs nötigen Öffnungen auf einer einzigen Blende zu vereinigen suchen. Bei besseren Objektiven ist dies stets möglich, und nur bei Systemen mit sehr großen Zonenfehlern gehen die Strahlen der verschiedenen Zonen in der Nähe des Brennpunktes so durcheinander, daß man zur Benutzung von zwei getrennten Blenden greifen muß. Mißt man die Strecken e direkt mit dem Fadenmikrometer, so ist es dagegen nicht vorteilhaft, allzuvielen Löcher in einer Blende zu vereinigen. Um nämlich für die Zonen mit kleinem r die Bilder hinreichend voneinander zu trennen, muß der Abstand der Ebenen E vom Brennpunkt etwas groß gewählt werden. Hat man dann auf derselben Blende auch die Löcher für die äußersten Zonen mit angebracht, so muß man mit dem Mikrometer über ziemlich lange Strecken messen,

was sich vermeiden läßt, wenn man für die äußeren Zonen eine besondere Blende anwendet.

Den Durchmesser der Öffnungen wähle man zwischen $\frac{1}{200}$ und $\frac{1}{400}$ der Brennweite des zu untersuchenden Objektivs. Je kleiner die Öffnungen sind, um so größer und verwaschener werden die zu messenden Bildscheibchen, wodurch die scharfe Einstellung erschwert wird; sind die Öffnungen dagegen sehr groß, so kann man das Objektiv nur in wenige verschiedene Zonen teilen und daher den Verlauf des Zonenfehlers nicht genau bestimmen.

Nach dem Gesagten wird die in Fig. 2 in halber Größe abgebildete Blende, mit der ich die photographische Untersuchung des in Rede stehenden Objektivs ausgeführt habe, sofort verständlich sein. Dieselbe wurde aus kräftigem Schreibpapier hergestellt; sie enthält folgende Öffnungen:

auf dem Durchmesser $\varphi = 0^\circ$ und 90°	$r = 10, 18, 26, 38 \text{ mm}$
22,5	= 112,5
45	= 135
67,5	= 157,5
	= 30
	= 6, 14, 22, 34
	= 30.

Mit Zirkel und Lincal wurden zuerst die Mittelpunkte der Öffnungen auf-
gezeichnet, um jeden dieser Punkte wurde dann mit einem Nullzirkel ein Kreis von

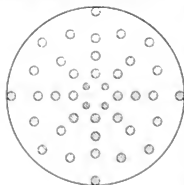


Fig. 2.

3 mm Radius beschrieben, der dann zum Anhalt beim Aufsetzen eines Lochsiegels diente, mit dem die Löcher von 4 mm Durchmesser ausgeschlagen wurden. Nur die vier innersten Löcher, die nachträglich angebracht wurden, haben 3 mm Durchmesser erhalten. Ich bemerke noch, daß es nicht darauf ankommt, den Ort der Löcher mit mathematischer Genauigkeit richtig zu treffen, da ja die Dimensionen der Blende in der Rechnung gar nicht auftreten. Wichtiger ist es, die Öffnungen gut rund und glattrandig herzustellen, da sonst die Bilder unregelmäßig und schwerer zu messen werden.

9. Macht man mit der beschriebenen Blende im monochromatischen Licht von der Wellenlänge λ zwei extrafokale Aufnahmen, so liefert deren Ausmessung die von Astigmatismus freien Werte von A_i für neun Zonen des Objektivs und somit den Verlauf der Zonenfehler; außerdem ergibt die Zone $r = 30 \text{ mm}$, die auf vier Durchmesser gemessen wird, eine genaue Bestimmung des Astigmatismus, dessen Betrag und Lage an den übrigen Werten dann noch kontrolliert werden kann. Für die Wellenlänge λ ist hiermit die Abhängigkeit der Einstellung A von den Argumenten r und φ vollkommen bestimmt. Um auch die Abhängigkeit von λ , also die Farbkurve, zu ermitteln, kann man dieselbe Untersuchung für eine größere Anzahl von verschiedenen Wellenlängen durchführen und erhält dann Kurven oder Tabellen, welche den Betrag von A für beliebige Werte von r , φ und λ auffinden lassen. Um auf diesem Wege die Farbkurve zu ermitteln, benötigt man einer Reihe von monochromatischen Lichtquellen, die ich durch Vorschalten geeigneter Filter vor eine Quecksilber-Bogenlampe hergestellt habe. Die von mir jetzt benutzten Filter¹⁾ haben folgende Zusammensetzung:

¹⁾ J. Hartmann, Eine Reihe von Filtern zur Erzeugung von homogenem Licht. *Zeitschr. f. wissensch. Photogr.* I, S. 259, 1903.

für $\lambda = 365 \mu\mu$	Methylviolett + Nitrosodimethylanilin
405	Methylviolett + Chininsulfat
436	Kobaltglas + Äskulinlösung
492	Guineagrün + Chininsulfat
546	Echtgrün + Chrysoidin
579	Eosin + Chrysoidin.

Diese Filter werden teils als Lösungen in Küvetten benützt, teils habe ich Badeplatten davon hergestellt, die zu je zwei mit der Schicht aufeinander gelegt und durch Verkleben des Randes vereinigt wurden. Das Prinzip bei der Zusammenstellung solcher Filter besteht einfach darin, daß man eine Anzahl Farbstoffe mit möglichst steil abfallenden und kräftigen Absorptionsbändern auswählt und dann diese so kombiniert, daß nur das gewünschte schmale Stück des Spektrums durchgelassen wird. Für noch größere Wellenlängen, als oben angegeben, wird man die Filter nicht benutzen, da man für diesen Teil des Spektrums die Farbenkurve bequemer auf optischem Wege bestimmt, wobei die Filter nicht nötig sind.

Das beschriebene Verfahren, die Farbenkurve durch eine Reihe von Einzelaufnahmen im monochromatischen Lichte abzuleiten, ist jedoch etwas umständlich, und es ist bequemer, zu diesem Zwecke die Beobachtungsmethode in der weiter unten beschriebenen Weise anzuordnen.

10. Läßt man durch die beiden Blendenöffnungen r , φ und r , $\varphi + 180^\circ$ nicht monochromatisches, sondern weißes Licht eintreten, so entstehen in den beiden Ebenen E_1 und E_2 nicht runde Bildpunkte, sondern infolge der chromatischen Aberration des Objektivs kurze Spektra. Wie eine einfache Überlegung zeigt, liegt in der Ebene E_1 , also innerhalb des Fokus, diejenige Farbe nach innen (nach der optischen Achse hin), welche die kürzeste Vereinigungsweite hat; in der Ebene E_2 liegt diese Farbe nach außen. Da nun bei der bisher üblichen Achromatisierung zweifelsiger Objektive diejenige Farbe, für welche eine gute Strahlenvereinigung herbeigeführt ist, stets die kürzeste Vereinigungsweite hat, so werden die kurzen Spektra in der Ebene E_1 nach innen zu besonders lichtstark und scharf begrenzt sein, während sie sich nach außen allmählich verlieren, sodaß eine birnenförmige Figur mit nach außen gerichteter Spitze entsteht; in der Ebene E_2 liegt die Spitze nach innen zu. Die in Fig. 3 reproduzierte Aufnahme zeigt diese Birnenform (innerhalb des Fokus) sehr stark ausgeprägt; man vergleiche damit die schön runden Bilder der in monochromatischem Lichte gemachten Aufnahme Fig. 4.

Benutzt man bei der Prüfung eines astronomischen Objektivs einen Stern als Lichtquelle, so befindet man sich stets in der Lage, weißes Licht anwenden zu müssen. Durch einige Kunstgriffe kann man in diesem Falle jedoch erreichen, daß die Birnenform der Bilder nur sehr wenig hervortritt, sodaß die Aufnahmen gut meßbar werden. Man wählt nämlich die photographische Platte und den Stern so, daß das Maximum der Lichtwirkung nahe auf den Wendepunkt der Farbenkurve des untersuchten Objektivs fällt. Ist letzteres für photographische Zwecke im blauen Teile des Spektrums achromatisiert, so benutzt man eine gewöhnliche Bromsilberplatte und einen Stern mit intensivem blauen Licht (I. Typus), z. B. α Lyrae. Ist es dagegen ein optisches Objektiv, so wählt man einen Stern, der wenig blaues Licht enthält, z. B. α Orionis, und macht die Aufnahmen auf einer hauptsächlich im Gelb empfindlichen Plattensorte, z. B. der Perxanto-Platte von Perutz. Man erhält auf diese Art die Zonenfehler nicht für eine bestimmte Wellenlänge, sondern nur einen Mittelwert für die von dem Objektiv am besten vereinigten Farben.

11. Die bei der Messung der birnenförmigen Bilder entstehende Unsicherheit wird völlig vermieden, wenn man das weiße Licht entweder vor dem Objektiv oder hinter der Meßebeane durch ein Prisma zerlegt. Auf diese Weise erhält man eine genaue Bestimmung der *Farbenkurve*. Die Zerlegung vor dem Objektiv, bei welcher das Prisma in der Art des Objektivprismas benutzt wird, läßt sich im allgemeinen nur bei kleineren Objektiven zur Anwendung bringen, da für ein großes Objektiv ein entsprechendes Objektivprisma in der Regel nicht zur Verfügung stehen wird; ich werde dieses Verfahren daher weiter unten bei der Untersuchung eines kleinen Objektivs besprechen. Die Zerlegung hinter der Meßebeane kann auf zweierlei Art erfolgen, nämlich bei photographischer Messung durch einen Spaltspektrographen und bei optischer Beobachtung durch ein Okularprisma. Beide Methoden haben sich bei vielfacher Anwendung sehr gut bewährt.

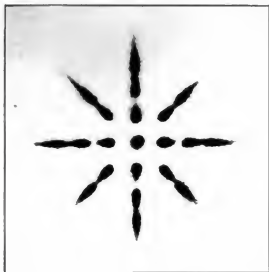


Fig. 3.

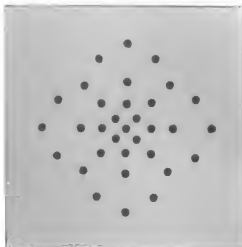


Fig. 4.

Der Spektrograph¹⁾ wird am Okularauszug so befestigt, daß seine Kollimatorachse in die Hauptachse des zu prüfenden Objektivs fällt, und sein Spalt wird der Verbindungslinie zweier Löcher in der Blende parallel gerichtet, sodaß er in der großen Achse der birnförmigen Bilder liegt²⁾. Jedes dieser Bilder wird dann zu einem gekrümmten Spektrum auseinander gezogen, und man kann nun die Abstände ϵ in den einzelnen Spektralfarben genau messen. Es ist darauf zu achten, daß der Spektrograph hinreichend frei von Astigmatismus ist, also senkrecht zum Spalt liegende Kanten, z. B. die Stübchen im Spalt, scharf abbildet; außerdem muß seine Apertur groß genug sein, um die beiden aus den Blendenöffnungen kommenden Büschel völlig aufnehmen zu können. Nicht erforderlich ist dagegen, daß er frei von Verzeichnung ist, also eine bestimmte Strecke des Spaltes in allen Farben in gleicher Größe abbildet.

Dieses Verfahren ist das zuverlässigste bei der Prüfung astronomischer Objektive mit Hilfe von Sternen. Um nicht für jede Zone des Objektivs besondere Aufnahmen ausführen zu müssen, kann man die Öffnungen für zwei Zonen auf jeder Blende

¹⁾ Einen kleinen, sehr leichten Spektrographen für diesen Zweck liefert die Firma O. Toepfer & Sohn in Potsdam.

²⁾ Vgl. den Aufsatz von H. Lehmann, *diese Zeitschr.*, 23, S. 290, 1902.

vereinigen, und man erhält dann bei Benutzung eines Sterns vom ersten Spektraltypus Aufnahmen von der in Fig. 5 und 6 wiedergegebenen Art. Wie man sieht, zeigen diese Aufnahmen die Linien des Spektrums in völliger Schärfe, und man hat nur den Abstand der zwei korrespondierenden Spektra bei jeder dieser Linien zu messen, um eine exakte Bestimmung der Farbenkurve zu erhalten; ja, jedes dieser gekrümmten Spektra ist direkt mit der in passendem Maßstabe gezeichneten Farbenkurve identisch.

Da es zuweilen Schwierigkeiten macht, den Spalt vollkommen genau in die Achse der birnförmigen Bilder zu bringen, so wählt man hierbei vorteilhafter eine

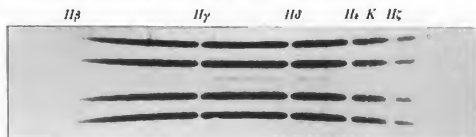


Fig. 5.

andere Form der Blendenöffnungen. Man kann die Blende so konstruieren, daß sie die ganze Zone zwischen den Radien r und $r + \varrho$, wo wieder ϱ etwa $\frac{1}{300}$ der Brennweite ist, offen läßt. Alsdann hat man den Spalt so einzustellen, daß er genau durch den Mittelpunkt des ringförmigen extrafokalen Bildchens geht, was sich leicht ausführen läßt, wenn man die Spaltebene zuvor in den Fokus einstellt und das dort punktförmige Bildchen in den Spalt bringt. Durch Drehen des Spektrographen um die optische Achse kann man dann wieder die Aberration in den verschiedenen Positionswinkeln φ , also den Astigmatismus, untersuchen.

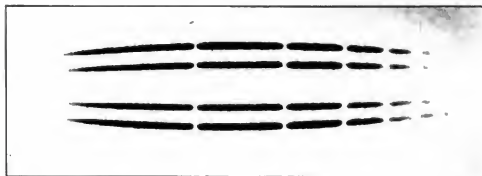


Fig. 6.

Bildet bei dieser Blendenform der Spalt nicht genau einen Durchmesser der Ringe, sondern nur eine Sehne in denselben, so werden die Resultate fehlerhaft. Um diese Gefahr zu vermeiden, ist es besser, Blendenöffnungen in Form von zwei parallelen Schlitzten anzuwenden. Fig. 7 zeigt in natürlicher Größe eine derartige Blende, die für ein Objektiv von 40 mm Öffnung zur gleichzeitigen Bestimmung der Farbenkurven für die beiden Zonen $r = 8,5$ mm und $r = 17,5$ mm dient; der Spalt wird dabei in die Richtung AB gebracht.

12. Die direkte optische Messung der Farbenkurve findet in ganz ähnlicher Weise statt. Man verwendet hierbei wieder Blenden mit kleinen runden Öffnungen

(wie in Fig. 2), jedoch bringt man in jeder Blende nur die zwei korrespondierenden Öffnungen auf einem Durchmesser, höchstens aber die vier Öffnungen zur gleichzeitigen Bestimmung der Farbenkurve zweier Zonen an. Eine größere Anzahl von Öffnungen würde bei der spektralen Zerlegung des Lichtes das Auge verwirren. Vor dem Okular des Mikrometers befestigt man einen kleinen geradsichtigen Prismensatz und dreht ihn so, daß sein Hauptschnitt dem Meßfaden des Mikrometers parallel liegt,

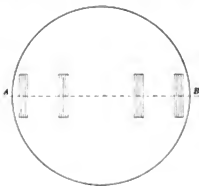


Fig. 7.

der dann auch durch das Prisma gesehen völlig scharf erscheint. Die Blende setzt man so vor das Objektiv, daß der die Öffnungen enthaltende Durchmesser parallel der brechenden Kante des Okularprismas ist. Die extrafokalen Bilder einer entfernten punktförmigen Lichtquelle erscheinen dann im Gesichtsfelde wieder als bogenförmige Spektren, deren Abstände am Orte einzelner Spektrallinien mit dem Mikrometer gemessen werden.

13. Um durch die zuletzt besprochenen Messungen, welche direkt zur Kenntnis der Farbenkurve führen, auch die Zonenfehler und den Astigmatismus zu ermitteln, müßte man die Messungen für alle Zonen des Objektivs und in mindestens zwei Positionswinkeln ausführen, was wieder ziemlich umständlich wäre. Man kombiniert daher besser Messungen der letzteren Art mit der in Abschn. 8 beschriebenen Bestimmung der Zonenfehler in der folgenden Weise.

Will man sich die Annahme erlauben, daß die Farbenkurve für alle Zonen des Objektivs dieselbe Form behält, d. h. daß die sphärische Differenz der chromatischen Aberration Null ist, so genügt es, die Farbenkurve nur für *eine* Zone und Zonenfehler und Astigmatismus nur für *eine* Wellenlänge zu bestimmen. Da jedoch die extrafokalen Messungen die genannte Differenz noch mit Sicherheit zu messen erlauben, so ist es richtiger, wo es auf größere Genauigkeit ankommt, dieselbe auch mit zum Gegenstande der Untersuchung zu machen.

Die nächste Annäherung erreicht man durch die wohl in allen Fällen zulässige Annahme, daß die chromatische Differenz zwischen zwei bestimmten Zonen für alle Farben proportional dem Betrage der chromatischen Abweichung verläuft. Bezeichnet man zwei Wellenlängen, für welche man die Zonenfehler im monochromatischen Lichte direkt nach Abschn. 8 bestimmt, mit λ_1 und λ_2 und eine Zone, für die man die Farbenkurve nach dem Abschn. 11 oder 12 festlegt, mit r_1 , so hat man bei letzterer Annahme allgemein

$$A_{\lambda}^r = A_{\lambda_1}^r + \frac{A_{\lambda_2}^r - A_{\lambda_1}^r}{A_{\lambda_2}^{\sigma_1} - A_{\lambda_1}^{\sigma_1}} (A_{\lambda}^{\sigma_1} - A_{\lambda_1}^{\sigma_1}) \quad \dots \quad 4)$$

Hierin sind alle $A_{\lambda_1}^r$ und $A_{\lambda_2}^r$ aus den beiden Kurven der Zonenfehler und alle $A_{\lambda}^{\sigma_1}$ aus der Farbenkurve direkt zu entnehmen.

Hat man dagegen, wie es bei astronomischen Objektiven in der Regel der Fall sein wird, die Zonenfehler nur für *eine* Farbe λ_1 (vielleicht auch für weißes Licht, vgl. Abschn. 10) und die Farbenkurve für zwei Zonen r_1 und r_2 bestimmt, so kann man von der Annahme ausgehen, daß sich die Form der Farbenkurve mit zunehmendem r gleichförmig ändert; dies führt auf die Formel

$$A_{\lambda}^r = A_{\lambda}^{\sigma_1} + (A_{\lambda_1}^r - A_{\lambda_1}^{\sigma_1}) + \left\{ (A_{\lambda_1}^{\sigma_2} - A_{\lambda_1}^{\sigma_1}) - (A_{\lambda_1}^{\sigma_2} - A_{\lambda_1}^{\sigma_1}) \right\} \frac{r - r_1}{r_2 - r_1} \quad \dots \quad 5)$$

wobei nun alle A_1^r und A_2^r aus den beiden Farbenkurven und die $A_{\lambda_1}^r$ aus der Kurve der Zonenfehler entnommen werden.

Der Arbeitsaufwand ist, ob man nun nach Formel 4) oder nach 5) rechnet, völlig gleich; immer sind drei Reihen extrafokaler Messungen auszuführen, um die durch obige Formeln vermittelte Kenntnis von A für beliebige Werte von r und λ zu erlangen, womit die Aufgabe der Fokussierung vollständig gelöst ist.

Auf den Astigmatismus, also die Abhängigkeit von φ , ist hier vorläufig keine Rücksicht genommen worden. Derselbe hat auf die in den Formeln 4) und 5) rechts auftretenden Differenzen zweier gleichartig bestimmter A keinen Einfluß; letzterer beschränkt sich auf die zuerst stehenden Hauptglieder $A_{\lambda_1}^r$ bzw. $A_{\lambda_2}^r$ der rechten Seiten. Nun sind nach dem in Abschn. 7 Gesagten alle bei der Bestimmung der Zonenfehler erhaltenen A , also auch $A_{\lambda_1}^r$ in Formel 4) völlig frei vom Astigmatismus und diese Formel liefert daher auch einen vom Astigmatismus freien Wert $A_{\lambda_1}^r$. Dagegen sind die bei der Messung der Farbenkurve gefundenen A , falls man die Messung nicht in zwei um 90° verschiedenen Positionswinkeln ausgeführt hat, noch mit dem Astigmatismus behaftet, und der aus Formel 5) gefundene Wert $A_{\lambda_2}^r$ gilt daher direkt für denselben Positionswinkel, in welchem $A_{\lambda_1}^r$ gemessen wurde. Da jedoch der Astigmatismus bekannt ist, so kann man leicht $A_{\lambda_2}^r$ von seinem Einflusse befreien.

Will man sich die oben erwähnte Vernachlässigung der sphärischen Differenz der chromatischen Aberration erlauben, so vereinfacht sich das Verfahren erheblich, da dann eine Messung der Zonenfehler für irgend eine Farbe λ_1 und eine Farbenkurve für eine Zone r_1 genügt. In Formel 4) ist dann

$$A_{\lambda_2}^r - A_{\lambda_1}^r = A_{\lambda_2}^r - A_{\lambda_1}^r,$$

wodurch dieselbe übergeht in

$$A_{\lambda_2}^r = A_{\lambda_1}^r + (A_{\lambda_2}^r - A_{\lambda_1}^r) \dots \dots \dots 6)$$

In Formel 5) hat man dagegen

$$A_{\lambda_2}^r - A_{\lambda_1}^r = A_{\lambda_2}^r - A_{\lambda_1}^r,$$

mithin, genau mit Formel 6) übereinstimmend, wieder

$$A_{\lambda_2}^r = A_{\lambda_1}^r + (A_{\lambda_2}^r - A_{\lambda_1}^r).$$

14. Die Genauigkeit der extrafokalen Brennpunktbestimmungen ergibt sich aus folgenden Betrachtungen. Es sei a der m. F. einer Ablesung am Okularauszug, z der m. F. einer Messung der Strecken e und \mathcal{J} der m. F. des resultierenden Wertes von A ; ferner sei zur Abkürzung

$$w_1 = \frac{e_1}{e_1 + e_2} \quad w_2 = \frac{e_2}{e_1 + e_2}.$$

Aus der Grundformel 1) ergibt sich dann, wenn man beachtet, daß

$$\frac{A_2 - A_1}{e_1 + e_2} = \frac{F}{2r}$$

ist, wo F die Brennweite und r wie bisher den Radius der Zone bedeutet,

$$\begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial A_1} &= w_2 & \frac{\partial A}{\partial A_2} &= w_1 \\ \frac{\partial A}{\partial r_1} &= \frac{F}{2r} w_2 & \frac{\partial A}{\partial r_2} &= -\frac{F}{2r} w_1. \end{aligned}$$

Man erhält daher

$$\mathcal{J} = \sqrt{w_1^2 + w_2^2} \sqrt{a^2 + \frac{F^2}{4r^2} a^2} \dots \dots \dots 7)$$

Wählt man die beiden Meßebenen einigermaßen symmetrisch zum Fokus, so ist $w_1^2 + w_2^2 = 1 - 2 w_1 w_2$ stets sehr nahe gleich $1/2$. Denn man hat beispielsweise

w_1	w_2	$1 - 2 w_1 w_2$	$\sqrt{w_1^2 + w_2^2}$
0,5	0,5	0,50	0,707
0,4	0,6	0,52	0,721
0,3	0,7	0,58	0,761

Man kann also stets mit hinreichender Annäherung annehmen

$$\sqrt{w_1^2 + w_2^2} = 0,75.$$

Da man für A_1 und A_2 stets die Einstellung auf volle Teilstriche der Skale wählen wird, ist etwa anzunehmen

$$\alpha = 0,02 \text{ mm.}$$

Bei mäßig guten Bildern hat man etwa $\varepsilon = 0,008 \text{ mm}$, bei sehr guten vielleicht $\varepsilon = 0,003 \text{ mm}$, während $F/2r$ zwischen 10 und 100 liegt. Wegen dieses großen Faktors ist α^2 gegenüber dem Gliede $(F^2/4r^2)\varepsilon^2$ fast immer zu vernachlässigen, und man erhält dann an Stelle der strengen Fehlergleichung 7) den einfacheren Ausdruck

$$J = 0,37 \frac{F}{r} \varepsilon^3 \quad (8)$$

Nimmt man $\varepsilon = 0,008 \text{ mm}$ an, so ergeben sich die folgenden Werte von J , neben die ich die von Hrn. Dr. Lehmann²⁾ aus seinen Messungen abgeleiteten Zahlen setze.

Tafel I.

$\frac{F}{r}$	J	Lehmann
	<i>mm</i>	<i>mm</i>
23	0,069	0,079
26	0,078	0,074
38	0,114	0,154
56	0,168	0,171
116	0,348	0,376

Wie man sieht, stimmt der Verlauf von Lehmanns Zahlen gut mit der Rechnung überein. Weitere Angaben über die Genauigkeit der Methode werde ich weiter unten aus meinen eigenen Messungen ableiten.

Aus Formel 8) geht hervor, daß die Genauigkeit der Fokusbestimmung durch extrafokale Messungen nicht von der Brennweite des Objektivs, sondern nur vom Öffnungswinkel der betreffenden Zone abhängig ist. Man findet also — unter sonst gleichen Umständen — bei großen, wie bei kleinen Brennweiten den Fokus mit derselben linearen Sicherheit, und daher liefert diese Methode ganz besonders bei großen Objektiven, bei denen auch der lineare Betrag der Aberrationen groß ist, Resultate von höchster Sicherheit. Bei der Untersuchung astronomischer Objektive mit Hilfe

¹⁾ Hr. Prof. Wilsing bittet zu berichtigen, daß es in der *a. a. O. S. 14* von ihm gegebenen Formel

$$r_z = r_m \frac{x}{m} \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$\sqrt{\frac{1}{2}}$ statt $\sqrt{\frac{3}{2}}$ heißen muß; dieselbe ist dann mit obiger Formel 8) identisch.

²⁾ Diese Zeitschr. 22, S. 325. 1902.

von Sternen tritt jedoch, wie ich nicht unerwähnt lassen möchte, infolge der Unruhe der Sternbilder wieder ein kleiner Verlust an Genauigkeit ein.

15. Es ist selbstverständlich, daß die kleinen Blendenöffnungen, zmal wenn man deren sehr viele auf einer Blende vereinigt, in der Nähe des Fokus ein kompliziertes Beugungsbild hervorrufen, dessen mathematische Verfolgung große Schwierigkeiten machen würde. Entfernt man die Meßebene jedoch allmählich vom Fokus, so zerfällt, wie die Erfahrung zeigt, dieses Gesamtbild mehr und mehr in die einzelnen Beugungsbilder der Blendenöffnungen. Bei kreisförmigen Öffnungen wie in Fig. 2 tritt ein System feiner konzentrischer Linien auf, bei spaltförmigen Löchern (wie Fig. 7) ein System von Parallelen zwischen den Hauptbildern der Öffnungen; auch diese Beugungsbilder werden spektroskopisch zerlegt, und in Fig. 5 ist mitten zwischen den vier Spektren ein derartiges Beugungsbild zu erkennen. Die Genauigkeit der Messungen wird durch die Beugungsbilder gar nicht beeinträchtigt, wenn die Meßebenen in genügender Entfernung, einige Zentimeter vom Fokus liegen. Diese Entfernung hat, wie aus Formel 8) hervorgeht, auch keinerlei direkten Einfluß auf die Sicherheit des Resultates; nur wird man, da ja die Helligkeit der Bilder in größerer Entfernung vom Fokus immer geringer wird, dieselbe nicht unnötig groß wählen.

16. Bevor ich nun dazu übergehe, als Beispiel die Untersuchung des oben genannten Objektivs zu besprechen, sollen noch einige Worte über die geeigneten Lichtquellen gesagt werden. Die Benutzung der Quecksilberlampe für die Aufnahmen im monochromatischen Licht ist schon oben erwähnt worden. Auch für die Bestimmung einiger Punkte der Farbenkurve ist dieselbe gut zu gebrauchen. Will man zahlreichere Punkte dieser Kurve haben, so sind die mit Metallsalzen imprägnierten Kohlenstäbe von Siemens oder Bremer sehr zu empfehlen. Nach meiner spektroskopischen Untersuchung enthalten die roten Siemensschen Stifte Strontium, die gelben Kalium und Kalzium, die weißen Baryum; die Bremersehen Stifte gleichen den gelben von Siemens. Für den brechbareren Teil der betreffenden Spektren kann man die Wellenlängen den Tafeln von Kayser und Runge entnehmen; für den optischen Teil mögen folgende genäherte Angaben über das Aussehen dieser Spektren bei schwacher Dispersion zur Orientierung dienen.

Siemenssche Kohle rot (*Sr*): Auf die linienreiche Gruppe $\lambda = 548-554$ im Grün folgt das intensive gelbe Band $\lambda = 578-587$ und nach einem wenig auffallenden Bande im Orange drei kräftige Bänder im Rot, die ihr Maximum bei $\lambda = 647$ haben.

Siemenssche Kohle gelb (*Ca + K*): Intensives grünes Band von $\lambda = 528-540$, Maximum bei $\lambda = 532$; enge Liniengruppe bei $\lambda = 559$, einige Linien im Orange bei $\lambda = 582$, dann ein intensives Band im Orange von $\lambda = 598-606$, Maximum bei $\lambda = 602$; hieran schließt sich eine Gruppe von Linien im Rot, die mit einem schwächeren Bande bei $\lambda = 627$ endigt; drei Linien bei $\lambda = 643-649$ schließen das Spektrum.

Siemenssche Kohle weiß (*Na*): Hinter der hellen Linie $\lambda = 493$ im Blaugrün beginnt ein intensives grünes Band (eigentlich drei Bänder) mit dem Maximum bei $\lambda = 502$; helle Linie im Gelbgrün $\lambda = 542$ und Doppellinie $\lambda = 553$; es folgt im Orange eine Gruppe von etwa 12 Linien von $\lambda = 578$ bis $\lambda = 614$, weiterhin die schwächeren $\lambda = 634$ und 645 und die helle Linie im Rot $\lambda = 648$; matte Linien bei $\lambda = 653, 659, 667$ bilden den Schluß.

Für optische Messungen der Farbenkurve sind auch die Funkenspektren von Metallen, besonders das des Kadmiums, sehr geeignet. Die hellsten Linien des Kadmiumspektrums haben folgende Wellenlängen: $\lambda = 468, 480, 508, 534, 538, 644$.

Auch das Magnesium-Spektrum mit seinen intensiven Linien bei $\lambda = 448, 517$ (*b*-Gruppe) und 656, sowie das Zink-Spektrum mit den Linien $\lambda = 468, 472, 481$, dem Paar $\lambda = 491, 492$ und der kräftigen Linie im Rot $\lambda = 636$ sind gut zu messen. Nach einem Vorschlage von Lehmann gibt man den Elektroden die Gestalt von zwei Schneiden, die der Visierlinie parallel gestellt werden. Nähert man dann die Elektroden auf etwa 1 mm, so kann man den Funken bei 15 m Abstand vom Objektiv direkt als punktförmige Lichtquelle benutzen. Bei kürzerer Entfernung des Funken vom Objektiv, sowie bei der Anwendung der Bogenspektren muß man den scheinbaren Durchmesser der Lichtquelle durch ein Diaphragma begrenzen. Man kann die Öffnung desselben so groß wählen, daß sie vom Objektiv aus unter einem Winkel von etwa 10 bis 20 Bogensekunden erscheint; ihr Durchmesser wird also bei 10 m Distanz 0,5 bis 1 mm, bei 100 m Distanz etwa 7 mm betragen können. Setzt man bei Anwendung des Bogens zwischen diesen und das Diaphragma eine Mattscheibe, so erhält man immer punktförmige Bilder von gleicher Intensität, wie weit auch die Lichtquelle entfernt sein mag. Die Intensität dieser Lichtquellen ist so groß, daß bei den Aufnahmen im monochromatischen Licht unter Benutzung der Filter und ebenso auch bei spektraler Zerlegung mit dem Spaltspektrographen die Belichtungszeit zwischen 0,5 und 10 Minuten liegt.

17. Ich gehe nun zur Untersuchung des erwähnten Objektivs von 1 m Brennweite über; es wurden folgende Beobachtungsreihen ausgeführt:

Reihe I. Zwei extrafokale Aufnahmen mit Blende wie Fig. 2 im monochromatischen Licht $\lambda = 436$; Entfernung der Lichtquelle vom Objektiv $O = 87,49$ m.

Reihe II. Zur Kontrolle Wiederholung derselben Aufnahmen bei $O = 18,869$ m.

Reihe III. Zwei Aufnahmen derselben Blende für $\lambda = 579$ bei $O = 18,869$ m.

Reihe IV. Zwei Aufnahmen der Farbenkurve mit dem Spaltspektrographen für Zone $r = 35,5$ mm bei $O = 18,869$ m.

Reihe V. Eine Anzahl optischer Messungen zur Fortsetzung der Farbenkurve in den optischen Teil des Spektrums.

Zur völligen Untersuchung des Objektivs würden die sechs Aufnahmen II, III und IV genügt haben, deren Herstellung etwa eine Stunde in Anspruch nimmt.

Die mikroskopische Ausmessung der Aufnahmen und die Berechnung nach der Formel 1) liefert direkt die Werte $\varphi A'_i$, die ich für die Reihen I und II in der dritten Spalte der Tafeln II und III zusammenstelle. Die vierte Spalte enthält das nach Abschn. 7 vom Einflusse des Astigmatismus freie Mittel A'_i aus den Werten jeder Zone, und in der fünften Spalte ist unter g die astigmatische Längenaberration des betreffenden Meridianschnittes, also die Größe $\varphi A'_i - A'_i$ gegeben.

Die Größen A'_i und g bilden das unmittelbare Resultat jeder Messungsreihe und entsprechen zunächst der zufällig gewählten Objektdistanz O . Um die astigmatischen Differenzen g und die in den A enthaltenen Zonendifferenzen auf unendliche Objektdistanz zu reduzieren, kann man die von Hrn. Dr. Lehmann¹⁾ gegebenen Differentialformeln anwenden. Man erhält dann nur den Betrag der Aberrationen, was ja in vielen Fällen genügt. Um jedoch gleichzeitig auch die Lage des Fokus in Bezug auf die Skala des Okularauszugs zu erhalten, habe ich einen anderen Weg eingeschlagen. Ist B die Bildweite, also der Abstand des Bildes vom zweiten Hauptpunkt, so hat man streng

$$x = B - F = \frac{H^2}{O \mp B} \dots \dots \dots 9)$$

¹⁾ Vgl. diese Zeitschr. 22, S. 326. 1902.

Tafel II.

Reihe I. Zonenfehler für $\lambda = 436 \mu\mu$, $l = 87,49 \text{ m}$.

r	φ	$\varphi \cdot A'_{436}$	A'_{436}	g	B	x	F^r_{436}
<i>mm</i>		<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
6	45°	176,94		- 0,10			
	135	177,14	177,04	+ 0,10	990,89	11,10	979,79
10	0	176,44		+ 0,13			
	90	176,18	176,31	- 0,13	990,16	11,08	979,08
14	45	175,94		- 0,02			
	135	175,98	175,96	+ 0,02	989,81	11,07	978,74
18	0	175,86		+ 0,06			
	90	175,73	175,80	- 0,07	989,65	11,07	978,58
22	45	175,86		- 0,02			
	135	175,90	175,88	+ 0,02	989,73	11,07	978,66
26	0	176,17		+ 0,09			
	90	175,99	176,08	- 0,09	989,93	11,08	978,85
30	22,5	176,66		+ 0,07			
	67,5	176,41		- 0,08			
	112,5	176,39		- 0,10			
	157,5	176,59	176,49	+ 0,10	990,34	11,08	979,26
34	45	176,71		+ 0,03			
	135	176,65	176,68	- 0,03	990,53	11,09	979,44
38	0	176,58		0,00			
	90	176,57	176,58	- 0,01	990,43	11,09	979,34

Tafel III.

Reihe II. Zonenfehler für $\lambda = 436 \mu\mu$, $O = 18,869 \text{ m}$.

r	φ	$\varphi \cdot A'_{436}$	A'_{436}	g	B	x	F^r_{436}
<i>mm</i>		<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
6	45°	219,82		- 0,38			
	135	219,59	219,20	+ 0,39	1033,05	53,62	979,43
10	0	219,09		+ 0,25			
	90	218,59	218,84	- 0,25	1032,69	53,59	979,10
14	45	218,51		+ 0,03			
	135	218,46	218,48	- 0,02	1032,33	53,55	978,78
18	0	218,33		+ 0,03			
	90	218,28	218,30	- 0,02	1032,15	53,53	978,62
22	45	218,49		+ 0,01			
	135	218,47	218,48	- 0,01	1032,33	53,55	978,78
26	0	218,88		+ 0,19			
	90	218,50	218,69	- 0,19	1032,54	53,57	978,97
30	22,5	219,10		+ 0,10			
	67,5	218,93		- 0,07			
	112,5	219,02		+ 0,02			
	157,5	218,93	219,00	- 0,07	1032,85	53,60	979,25
34	45	219,26		+ 0,04			
	135	219,18	219,22	- 0,04	1033,07	53,63	979,44
38	0	219,21		+ 0,06			
	90	219,09	219,15	- 0,06	1033,00	53,61	979,39

Die Bildweite B unterscheidet sich von der jeweiligen Ablesung A am Okularauszug offenbar nur um eine additive Konstante A_0 , die gleich dem Abstände des zweiten Hauptpunktes des Objektivs von der photographischen Platte ist, wenn der Auszug auf die Ablesung $A = 0$ eingestellt wird. Die Bestimmung dieser Konstanten A_0 ist die Aufgabe der „Brennweitenmessung“, mit der wir uns weiter unten zu beschäftigen haben werden. Hier will ich das Resultat der dort folgenden Untersuchung einstweilen mitteilen; man hat bei dem untersuchten Fernrohr

$$A_0 = 813,85 \text{ mm.}$$

Durch Addition dieser Zahl zu den Tafelwerten A_{436}^r erhält man die B in der sechsten Spalte. Für die Reduktion auf den Fokus x berechnet man nach Formel 9) ein Täfelchen, welches, solange man mit derselben Objektdistanz arbeitet, die Reduktion unmittelbar mit dem Argument B liefert. Die letzte Spalte der Tafeln II und III gibt dann direkt die Brennweite $F = B - x$.

18. Die aus den beiden völlig voneinander unabhängigen Messungsreihen I und II (dieselben lagen ein halbes Jahr auseinander) gefundenen F sollen zunächst zu einer Bestimmung der Beobachtungsgenauigkeit dienen. Ich stelle die Werte nebst der Fehlerberechnung in Tafel IV zusammen.

Tafel IV.

r	Reihe I	Reihe II	$r = \text{II} - \text{I}$	p	p^2	F_{436}^r
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>			<i>mm</i>
6	979,79	979,43	- 0,36	0,36	0,0468	979,61
10	979,08	979,10	+ 0,02	1,00	4	979,09
14	978,74	978,78	+ 0,04	1,96	31	978,76
18	978,58	978,62	+ 0,04	3,24	518	978,60
22	978,66	978,78	+ 0,12	4,84	697	978,72
26	978,85	978,97	+ 0,12	6,76	973	978,91
30	979,26	979,25	- 0,01	9,00	9	979,26
34	979,44	979,41	0,00	11,56	0	979,44
38	979,34	979,39	+ 0,05	14,44	361	979,36

0,3061

Die Gewichte p sind wegen der durch Formel 8) gegebenen Abhängigkeit des Fehlers vom Radius r proportional zu r^2 ; als Einheit habe ich das Gewicht für $r = 10 \text{ mm}$, das ist also sehr nahe $F/100$, angenommen. Aus der Summe $p^2 = 0,3061$ ergibt sich:

$$\text{mittlerer Fehler eines } A \text{ bei } \frac{r}{F} = 100 \quad \pm 0,139 \text{ mm}$$

und allgemein

$$\Delta = \text{m. Fehler eines } A = \pm 0,00139 \frac{F}{r} \text{ mm.}$$

Hiernach beträgt z. B. der m. F. einer Fokusbestimmung für die Randzone $\pm 0,037 \text{ mm}$, das ist $1/27000$ der Brennweite.

Nach Formel 8) ergibt sich aus obigem Werte von Δ der m. F. einer Messung der Strecken s

$$s = \pm 0,0038 \text{ mm,}$$

wodurch die im Abschn. 14 gemachte Angabe bestätigt wird.

19. In der letzten Spalte der Tafel IV sind unter F_{436}^r die Mittelwerte aus beiden Reihen gegeben, die ich der weiteren Rechnung zugrunde lege. Ich möchte hier noch darauf hinweisen, daß die in der angegebenen Art gefundene „Brennweite“

einer Zone der Abstand ihres Brennpunktes von dem zweiten Hauptpunkte der Achsenstrahlen ist und sich somit von der „Vereinigungsweite“, dem Abstände des Brennpunktes vom Scheitel der letzten Fläche, nur um eine Konstante — den Abstand des Scheitels vom Hauptpunkte — unterscheidet. Diese Definition weicht zwar von der in der praktischen Optik üblichen, welche den Abstand des betreffenden Brennpunktes von dem Schnittpunkte mit der Verlängerung des einfallenden Strahls an rechnet, etwas ab, doch dürfte sie der allgemeinen Vorstellung von dem Begriffe der „Brennweite“ am nächsten kommen. Zieht man von den F' die Instrumentalkonstante $A_0 = 813,85 \text{ mm}$ ab, so erhält man direkt die Einstellungen am Auszug. Ferner ergibt sich aus den Werten von F' sofort der Verlauf des Zonenfehlers für $\lambda = 436$; um letzteren deutlich zu zeigen, hat man nur die betreffenden Zahlen in ein rechtwinkliges Netz nach dem Argument r einzutragen, wie dies in der oberen Kurve in Fig. 8 gesehehen ist; diese Kurve ergibt daher gleichzeitig den Verlauf der Zonenfehler, sowie die wahren Brennweiten für Licht von der Wellenlänge $\lambda = 436$.

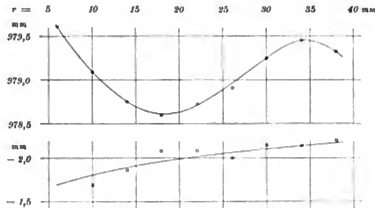


Fig. 8. Obere Kurve: Brennweite und Zonenfehler für $\lambda = 436 \mu\mu$.
Untere Kurve: Chromatische Differenz $F'_{579} - F'_{436}$.

Tafel V.
Reihe III. Zonenfehler für $\lambda = 579 \mu\mu$.

r	q	g	F'_{579}	F'_{436}	h
mm		mm	mm	mm	mm
10	0°	+ 0,05			
	90	- 0,05	977,40	979,09	- 1,69
14	45	+ 0,21			
	135	- 0,21	976,91	978,76	- 1,85
18	0	0			
	90	0	976,53	978,60	- 2,07
22	45	+ 0,01			
	135	- 0,01	976,64	978,72	- 2,08
26	0	+ 0,08			
	90	- 0,09	976,91	978,91	- 2,00
30	22,5	+ 0,11			
	67,5	- 0,08			
	112,5	- 0,09			
	157,5	+ 0,07	977,11	979,26	- 2,15
34	45	+ 0,09			
	135	- 0,09	977,30	979,44	- 2,14
38	0	- 0,10			
	90	+ 0,09	977,12	979,36	- 2,24

20. Die Reduktion der Reihe III für $\lambda = 579 \mu\mu$ erfolgt in genau derselben Weise, und ich gebe daher in Tafel V nur die Resultate: in der dritten Spalte die astigmatischen Differenzen g , in der vierten die Brennweiten F'_{579} . Man könnte letztere

nun in das Netz der Fig. 8 eintragen und erhalte dann eine zweite Kurve der Zonenfehler, die der ersten nahe parallel verläuft. Anschaulicher ist es jedoch, gleich die Differenz $h = F'_{579} - F'_{436}$, die in der sechsten Spalte gebildet ist, graphisch darzustellen. h müßte eine Konstante sein, wenn die chromatische Differenz der sphärischen Aberration Null wäre, und die Abweichung der in Fig. 8 eingetragenen h -Kurve von einer horizontalen Geraden stellt also den Verlauf jener Differenz dar. Wegen der geringen photographischen Wirksamkeit des Lichtes $\lambda = 579$ sind die Aufnahmen der Reihe III etwas matt und die Messungen daher unsicherer; auch konnte die innerste Zone $r = 6$ wegen der kleineren Blendenöffnungen nicht mehr gemessen werden.

Da sich jedes A von dem entsprechenden F nur um eine Konstante unterscheidet, so kann man in den Formeln 4) und 5) für die Differenzen zweier A unmittelbar die Differenzen der entsprechenden F einsetzen. Setzen wir in Formel 4) $\lambda_1 = 436 \mu\mu$, $\lambda_2 = 579 \mu\mu$, so wird mithin $A'_{\lambda_2} - A'_{\lambda_1} = h$.

Tafel VI.
Astigmatismus.

r	r	Reihe I	Reihe II	Reihe III	g
		mm	mm	mm	mm
0°	10	+ 0,13	+ 0,22	+ 0,04	+ 0,13
	18	+ 6	+ 3	0	+ 3
	26	+ 9	+ 17	+ 7	+ 11
	38	0	+ 5	- 9	- 1
22,5	30	+ 7	+ 9	+ 10	+ 9
45	6	- 10	- 34	-	(- 22)
	14	- 2	+ 3	+ 19	+ 7
	22	- 2	+ 1	+ 1	0
	34	+ 3	+ 4	+ 8	+ 5
67,5	30	- 8	- 6	- 7	- 7
90	10	- 13	- 22	- 4	- 13
	18	- 7	- 2	0	- 3
	26	- 9	- 17	- 8	- 11
	38	- 1	- 5	+ 8	+ 1
112,5	30	- 10	+ 2	- 8	- 5
135	6	+ 10	+ 35	-	(+ 22)
	14	+ 2	- 2	- 19	- 6
	22	+ 2	- 1	- 1	0
	34	- 3	- 4	- 8	- 5
157,5	30	+ 10	- 6	+ 6	+ 3

21. Es sollen nun zur Untersuchung des Astigmatismus die Werte von g aus den drei Reihen zusammengestellt werden. Da sich letztere noch auf die endliche Objektdistanz O beziehen, müssen sie zuvor auf unendlich reduziert werden, was bei diesen kleinen Größen nach der einfachen Formel

$$dF = dB - \frac{2B}{O} dB$$

erfolgen kann. Für Reihe I ist $2B/O = 1/44$, also die Reduktion überall verschwindend; für Reihe II und III ist $2B/O = 1/9$. Man erhält so die in Tafel VI nach dem Positionswinkel g geordneten Zahlen. Obwohl dieselben die Messungsunsicherheit nur wenig übersteigen, so zeigt sich doch in allen Reihen dieselbe Abhängigkeit des Vorzeichens vom Positionswinkel. Dies tritt noch deutlicher hervor, wenn man in einen Kreis,

der die Öffnung des Objektivs vorstellt, die Werte g an die durch die Koordinaten r und φ bezeichneten Stellen schreibt. Ich habe dies in Fig. 9 ausgeführt und zur Hervorhebung die positiven Werte mit einem Ringe umgeben; man erkennt auf diese Art den Betrag und die Lage des Astigmatismus auf einen Blick. Ist derselbe beträchtlich, so kann man aus den g die Konstanten a und φ_0 der Formel 2) rechnerisch ableiten. Im vorliegenden Falle erreicht er noch nicht 0,1 mm.

22. Die beiden Aufnahmen mit dem Spektrographen, sowie auch die Messungen mit dem Okularspektroskop zur Fortsetzung der Farbenkurve in das optische Spektrum wurden nur in dem Positionswinkel $\varphi = 90^\circ$ und für die Zone $r = 35,5$ mm ausgeführt. Da jedoch, wie Fig. 9 zeigt, für diese Punkte der Astigmatismus nahe Null ist, so braucht letzterer nicht berücksichtigt zu werden. Die Reduktion der Messungen bietet nichts Neues, und so will ich auch hier gleich die Resultate mitteilen.

Durch den Spektrographen wurden unter Anwendung der Bogenlampe mit gelben Siemenssehen Kohlen als Lichtquelle die vier Werte bestimmt:

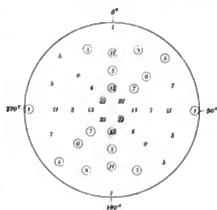


Fig. 9.

Reihe IV.	λ	$F_{\lambda}^{35,5}$
	$\mu\mu$	mm
	393	983,02
	423	980,11
	455	978,48
	488	977,70

Ferner durch optische Messung unter Anwendung des Kadmiumfunken:

Reihe V.	λ	$F_{\lambda}^{35,5}$
	$\mu\mu$	mm
	480	977,84
	508	977,36
	586	977,18
	644	977,43

und unter Benutzung von Natriumlicht:

589 977,22.

Diese neun Beobachtungen dienen zur Konstruktion der in Fig. 10 dargestellten Farbenkurve.

Auch hier bildet wieder die Genauigkeit, mit der sich die einzelnen beobachteten Punkte durch einen Kurvenzug darstellen lassen, einen Beweis für die Zuverlässigkeit der Messungen. Eine weitere Kontrolle ergibt sich aus der Vergleichung mit der Brennweitenkurve in Fig. 8. Liest man in letzterer die Brennweite für $r = 35,5$ ab, so erhält man $F_{436}^{35,5} = 979,43$ mm, während man aus Fig. 10 für $\lambda = 436$ $F_{436}^{35,5} = 979,39$ mm erhält. Bei dem gänzlich verschiedenen Verfahren, durch welches diese beiden Werte gefunden wurden, ist die Übereinstimmung höchst befriedigend.

23. Durch die vier graphischen Darstellungen der Fig. 8, 9 und 10 sind alle Eigenschaften des achsialen Bildes vollständig bestimmt und ich betrachte daher

diese drei Figuren als die einfachste und anschaulichste Form, das Ergebnis einer exakten Objektivuntersuchung zusammenzufassen.

Eine zweite naheliegende Form, die darin besteht, daß man die Werte aus Fig. 8 mit dem Argument r , die aus Fig. 10 mit dem Argument λ tabuliert, will ich nur erwähnen.

Von größerem Interesse war es, auf Grund der in den Fig. 8 und 10 niedergelegten Daten, die Brennweiten für eine größere Anzahl von Zonen und Wellen-

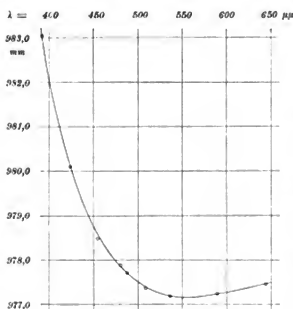


Fig. 10. Farbenkurve.
Brennweiten der Zone $r = 35,5$ mm.

längen nach der Formel 4) zu berechnen, da man hierdurch einen klaren Einblick in die räumliche Anordnung der sämtlichen Brennpunkte gewinnt. Ich habe das Ergebnis dieser Rechnung in Tafel VII zusammengestellt, wobei die erste Ziffer von F überall fortgelassen wurde. Stärkere Trennungslinien wurden an den Stellen, wo F die Werte 977,00 und 978,00 erreicht, gezogen. Man sieht aus dieser Tabelle sofort, daß fast alles optisch in Betracht kommende Licht innerhalb der 1 mm langen Strecke von 976,62 bis 977,6 vereinigt ist. Interessant war es nun, zu ermitteln, auf welchen Punkt dieser Strecke man bei Anwendung von weißem Licht unter Benutzung der vollen Öffnung einstellt. Eine Reihe von Einstellungen auf „scharfes Bild“ ergaben im Mittel $F = 977,2 \pm 0,15$ mm, und diese

Zahl findet in Tafel VII ihre volle Bestätigung, wenn man beachtet, daß der Fokus der äußeren Zonen ausschlaggebend ist. Man erkennt auch leicht, daß bei diesem Objektiv eine Verkleinerung der Zonenfehler nur noch wenig zu einer Verbesserung des Bildes beitragen würde, wenn nicht auch gleichzeitig das sekundäre Spektrum vermindert würde.

Tafel VII.

λ mm	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660
$r = 6$	81,74	80,33	79,46	78,81	78,41	78,11	77,96	77,88	77,88	77,91	77,95	78,00	78,07	78,17
8	81,52	80,07	79,16	78,49	78,08	77,77	77,61	77,53	77,53	77,56	77,60	77,66	77,73	77,83
10	81,36	79,86	78,93	78,24	77,81	77,50	77,33	77,25	77,25	77,28	77,32	77,38	77,45	77,56
12	81,22	79,68	78,74	78,03	77,59	77,27	77,10	77,02	77,02	77,05	77,09	77,15	77,23	77,33
14	81,13	79,56	78,59	77,87	77,43	77,10	76,93	76,84	76,84	76,87	76,91	76,98	77,06	77,17
16	81,05	79,46	78,48	77,75	77,29	76,96	76,79	76,70	76,70	76,73	76,77	76,84	76,92	77,03
18	81,04	79,43	78,43	77,68	77,22	76,89	76,71	76,62	76,62	76,65	76,70	76,76	76,84	76,95
20	81,13	79,49	78,48	77,72	77,25	76,91	76,73	76,64	76,64	76,67	76,72	76,78	76,86	76,97
22	81,24	79,57	78,54	77,78	77,30	76,96	76,78	76,69	76,69	76,72	76,77	76,82	76,90	77,01
24	81,35	79,67	78,63	77,86	77,36	77,02	76,84	76,76	76,76	76,79	76,84	76,89	76,97	77,08
26	81,52	79,81	78,76	77,97	77,48	77,13	76,94	76,85	76,85	76,88	76,93	77,00	77,08	77,20
28	81,71	79,99	78,93	78,13	77,64	77,29	77,10	77,00	77,00	77,03	77,07	77,14	77,22	77,34
30	81,89	80,15	79,07	78,27	77,77	77,43	77,24	77,14	77,14	77,17	77,21	77,28	77,36	77,48
32	82,02	80,27	79,18	78,37	77,87	77,51	77,31	77,22	77,22	77,25	77,30	77,37	77,46	77,58
34	82,12	80,35	79,25	78,43	77,93	77,57	77,37	77,28	77,28	77,30	77,35	77,42	77,51	77,62
36	82,11	80,33	79,23	78,41	77,90	77,53	77,33	77,24	77,24	77,27	77,32	77,39	77,48	77,60
38	82,04	80,24	79,13	78,30	77,78	77,41	77,21	77,12	77,12	77,15	77,20	77,27	77,36	77,48
40	81,92	80,11	79,00	78,16	77,65	77,27	77,07	76,98	76,98	77,01	77,06	77,13	77,22	77,34

24. Wie ich schon oben erwähnte, kann man in vielen Fällen, namentlich bei Fernrohrobjektiven die Untersuchung dadurch vereinfachen, daß man die sphärische Differenz der chromatischen Aberration vernachlässigt. Man bestimmt dann am besten die Zonenfehler für den Wendepunkt der Farbenkurve, im vorliegenden Falle also $\lambda = 550$, und die Farbenkurve für eine Zone in der Nähe des Objektivrandes, am besten ebenfalls für einen Wendepunkt der Kurve der Zonenfehler, also hier etwa für $r = 34$ mm.

Will man nicht definitive Zahlenwerte ableiten, sondern nur schnell ein Urteil über den Verlauf der Zonenfehler gewinnen, so kann man das Verfahren noch in anderer Form anwenden. Verlängert man in der Blende Fig. 7 die beiden inneren Schlitze bis zum Rande des Objektivs (die beiden äußeren können fortfallen), so wird man bei extrafokaler Stellung der Meßebene diese beiden Schlitze nur dann als gerade Linien sehen, wenn die Zonenfehler Null sind; aus der Krümmung der Linien kann man so durch einen Blick in das Okular auch ohne Messung einen Schluß auf die Art des Zonenfehlers ziehen. Dieses Verfahren ist jedoch nur bei größeren Brennweiten anwendbar, bei denen die Aberrationen linear hinreichend groß sind. Eine derartige Abkürzung des Verfahrens dürfte namentlich für den Optiker zur fortwährenden Kontrolle seiner Arbeit nützlich sein.

Ein anderes, von Hrn. Dr. Lehmann zu diesem Zwecke vorgeschlagenes Verfahren besteht darin, die vor und hinter dem Fokus aufgenommenen Bilder stereoskopisch zu vergleichen. Die Bilder müssen hierbei gleich groß sein und brauchen nur auf einem Durchmesser eine größere Anzahl von Blendenöffnungen zu enthalten.

Umgekehrt wird man in besonderen Fällen aber auch die Untersuchung noch eingehender gestalten müssen. Zeigen einige Werte der oben mit g bezeichneten astigmatischen Differenzen große Abweichungen, so darf man schließen, daß das Objektiv gerade hinter den betreffenden Blendenöffnungen lokale Ungleichförmigkeiten besitzt, und man hat dann die Messung noch auf andere Punkte der Zone auszudehnen. Am besten erkennt man derartige lokale Fehler, wenn man mit der in Abschn. 11 erwähnten Kreisblende, welche die ganze Zone zwischen dem Radius r und $r + \rho$ offen läßt, eine extrafokale Aufnahme macht. Ist Astigmatismus vorhanden, so bildet sich dieser Blendenring als Ellipse ab; ein Bild dieser Ellipse kann dann an Stelle des Diagramms Fig. 9 treten.

Untersucht man, wie es hier geschehen ist, das Objektiv im Laboratorium, so kann man die Temperatur innerhalb enger Grenzen konstant halten. Der Astronom, der sein Objektiv bei der Untersuchung sehr wechselnden Temperaturen aussetzen muß, hat jedoch zu beachten, daß sowohl die Form der Aberrationskurven, als ganz besonders die Brennweite selbst von der Temperatur abhängig sein werden; durch die extrafokalen Messungen kann er die Temperaturkoeffizienten von A und F sehr scharf bestimmen. Dagegen sind zur Messung der Zonenfehler Tage auszuwählen, an denen das Objektiv keinen starken Temperaturschwankungen ausgesetzt war, da bei ungleicher Erwärmung einzelner Teile des Objektivs der Verlauf des Zonenfehlers merklich geändert wird.

(Fortsetzung folgt.)

Über eine neue Quecksilberbogenlampe.

Von

H. Siedentopf in Jena,

Wissensch. Mitarbeiter der optischen Werkstätte von C. Zeiss.

Die erweiterte Anwendung monochromatischen Lichtes für manche Zwecke der optischen Technik regte mich vor einiger Zeit an, mich mit der zweckmäßigen Konstruktion einer brauchbaren und möglichst dauerhaften Aronsschen Quecksilberbogenlampe zu befassen. Die hierzu angestellten Versuche haben mich zu einem Lampentypus geführt, der sich auch für wissenschaftliche Zwecke eignen dürfte; es kommen hier besonders diejenigen Fälle in Betracht, in denen man bei der Verwendung monochromatischen Lichtes auf einen sorgfältig geregelten Strahlengang unter Erzielung eines möglichst hellen, gleichförmig erleuchteten Gesichtsfeldes Wert legt. Da in einem solchen Falle in der Regel die primär strahlende Fläche in der Augenpille des Beobachters oder in der Blendenöffnung eines abbildenden Objektivs abgebildet werden muß, so eignet sich z. B. die offene Na-Flamme hierzu wenig, da eine solche bei relativ geringer spezifischer Intensität im allgemeinen eine zu große Flächenausdehnung besitzt; wohl aber erweist sich bei zweckmäßiger Konstruktion eine relativ kleine, kreisrund begrenzte Leuchtfläche einer Hg-Lampe als vorteilhaft (vgl. Fig. 2).

Die bekannteren Konstruktionen von Hg-Lampen nach Gumlich, Lummer, Paschen, Straubel u. A. für wissenschaftliche Zwecke verwerten in der Regel das vom Hg-Flammenbogen ausgestrahlte Licht. Dieser Dampf besitzt aber geringere spezifische Intensität, als das von einer Hg-Kraterfläche ausgestrahlte Licht. Wenn auch der Unterschied zwischen der Lichtemission von Bogen und Krater nicht in dem Verhältnis von etwa 1:20 wie bei gewöhnlichen Kohlenbogenlampen steht, so ist doch der Unterschied in der spezifischen Intensität erheblich genug, um eine neue, auf die Lichtemission eines Hg-Kraters gegründete Lampenkonstruktion, wie die im folgenden näher beschriebene, vorteilhaft zu gestalten.

Lampe. Da die Hg-Krater-Strahlung von einer Flüssigkeitsfläche ausgeht, ist man von vornherein auf eine vertikal nach oben gerichtete Strahlung angewiesen. Die kleine Unbequemlichkeit, diese Richtung nachträglich durch Spiegel oder Prismen in eine andere, zumeist horizontale Richtung ablenken zu müssen, wird durch zwei Vorteile reichlich aufgewogen. Einmal addiert sich in diesem Falle ein Teil der Hg-Bogenstrahlung zu der Hg-Kraterstrahlung, vor allem aber vermindert die in der Hauptsache ebenfalls vertikal nach oben gerichtete Wärmestrahlung des Hg-Bogens die Bildung von kondensierten Hg-Tröpfchen an der oberen Glaswand der Lampe. Um jedoch in der Richtung der nutzbar gemachten Strahlung die störende Bildung von kondensierten Hg-Tropfen vollkommen auszuschalten, ist in der hierneben in Fig. 1 in $\frac{1}{3}$ nat. Größe abgebildeten Hg-Lampe die obere Glasdecke durch eine evakuierte, vollkommen geschlossene, aufgeschmolzene Glaskugel k gebildet. Diese Anordnung einer doppelten Decke bietet einen Schutz gegen die Abkühlung der inneren Lampendecke durch das Außenmedium (Luft oder besser Wasser) und verhindert infolgedessen vollkommen die Bildung von kondensierten Hg-Tropfen an dieser Stelle.

Für die Anordnung der positiven und negativen Quecksilbermassen empfiehlt sich die von Fabry und Perot angegebene koaxial-zylindrische Form. Der innere positive Zylinder c , von dessen oberer Fläche die Strahlung des + Hg-Kraters vertikal nach oben geht, wird umschlossen von dem pfeifenkopfförmigen Behälter b ,

welcher das mit dem — Pol in Verbindung stehende Quecksilber enthält. Da jedoch die Lebensdauer der Fabry-Perotschen Lampen durch ein Leerdestillieren des inneren positiven Zylinders bei längerem Gebrauch und darauf folgendes Springen dieses Teiles oft verkürzt wird, ist in der in Fig. 1 dargestellten Lampe ein äußerer Zylinder *a* angebracht, dessen relativ große Quecksilbermenge durch den Boden des peifenkopfförmigen Gefäßes *b* mit der im inneren Zylinder *c* enthaltenen kommuniziert, und der bei zweckmäßiger Dimensionierung das Leerdestillieren des inneren Zylinders *c* verhindert.

Gehäuse. Das zur Aufnahme dieser Lampe bestimmte Gehäuse weist einige Ähnlichkeiten auf mit der Montierung der Hg-Bogenlampe nach Fabry und Perot, wie sie von Brodhun und Schönrock in dieser Zeitschr. 22. S. 360. 1902 beschrieben worden ist.

Das Gehäuse besteht aus einem zylindrischen Messinggefäß und einem Deckel, der mit drei leicht lösbaren Kordelschrauben *B* auf dem am oberen Rand des Gefäßes befindlichen Flansch befestigt ist. Gefäß und Deckel sind zum Schutz gegen chemische Angriffe durch das Kühlwasser u. s. w. innen und außen kräftig vernickelt.

Am Boden des Gefäßes sind sechs im Kreis gestellte und vertikal gerichtete, etwa 3 cm lange Federn *J* angeordnet, in welche sich die Quecksilberlampe ähnlich wie gewöhnliche Lampenzylinder in einen sog. Lampenkranz leicht einschieben läßt. Damit keine direkte Berührung von Metall und Glas eintritt, sind die Federn am oberen Ende mit Gummi überzogen und ist am Boden des Gefäßes eine Gummipatte *L* vorgesehen. Um die Zirkulation fließenden Wassers während des Brennens der Lampe zu ermöglichen, befindet sich unten bei *E* ein Einflußhahn und oben am Gefäß bei *A* ein mit etwas weiterer Öffnung versehener Abflußhahn.

Für die Stromzuführung sind bei *P+* und bei *P-* zwei isolierte durchgeführte Polklemmen angebracht. Die Verbindung der äußeren Schenkel *F'* der Glaslampe mit den inneren Enden dieser Polklemmen geschieht mit Hilfe je eines Verbindungsstückes. Es besteht aus biegsamem, sog. Lamettendraht, an dessen einem in die äußere Quecksilberfüllung der Schenkel tauchenden Ende ein kurzes Stück Stahldraht und an dessen anderem, von innen in die Polklemme *P* zu steckenden Ende ein Stück Messingdraht *m* angelötet ist. Um die Stromleitung gegen Wasser zu isolieren, ist das Verbindungsstück mit einem Gummischlauch *D* umgeben. Das Ende *m* läßt sich in eine federnde Hülse der inneren Polklemme einschieben.

Um die Lampe aus dem Gehäuse herauszunehmen, sind einfach nach Abheben des Deckels die Enden *m* der beiden Verbindungsstücke aus den federnden Hülsen an der inneren Seite der Polklemmen in horizontaler Richtung herauszuziehen, und hierauf ist die ganze Glaslampe mit den beiden Verbindungsstücken in vertikaler Richtung aus den sechs Federn *J* des Lampenkranzes herauszuheben.

Der Deckel des Gehäuses trägt eine zentrale Durchbohrung von etwa 50 mm Durchmesser, in welche zum Abschluß nach außen eine bikonvexe Sammellinse *H*

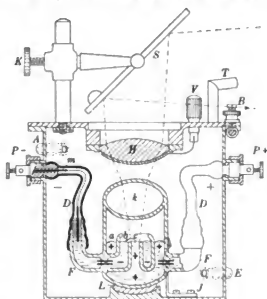


Fig. 1.

eingesetzt ist. An einem Arm des Deckels befindet sich ein nach Lösen der Schraube *K* hochstellbarer, allseitig neigbarer und festkleimbarer rechteckiger Spiegel *S* von etwa 70×120 mm Größe. Der Schornstein *T* dient als Ventil und zum Entweichen des Wasserdampfes. Durch Drehen des Vulkanfibernopfes *V* lassen sich von außen etwa an der unteren Linsenfläche sich ansetzende Luftblasen leicht entfernen.

Gebrauch der Lampe. Die im vorstehenden beschriebene Quecksilberbogenlampe ist nur im Gleichstromnetze verwendbar. Sie braucht 18 Volt und brennt vorteilhaft bei 8 Amp. Die Verwendung höherer Stromstärken bis zu 20 Amp. auf kürzere Zeit ist zulässig, doch verkürzt sich dadurch die Lebensdauer der Lampen erheblich und hat bei längerer Beanspruchung ein unruhiges Brennen im Gefolge. Die Schaltung ist so zu machen, daß das kelchförmige Gefäß *b* mit dem negativen Pol in Verbindung steht und der äußere und innere Zylinder *a* bzw. *c* mit dem positiven Pol. An der



Fig. 2. Richtige Schaltung.

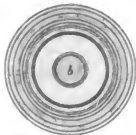


Fig. 3. Falsche Schaltung.

Außenwand der Gehäuse ist bei den Polklemmen die entsprechende Bezeichnung + und - angebracht. Um die Lampe nach dem Einschalten zum Brennen zu bringen, muß man das Gefäß um 20° bis 40° neigen und mit einem kurzen, kräftigen Ruck schütteln. Man erkennt beim Brennen die richtige Schaltung daran, daß die ganze Fläche des inneren Zylinders gleichmäßig hellleucht (Fig. 2), während in

dem mittleren kelchförmigen Behälter die Ansatzstelle *b* des Lichtbogens unregelmäßig hin und her springt. Bei falscher Schaltung (Fig. 3) leuchtet dagegen der mittlere kelchförmige Behälter gleichmäßig hell, während die Ansatzstelle *b* des Lichtbogens auf der Oberfläche des inneren Zylinders tanzt.

Ogleich die Lampe in dem Gehäuse auch ganz gut bei nicht zu langer Beanspruchung (etwa $\frac{1}{4}$ Stunde) ohne jede Wasserkühlung brennt, empfiehlt sich doch im Interesse einer längeren Lebensdauer der Lampe die Anwendung der Wasserkühlung. Um das Gehäuse und die Außenwand der Glaslampe rein zu erhalten und ferner die Bildung von Luftbläschen zu vermeiden, ist es vorteilhaft, die Füllung mit destilliertem, luftfreiem Wasser vorzunehmen. Das Gehäuse ist dann immer bis an den Deckel mit Wasser gefüllt zu erhalten. Würde man nämlich das Wasser soweit verdunsten lassen, daß der Glaskörper der Quecksilberbogenlampe aus dem Wasser herausragt, so wäre beim Brennen der Lampe ein alsbaldiges Zerspringen unvermeidlich. Man erkennt die ausreichende Füllung von außen daran, daß die Unterseite der Linse *H* im Deckel mit dem Wasser noch in Berührung steht.

Will man die Lampe länger als etwa eine volle Stunde ohne Unterbrechung brennend benutzen, so ist Kühlung mit fließendem Wasser erforderlich. Man kann sie dann aber mehrere Stunden ohne Unterbrechung brennen lassen.

Die Lebensdauer wird bei allen Quecksilberbogenlampen in letzter Instanz begrenzt durch die allmähliche Aufnahme von Alkali aus dem Glas durch das Quecksilber. Die Aufnahme scheint hauptsächlich an der Glaswand des inneren Zylinders einzusetzen. Sie zeigt sich im Laufe der Zeit oder bei Überbeanspruchung als eine Art von Schlackenbildung auf dem Krater. Es ändert sich dann der innere Widerstand der Lampe, die Spannung sinkt von 18 Volt auf 10 bis 15 Volt und wird sehr unregelmäßig; der Bogen zeigt Neigung, nach dem äußeren positiven Behälter *a* (Fig. 1)

überzuspringen. Bei richtiger Montierung und Benutzung zeigt sich diese Alterserscheinung erst nach mehreren hundert Brennstunden.

Eine Anzahl dieser Lampen sind in der optischen Werkstätte von C. Zeiss in Jena, welche übrigens Herstellung und Vertrieb dieser Lampen übernommen hat, seit mehr als zwei Jahren unbeschädigt in regelmäßigem Gebrauch.

Zum Schluß mag hervorgehoben werden, daß die Helligkeit der Lampe infolge der Benutzung der Hg-Kraterstrahlung, der völlig klaren Durchsicht und der günstigen Zusammenfassung der Strahlung durch das Gehäuse zu Projektionen im monochromatischen Licht ausreicht.

Jena, 1. Dezember 1903.

Referate.

Messung von neun Grundlinien entlang dem 98. Meridian.

Von A. L. Baldwin. *Report of the U. S. Coast and Geodetic Survey for 1900/01, Appendix Nr. 3. Washington 1902. S. 229.*

In dem vom Inspektor der geodätischen Arbeiten, J. F. Hayford, herrührenden Vorwort wird mitgeteilt, nach welchen Grundsätzen die Basismessung für die große Triangulierung längs dem Meridian 98° w. von Greenwich, durch das ganze Gebiet der Union, angeordnet wurde. Schon 1899 wurde von dem damaligen Superintendenten der *Survey* als Leitsatz aufgestellt, es sei besser, viele Grundlinien entlang der Dreieckskette in verhältnismäßig kleinen Abständen voneinander mit mäßiger Genauigkeit zu messen, statt einiger weniger in großen Abständen und mit Aufbietung der äußersten Genauigkeit. Ferner konnten wohl die Kosten beträchtlich eingeschränkt werden, wenn eine einzige Basismessungs-Abteilung möglichst viele Grundlinien in einer Kampagne, der Triangulierung voraussend, maß, statt daß wie seither die Grundlinien in großen Zeitabständen nacheinander, dem Fortschritt der Triangulation folgend, gemessen wurden. Endlich sollten die Kosten dieser Messung überhaupt möglichst vermindert werden.

Es wurde denn auch eine Genauigkeit von $\frac{1}{500,000}$ der gemessenen Länge für ausreichend erklärt. Dabei sollte der bisherige Gebrauch aufgegeben werden, jede Grundlinie nur mit *einem* Basismessapparat zu messen und dabei noch die Etalonierung des Apparats unter Bedingungen vorzunehmen, die den im Feld gegebenen nicht entsprechen. Überall, wo bis jetzt Grundlinien oder Stücke von Grundlinien mit zwei Basismessapparaten von verschiedenem Typus gemessen worden sind, sagt Hayford ferner, „haben sich Differenzen zwischen den Messungen gezeigt, die viel größer waren, als durch die Messungsfehler erklärt werden konnte, und größer, als mit dem durch die Apparate erreichbaren Genauigkeitsgrad vereinbar war. Jeder Typus eines Basismessapparats, vielleicht sogar jeder einzelne Apparat derselben Art, hat wohl einen ihm eigentümlichen Fehler“. Bei den Grundlinienmessungen von 1900 sollte jede Strecke mit zwei verschiedenen Apparaten mehrmals gemessen werden. Mit Ausnahme des Woodward'schen „*iced bar*“-Apparats, haben alle bisher im Gebrauch der *Survey* befindlichen Apparate unzweideutig einen Zusammenhang gezeigt zwischen den systematischen Fehlern und den Umständen, unter denen der Apparat etaloniert wurde; die Unrichtigkeit der Temperaturangaben für die einzelnen Lagen der Metallstange oder des Metallbands des Apparats scheint die Hauptrolle zu spielen, selbst bei dem Einbeck'schen „*Duplex*“-Apparat. Wichtig ist vor allem, daß die Etalonierung des Meßwerkzeugs *im Feld* unter Bedingungen vorgenommen wird, die den bei der Basismessung gegebenen möglichst genau entsprechen.

In der Instruktion für die Ausführung der Messung ist auf folgende vier Punkte Wert gelegt: Zeit und Kosten der Etalonierung und Messung sind so zu beschränken, wie es die Erreichung eines wahrscheinlichen unregelmäßigen Fehlers von $\frac{1}{500,000}$ der Länge vorschreibt;

jede Grundlinie ist mehrfach mit zwei Apparaten von verschiedenem Typus zu messen; zu Beginn und am Ende der Messung sind die Werkzeuge zu etalonieren, sowie auch während der Messung jeder Grundlinie an dem sogen. Probekilometer unter sich zu vergleichen; die Etalonierung im Feld ist unter äußern Umständen auszuführen, die möglichst nahe mit den bei der Basismessung selbst vorhandenen übereinstimmen.

Am Schluß seines Vorworts schreibt Hayford noch kurz den neuen Band-Basismessapparat des *Massachusetts Institute of Technology*, der in den letzten Jahren, hauptsächlich nach den Angaben von Prof. Burton, entstanden ist. Es ist ein 100 m Bandapparat, an dem besonders die Art der Temperaturmessung, mit Hilfe eines „Thermophons“ (Patent Warren und Whipple, ausgeführt von Ritchie) bemerkenswert ist. Hayford glaubt, daß mit diesem Apparat selbst bei Tag und bei rasch wechselnden Temperaturen dieselbe Genauigkeit erreichbar ist, wie bei Anwendung von Bändern mit Quecksilberthermometern bei Nacht, und daß die Raschheit der Messung viel größer sein kann, als bei allen Stabapparaten und wahrscheinlich auch allen bisherigen Bandapparaten.

Der von Baldwin herrührende, reich illustrierte Bericht über die in sechs Monaten durchgeführte Messung der 9 Grundlinien selbst (die südlichste liegt in etwa $27\frac{1}{2}^{\circ}$, die nördlichste in etwa $42\frac{1}{2}^{\circ}$ n. Breite) teilt die von Pritchett aufgestellte Instruktion mit und beschreibt und diskutiert ausführlich die einzelnen benutzten Basismessapparate (iced bar-Apparat, Duplex-Apparat, vier Stahlband-Apparate) und besonders ihre Etalonierung und Anwendung. Das Probekilometer auf jeder der 9 Grundlinien ist einmal mit dem Duplex-Stabapparat und einmal mit jedem der vier Bandapparate gemessen worden. Bei der Messung des Probekilometers mit dem Duplex-Apparat gehen dabei die Abweichungen zwischen der „Duplex-Messung und der Angabe des Stahlmaßes allein bis auf etwas über 3 mm (Mittel 1,6 mm), zwischen den Angaben der zwei Stäbe aus den verschiedenen Metallen bis auf 2 mm (Mittel 1 mm). Die verwendeten Bänder sind zwei 100 m-Stahlbänder (Querschnitt $6\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ mm) und zwei 50 m-Bänder (mit demselben Querschnitt); bei den Messungen ist eine Spannung von 15 kg angewandt worden, die Thermometer waren mit ihren metallischen Rückseiten auf den Bändern befestigt.

Die Längen der einzelnen Grundlinien (geordnet nach der Zeit der Messung, die nördlichste ist die Page-Basis, die südlichste die Alice-Grundlinie, im übrigen stimmt die Anordnung der folgenden chronologischen Liste mit der Folge der Grundlinien von Nord nach Süd), reduziert auf das Meeresniveau, und der mittlere wahrscheinliche Gesamtfehler jeder von ihnen sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Shelton-Grundlinie	7884,722 m \pm 9,0 mm	($\frac{1}{1,676,000}$)
Page- „	8250,988 „ \pm 5,6 „	($\frac{1}{1,473,000}$)
Anthony- „	6034,705 „ \pm 4,8 „	($\frac{1}{1,257,000}$)
El Reno- „	12886,684 „ \pm 9,7 „	($\frac{1}{1,299,000}$)
Bowie- „	8196,042 „ \pm 5,0 „	($\frac{1}{1,639,000}$)
Stephenville- „	6255,075 „ \pm 6,0 „	($\frac{1}{1,043,000}$)
Lampasas „	5961,135 „ \pm 4,1 „	($\frac{1}{1,434,000}$)
Alice- „	6971,688 „ \pm 10,1 „	($\frac{1}{690,000}$)
Seguin- „	6794,611 „ \pm 5,1 „	($\frac{1}{1,323,000}$)

Zusammen sind also die Grundlinien 69,2 km lang, eine ist durchschnittlich 7,7 km lang, und der Durchschnitt des relativen wahrscheinlichen Gesamtfehlers beträgt $\frac{1}{1,300,000}$, bleibt somit weit unterhalb der verlangten Grenze von $\frac{1}{500,000}$. Die Entfernung der zwei äußersten Grundlinien in geographischer Breite ist, wie oben schon angegeben, rund 15° oder 1600 bis 1700 km, sodaß diese Meridianbogen-Triangulierung außerordentlich reich mit Basismessungen ausgestattet erscheint (rund $\frac{1}{25}$ der Länge der ganzen Triangulierungskette direkt an Grundlinien gemessen).

Angaben über die Kosten und über die Geschwindigkeit der Messung auf den einzelnen Strecken, Untersuchungen über die Fehler, besonders die Temperaturfehler bei den einzelnen Apparaten sind im Rest der Abhandlung gegeben, ebenso Vergleichen des Werts der

einzelnen Werkzeuge. Von diesen Ergebnissen sei nur noch angeführt, daß das 100 m-Band kaum einen Vorteil vor dem 50 m-Band voraus hat; daß der *iced bar*-Apparat in Beziehung auf die Abwesenheit konstanter Fehler durchaus in erster Linie steht; daß der Duplex-Apparat unter den Kontaktapparaten den Vorzug verdient; endlich daß die regelmäßigen Fehler der Messung mit den Bändern kaum über die der Duplex-Messung hinausgehen. Außerordentlich sind die Geschwindigkeiten, die zuletzt, infolge der fortwährenden Übung derselben Messungsabteilung, erreicht wurden: so hat diese Übung bei der Seguin-Basis einmal 100 Lagen des Duplex-Apparats (500 m Länge) in einer Stunde ermöglicht!

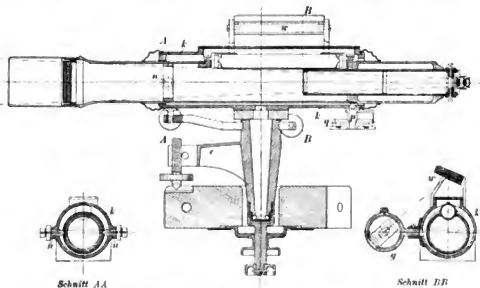
Im ganzen ist die Messung dieser 9 Grundlinien in einer einzigen Kampagne durch eine und dieselbe Abteilung ein Werk, dem bisher nirgends ein ähnliches an die Seite gesetzt werden kann.

Anhangsweise möchte ich hier auch noch hinweisen auf die ziemlich vollständige Zusammenstellung der bisher benützten Basismessapparate, die unlängst F. Valle (vom Observatorium in Tacubaya), freilich wohl nicht auf eigene Erfahrungen an vielen davon gestützt, in dem *Anuario de la Academia Mexicana, año V, Mexico 1901, S. 141 bis 226, m. 15 Tafeln*, gegeben hat. Hammer.

Fein-Nivellierinstrumente der Coast and Geodetic Survey.

Von E. G. Fischer. *Report of the U.S. Coast and Geodetic Survey for 1900, Appendix Nr. 6. Washington 1901, S. 525.*

Die zwei aus dem Jahr 1900 stammenden, als Nr. 7 und 8 bezeichneten Instrumente sind, wie der Verfasser (Vorstand der „Instrument Division“ der Survey) mittelt, als Frucht der Studien der Feinnivelllements-Kommission in den Jahren 1898 und 1899 zu betrachten; verschiedene Verbesserungen seien bei den Versuchsinstrumenten Nr. 1, 5 und 6 die Anwendung von Nickelstahl und die Verringerung des Abstands zwischen Libelle und Fernrohrziellinie gewesen und er habe sie bei der Konstruktion der neuen Nivellierinstrumente Nr. 7 und 8



beachtet. Die hier wiedergegebene Figur zeigt die Konstruktion dieser Instrumente; besonders ist aus dem Längsschnitt und dem Querschnitt *BB* die Anordnung der wesentlichen Teile zu sehen. Mittelstück des Fernrohrs und Libelle sind von einem gemeinschaftlichen Nickelstahlzylinder *k* umschlossen von rund 22 cm Länge und 6 cm äußerem Durchmesser, mit $2\frac{1}{2}$ mm starker Wand; für sämtliche Teile, auf die es in Beziehung auf die *Konstanz* der Lage zwischen Fernrohrziellinie und Libellenachse ankommt, außer dem genannten Mantel *k* für das Rohr des Fernrohrs selbst, die Hülle der Libelle, den Fadenkreuzring, den zylindrischen Support, ist Nickelstahl als Material gewählt. Links neben dem Fernrohr liegt (vgl. Schnitt *BB*) das Rohr *g* zur Beobachtung der Libelle. Das Stativ des Instruments ist von der gewöhnlichen

Form, aus schwarzem Walnußholz, der Kopf ist eine hölzerne Platte von $11\frac{1}{2}$ cm Stärke. Das Fußstück des Instruments e mit den drei Stellschrauben besteht aus hartem, feinkörnigen Gußeisen. Die Fußschrauben haben $9\frac{1}{2}$ mm Durchmesser und $\frac{3}{2}$ mm Ganghöhe; man kann mit ihnen 6 mm über und unter die normale Lage kommen, sodaß das Instrument auch bei ungewöhnlicher Neigung des Stativkopfs horizontalisiert werden kann. Der Stahlzapfen der Umdrehungsachse ist sehr lang. An der schon genannten Hülle k befindet sich die Feinstellschraube p für Libelle und Ziellinie mit 7 mm Durchmesser und $\frac{1}{4}$ mm Ganghöhe; der Kopf q (von 4 cm Durchmesser) ist in 100 Teile geteilt. Oben an k befindet sich ein recht-eckiger Aufsatz, der die Libelle mit Glas überdeckt, darüber sitzt der Spiegel w . Der Schnitt B/H zeigt, wie der aufrecht stehende Beobachter mit dem linken Auge den Stand der Libelle, mit dem rechten gleichzeitig den Faden auf der Latte beobachten kann. Das Objektivrohr des Fernrohrs ist etwas über $1\frac{1}{2}$ mm stark; die Objektivlinse hat 42 mm freie Öffnung und 41 cm Brennweite, die zwei Steinheilschen Okulare haben $12\frac{1}{2}$ und $9\frac{1}{2}$ mm Äquivalent-brennweite, sodaß mit der Vergrößerung 32 oder 43 gearbeitet wird.

Da der Abstand zwischen der Achse der Mikrometerschraube p und den Spitzen der Schrauben n (vgl. auch Schnitt $A.A$) $191\frac{1}{2}$ mm beträgt, so ändert man mit jeder $\frac{1}{100}$ Drehung der Feinschraube p die Fernrohrneigung um etwa $2,6''$.

Die Libellen sind von Pessler; es sind Kammerlibellen, $11\frac{1}{2}$ cm lang, $1\frac{1}{2}$ cm im Durchmesser, auf 8 cm Länge sind 2 mm-Teile vorhanden. Der Teilwert ist $1,94''$ bei der Libelle für Instrument Nr. 7, $1,86''$ bei Instrument Nr. 8 (Wärmeverhalten, Druckverhalten?). Die Prismeneinrichtung von Berthélemy in Paris ist für die Beobachtung des Einspiels der Libelle angewendet. Wie schon angedeutet, findet die Beobachtung der Libelle und die Ablesung der (drei) Fäden auf der Latte so nahe als möglich gleichzeitig statt.

Das Instrument wiegt 5,2 kg; das Gewicht wird wesentlich reduziert werden können, wenn Nickelstahl-Rohr bezogen werden kann, da die Stärke der gegossenen Stücke unnötig groß ist. Das Gewicht des Stativs mit 7,2 kg ist größer als bisher üblich, was von der größeren Länge der Stativbeine herrührt. Der Beobachter steht bei diesen Instrumenten aufrecht, was als großer Vorzug angesehen wird.

Hammer.

Erhöhung der kalorimetrischen Meßgenauigkeit durch Anwendung von Platinthermometern.

Von W. Jaeger und H. v. Steinwehr. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* 5. S. 353, 1903.

Im Anschluß an die früher referierte Bestimmung des Wasserwerts eines Berthelot-schen Verbrennungskalorimeters auf elektrischem Wege (*diese Zeitschr.* 23. S. 8, 186, 1903) wird in der obigen Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt berichtet über die Verbesserung der Messungen, die durch Anwendung eines Platinthermometers von geringer Trägheit an Stelle eines Quecksilberthermometers erzielt worden ist.

Der Hauptmangel der Quecksilberthermometer bei kalorimetrischen Messungen — wo es sich um Ermittlung kleiner Temperaturdifferenzen handelt — besteht in den Kaliberfehlern, die einen unregelmäßigen Verlauf zeigen. Diese lassen sich nicht hinreichend genau ermitteln und interpolieren, sodaß man erfahrungsgemäß eine Genauigkeit von einigen Promille nicht überschreiten kann; andererseits bringt die Anwendung größerer Temperaturintervalle andere Nachteile mit sich. Die Platinthermometer dagegen sind frei von solchen Unregelmäßigkeiten der Temperaturkurve, sodaß die Meßgenauigkeit etwa zehnmal so groß wird, als bei Anwendung von Quecksilberthermometern; ein Temperaturintervall von 1° läßt sich dann auf etwa ein Zehntausendstel bestimmen. Erwünscht ist noch eine geringe Trägheit des zu verwendenden Widerstandsthermometers oder, was dasselbe bedeutet, eine große Abkühlungskonstante und zwar hauptsächlich deshalb, um den Platindraht zur Erreichung einer ausreichenden Meßgenauigkeit mit relativ großer Stromstärke belasten zu können; eine Temperaturdifferenz von $0,0001^\circ$ entspricht nämlich einer Widerstandsänderung von rund $0,5 \cdot 10^{-6}$. Bei diesen großen Ansprüchen an die Widerstandsmessung ist eine sehr vollkommene Isolation des Instruments notwendig. Auch die beobachtete Temperaturerhöhung

des Kalorimeters bedarf mitunter einer Korrektur infolge der Trägheit des Thermometers; die prozentische Korrektur ist gleich dem Verhältnis der Abkühlungskonstante des Kalorimeters zu der des Thermometers. Für das Kalorimeter ist deshalb eine kleine Abkühlungskonstante anzustreben, die durch Anwendung großer Wassermengen erreicht wird; auch aus anderen Gründen ist es an und für sich vorteilhaft, mit großen Wassermengen und geringer Temperaturerhöhung zu arbeiten, soweit sich diese mit der gewünschten Genauigkeit messen läßt.

Das benutzte Platinthermometer besteht aus einem Platindraht von $0,01 \text{ mm}^2$ Querschnitt und 30 cm Länge (Widerstand etwa $4,5 \text{ Ohm}$), der in ein fein ausgezogenes Glasröhrchen von etwa $1,5 \text{ mm}$ Durchmesser eingeschlossen ist (vgl. auch die Mitteilung von M. Thiesen, *diese Zeitschr.* **23**, S. 363, 1903).

Die Enden des Platindrahtes p (Fig. 1) sind je an einen in der Mitte zusammengelegten isolierten Kupferdraht k angelötet, der sich zum größten Teil auch noch innerhalb des Glasrohres befindet, und dessen eines Ende zur Stromzuführung, das andere zur Potentialabnahme dient. Bis zu den Lötstellen e ist das Glasrohr von den Enden her mit Schwefel vollgegossen, und die austretenden Kupferdrähte sind in der aus der Figur ersichtlichen Weise mit Schellack isoliert. Zur Vorsorge wird der Schellack noch mit Öl angefeuchtet, damit keine Isolationsfehler durch Wasser entstehen; besonders beim Eicheln des Instruments in Wasserdampf muß man sehr vorsichtig verfahren. Das Glasrohr ist, wie Fig. 2 zeigt, in der Mitte umgebogen, sodaß seine beiden Schenkel mit den Kupferenden aus dem Wasser herausragen; die Lötstellen befinden sich etwa 10 cm unterhalb der Wasseroberfläche. Zum Schutz gegen mechanische Eingriffe ist das Instrument von einem Metallkäfig umgeben und in der aus der Fig. 2 ersichtlichen Weise montiert.



Fig. 1.

Neuerdings ist ein Thermometer ohne Glasteile und mit besserer Montierung der Drahtenden hergestellt worden, das in Fig. 3 abgebildet ist. Bei diesem ist der mit Seide umspinnene Platindraht in ein feines Metallröhrchen derart eingezogen, daß sich auch noch die gut isolierten Lötstellen (bei ee) in dem Röhrchen befinden. Die Zuführung der Drahtenden zu den Klemmen innerhalb eines Ebonitkästchens ist aus der Figur ersichtlich.

Die Trägheit dieser Thermometer ist so gering, daß sie nur schätzungsweise angegeben werden kann; die Abkühlungskonstante ist etwa 10 bis 20-mal so groß als die der empfindlichsten Quecksilberthermometer, sodaß die Instrumente fast momentan nach dem Eintauchen in ein Flüssigkeitsbad die Temperatur desselben annehmen. Die Widerstandsmessungen wurden mit einem Differentialgalvanometer nach der Kohlrauschschen Methode des übergreifenden Nebenschlusses vorgenommen. Zur Eichung des Platinthermometers wurde der Fundamentalabstand 0° bis 100° direkt gemessen und die Abweichung der Temperaturkurve von der Wasserstoffskala durch Vergleichung mit Quecksilberthermometern an einigen Zwischenpunkten bestimmt; bei 50° ist die von dem Platinthermometer angezeigte Temperatur um etwa $0,4^\circ$ höher als die absolute Temperatur. Für die Wider-

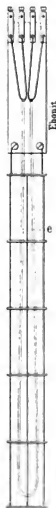


Fig. 2.

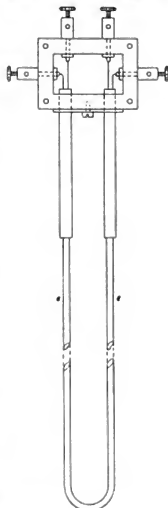


Fig. 3.

standskurve des verwendeten, sehr reinen Platins wurde in Übereinstimmung mit anderen Beobachtern gefunden

$$w_t = w_0 (1 + 3,9646 \cdot 10^{-3} t - 5,835 \cdot 10^{-7} t^2),$$

wo w_t den Widerstand bei der Temperatur t der Wasserstoffskale und w_0 denjenigen bei 0° bedeutet. Die Eichung läßt sich leicht mit der für diese Zwecke erforderlichen Genauigkeit ausführen, da die zweite Konstante der Formel nur auf 1% bekannt zu sein braucht. Die mit diesem Thermometer angestellten Messungen zielen darauf, die Kalorie in elektrischen Einheiten mit einer Genauigkeit von wenigen Zehntausendsteln zu bestimmen, also mit einer Genauigkeit, die derjenigen der praktischen elektrischen Einheiten zur Zeit gleichwertig ist. Es wurde eine Anzahl von Versuchen angestellt mit einer Wassermasse von 10 kg und einer Temperaturerhöhung von $1,3^\circ$, die durch Zuführung einer Energie von etwa 250 Watt während drei Minuten bewirkt wurde. Für die Güte des Platinthermometers und die Genauigkeit der damit angestellten Messungen kommt nur die relative Übereinstimmung von Versuchen unter gleichen Bedingungen in Betracht; diese Übereinstimmung war aber ungefähr die 10-fache der mit den Quecksilberthermometern bei einem doppelt so großen Temperaturintervall erreichten Genauigkeit. H. J.

Über eine neue Methode der optischen Dickenmessung.

Von J. Macé de Lépinay und H. Buisson. *Compt. rend.* **135**, S. 283. 1902.

In dieser kurzen Notiz werden die Resultate angegeben, welche die Verf. bei der Dickenmessung einer etwa 1 cm dicken, parallel zur optischen Achse geschliffenen Quarzplatte nach der von Macé de Lépinay kürzlich mitgeteilten Methode (vgl. das Referat in dieser Zeitschr. **23**, S. 378. 1903) erhalten haben. Aus den Messungen der Phasendifferenzen, welche den Talbotschen Streifen und den Haidingerschen Ringen für die gleiche Wellenlänge λ entsprechen, ergibt sich direkt die Plattendicke e . Aus e und jeder der beiden Phasendifferenzen läßt sich dann auch in bekannter Weise der Brechungsexponent n der Platte berechnen. In der folgenden Tabelle sind die Resultate dreier Versuchsreihen für e und die absoluten Brechungsexponenten N des ordentlichen Strahls enthalten. Es wurde rotes Kadmiumlicht R ($\lambda = 643,8 \mu\mu$) und grünes Kadmiumlicht G ($\lambda = 508,6 \mu\mu$) benutzt. Die Werte von e und N sind auf die Temperatur $18,50^\circ$ reduziert.

		I.	II.	III.
e	R	9900,92 μ	9900,91 μ	9900,94 μ
	G	9900,93 μ	9900,93 μ	9900,94 μ
N	R	1,5426879	1,5426893	1,5426870
	G	1,5486369	1,5486366	1,5486367.

Wie man sieht, beträgt der zufällige Fehler nur etwa 0,01 bis 0,02 μ für die Dicke und eine Einheit der sechsten Dezimale für den Brechungsexponenten. Schck.

Über die Messung von Selbstinduktionskoeffizienten mittels des Telephons.

Von R. Dongier. *Compt. rend.* **137**, S. 115. 1903.

Bekanntlich kann die Wirkung einer Selbstinduktion L durch eine dahinter geschaltete Kapazität C aufgehoben werden (Resonanzbedingung). Ist nun C kleiner, als die Resonanzbedingung verlangt, so kann man die Resonanz dadurch herstellen, daß man zu C einen induktionslosen Widerstand r_1 parallel schaltet. Die Bedingung für die Resonanz lautet dann $L = Cr_1^2 / (1 + \omega^2 C^2 r_1^2)$, wo ω gleich $2\pi \times$ Periodenzahl ist.

Andererseits liege die Kapazität C parallel zur Induktion L und einem dahintergeschalteten induktionslosen Widerstand, die zusammen einen Widerstand von r_2 Ohm besitzen. Die Resonanzbedingung für diese Anordnung lautet $L = C(r_2^2 + L^2 \omega^2)$. Durch Eliminieren von ω erhält man

$$L = Cr_1 r_2.$$

Ist also die Kapazität bekannt, so erhält man die Selbstinduktion aus zwei Widerständen r_1 und r_2 . Die Resonanz läßt sich scharf dadurch einstellen, daß man den betreffenden Kreis in einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke bringt, deren andere Zweige aus induktionslosen Widerständen bestehen. Sobald das Telephon in der Brücke schweigt, ist Resonanz eingetreten. Da die Resonanzbedingung von der Periodenzahl abhängt, so ist eine scharfe Einstellung mit dem Hörtelephon nur bei sinusartigem Strom möglich, sonst ist das optische Telephon oder das Vibrationsgalvanometer zu nehmen. E. O.

Apparat zur Bestimmung der magnetischen Konstanten.

Von P. Curie und C. Chéneveau. *Journ. de phys.* 2. S. 796. 1903.

Der beschriebene Apparat, welcher die Anziehung eines magnetischen Feldes auf einen in der Nähe befindlichen para- oder diamagnetischen Körper zu messen gestattet, ist nach dem Prinzip der Torsionswaage konstruiert. Ein Aufhängedraht trägt einen horizontalen, ungleicharmigen Hebel aus Aluminium, an dessen kürzerem Arm ein zylindrisches Gläschen hängt, welches die zu untersuchende Substanz aufnimmt, während am Ende des längeren Armes eine Teilung angebracht ist, die sich bei der Drehung unter dem Faden eines Mikroskops hinwegbewegt. Ein verschiebbares, schwereres Gewicht sowie ein leichtes Reitergewicht gestatten die Äquilibrirung der beiden Hebelarme, ein unter dem Aufhängedraht befestigtes, in Vaselineöl tauchendes Kreuz aus Aluminiumblech dient als Dämpfer. Das Magnetfeld liefert ein ringförmiger, permanenter Magnet mit engem Schlitz und keilförmigen Polschuhen, der sich mittels einer Schraube längs einer Führung so vor- und rückwärts bewegen läßt, daß das aufgehängte Röhrchen genau den Schlitz des Magnets passieren kann.

Befindet sich nun beispielsweise in dem Röhrchen ein paramagnetischer Körper, so wird bei der Annäherung des Magnets das Röhrchen angezogen, der Wagebalken mit der Teilung erreicht an einer bestimmten Stelle ein Maximum des Ausschlags, geht dann zurück und befindet sich in der Nullstellung, wenn das Röhrchen die Achse des Magnets gerade schneidet; bei der Weiterbewegung des Magnets wird dann das Röhrchen wieder mitgenommen, sodaß also der Wagebalken nach der entgegengesetzten Seite ausschlägt, der Ausschlag erreicht wieder ein Maximum und nimmt schließlich bis auf Null ab. Da die Größe des Ausschlags, also die in Skalenteilen gemessene Differenz der beiden extremen Balkenstellungen, proportional der spezifischen Suszeptibilität ist — d. h. dem magnetischen Moment der Masseneinheit, dividiert durch die Feldstärke — so ergibt sich leicht die Anwendung der Methode zu relativen Messungen, indem man den Versuch mit einem Körper von bekannter spezifischer Suszeptibilität wiederholt; die Verf. benutzen hierzu das Wasser. Allerdings sind bei genaueren Messungen noch Korrekturen anzubringen wegen der Magnetisierbarkeit der Luft und des Glases; die erstere ist bekannt, die letztere wird durch einen entsprechenden Versuch mit dem leeren Gläschen gesondert bestimmt, das man aus einer möglichst wenig magnetisierbaren Glässorte herstellt.

Bei diamagnetischen Körpern läßt sich natürlich der Versuch in genau derselben Weise durchführen, nur daß hier statt einer Anziehung eine Abstoßung bis zu einem bestimmten Maximum erfolgt.

Die Verf. bestimmten mit ihrer Methode die spezifische Suszeptibilität

des Radiumchlorürs	zu $+1,05 \cdot 10^{-6}$
„ Bariumchlorürs	„ $-0,40 \cdot 10^{-6}$
einer Mischung von $\frac{1}{6}$ Radiumchlorür, $\frac{5}{6}$ Bariumchlorür	„ $-0,20 \cdot 10^{-6}$.

Dies Resultat steht im Widerspruch mit den Messungsergebnissen von St. Meyer, der ein sehr schwach radiumhaltiges Bariumkarbonat paramagnetisch gefunden hatte, während es diamagnetisch sein müßte. Die Verf. glauben, daß diese Differenz auf eine eisenhaltige Verunreinigung der von Meyer verwendeten Substanz zurückzuführen sei. Gleich.

Neu erschienene Bücher.

A. Fennel, Die Wagner-Fennelschen Tachymeter der Fabrik geodätischer Instrumente von Otto Fennel Söhne in Cassel. 3. Aufl. Lex. 8°. 48 S. Stuttgart, K. Wittwer 1904.

Die letzte (2.) Aufl. dieses Heftes erschien im Jahr 1886 und 1891 wurden dazu Nachträge ausgegeben, deren zweiter insbesondere eine ausführlichere Theorie des von den Wagner-Fennelschen Instrumenten (Tachygraphometer als Meßtisch-Aufsatz und Projektionstachymeter auf einem Theodolit-Unterbau mit repetierendem Horizontalkreis) gebrauchten Projektors enthielt, die nun im wesentlichen in die vorliegende 3. Aufl. übernommen ist. Im übrigen ist der Umfang der Schrift etwas reduziert; größere Veränderungen gegen früher zeigen besonders die sehr ausführlich gehaltenen Anleitungen zur Berichtigung der beiden Instrumente, den in den letzten Jahren eingeführten Verbesserungen ihrer Konstruktion entsprechend.

Da die Instrumente bereits große Verbreitung gewonnen haben, so ist es nicht notwendig, hier auf Einzelheiten einzugehen. Erwähnt sei nur etwa, daß die Abstimmung der Hauptkonstanten des entfernungsmessenden Fernrohrs, das ein Ramsdenschens Okular hat, auf 100 nicht durch Veränderung des Fadenabstands, sondern wie im Huygensschen Fernrohr stattfindet: zwischen Objektiv und Fadenplättchen, auf das die „Fäden“ als Striche photographisch aufgetragen sind und das zum Schutz gegen Zerstörung zwischen zwei dünne Glasplättchen hineingesetzt ist. Ist eine Korrektionslinse angebracht, die mit dem Objektiv zusammenwirkt. Durch kleine Längsverschiebungen dieser Linse kann die Äquivalentbrennweite des Objektivsystems so abgestimmt werden, daß sie sehr genau das Hundertfache des Fadenabstands beträgt.

Die Lattenstellung senkrecht zur Visur, die vor Jahren lebhaft Erörterungen zwischen Wagner und besonders Jordan hervorgerufen hat, wird nach wie vor von Vielen (der Ref. bekennt, zu ihnen zu gehören) als Übelstand betrachtet werden. Aber auch diese werden die Wagner-Fennelschen Tachymeter-Instrumente als in allen Teilen wohl durchdacht und gut ausgeführt gern anerkennen. Hammer.

Ch. M. Mason, Randwertaufgaben bei gewöhnl. Differentialgleichn. gr. 8°. IV, 75 S. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht 1903. 2,00 M.

S. Toeche Mittler, Zur Molekulargewichtsbestimmg. nach d. Siedeverfahren. gr. 8°. 57 S. m. 4 Fig. u. 3 Taf. Berlin, E. S. Mittler & Sohn 1903. 2,50 M.

J. Frischauf, Grundriß d. theoret. Astronomie u. der Geschichte d. Planetentheorien. 2., verm. Aufl. gr. 8°. XV, 199 S. m. 22 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1903. 5,00 M.; geb. in Leinw. 6,00 M.

J. G. Hagen, Synopsis d. höheren Mathematik. III. Bd. Differential- u. Integralrechnung. 4. Lfg. gr. 4°. S. 129—256. Berlin, F. L. Dames 1903. 5,00 M.

J. Boussinesq, *Théorie analytique de la Chaleur, mise en harmonie avec la Thermodynamique et la théorie mécanique de la Lumière. Vol. II: Refroidissement et échauffement par rayonnement; conductibilité des tiges, lames et masses cristallines; courants de convection; théorie mécanique de la lumière.* gr. 8°. XXXII, 627 S. m. Fig. Paris 1903. 14,40 M.

Das vollst. Werk, 2 Bd., 1901—1903. 360 u. 657 S. m. Fig. 22,40 M.

S. Curie, *Recherches sur les Substances radio-actives.* gr. 8°. 145 S. m. Fig. Paris 1903. 8,00 M.

A. Föppl, Vorlesungen üb. techn. Mechanik. 2. Bd. Graphische Statik. 2. Aufl. gr. 8°. XII, 471 S. m. 176 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1903. Geb. in Leinw. 10,00 M.

M. Le Blanc, Lehrb. d. Elektrochemie. 3., verm. Aufl. gr. 8°. VIII, 284 S. m. 31 Fig. Leipzig, O. Leiner 1903. 6,00 M.; geb. in Leinw. 7,00 M.

Th. Posner, Lehrb. d. synthetischen Methoden d. organ. Chemie. gr. 8°. XXXII, 436 S. Leipzig, Veit & Co. 1903. Geb. in Leinw. 10,00 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

Februar 1904.

Zweites Heft.

Objektivuntersuchungen.

Von

J. Hartmann in Potsdam.

(Fortsetzung von S. 21.)

B. Die Brennweitenbestimmung.

25. Die Brennweite eines Linsensystems ist nach der Gauss'schen Theorie definiert als der Abstand seines Brennpunktes vom zweiten Hauptpunkte. Ist (Fig. 11) AB ein parallel zur Achse einfallender Strahl und EL die Lage des gebrochenen Strahls, so ist L der Brennpunkt, und den Hauptpunkt P erhält man, wenn man vom Schnittpunkte C der verlängerten Strahlen AB und EL auf die Achse das Lot CP fällt. Demnach ist $PL = G$ die Brennweite. Bezeichnet man die Einfallshöhe CP mit r und die Neigung des gebrochenen Strahls gegen die Achse mit u , so lautet die Gauss'sche Definition der Brennweite mithin

$$G = \frac{r}{\operatorname{tg} u} \dots \dots \dots 10)$$

Man kann auf diese Definitionsgleichung direkt eine Methode zur Bestimmung von G gründen, indem man zusammengehörige Werte von r und u mißt; ein Instrument zur Ausführung dieser Messungen wurde vor kurzem von Féry¹⁾ angegeben. Nur beiläufig will ich erwähnen, daß auch die früher besprochenen extrafokalen Messungen, sobald die Lichtquelle unendlich weit entfernt ist, direkt eine Brennweitenbestimmung nach Formel 1) ergeben würden, wenn man den Abstand r der Blendenöffnungen von der Achse genau bestimmt. Man erhält nämlich unter Benutzung der früheren Bezeichnungen

$$\operatorname{tg} u = \frac{e_1 + e_2}{2(A_2 - A_1)}$$

und folglich

$$G = \frac{2r(A_2 - A_1)}{e_1 + e_2} \dots \dots \dots 11)$$

Dieses Verfahren ist jedoch durchaus nicht zu empfehlen.

In der Gauss-Abbeschen Theorie, die, von der punktwweisen Abbildung durch geradlinige Strahlen ausgehend, die allgemeinen Beziehungen zwischen dem Objektraume und dem Bildraume in mathematisch strenger Form gibt, ist die Formel 10) allgemein

¹⁾ Ch. Féry, *Méthode nouvelle pour la détermination des constantes des lentilles*. Journ. de phys. 2. S. 755. 1903.

gültig, d. h. alle der Achse parallel einfallenden Strahlen konvergieren nach der Brechung so, daß sie sich in einem einzigen Brennpunkte L schneiden, und daß außerdem die Schnittpunkte C sämtlich in derselben Ebene CP , der zweiten Hauptebene des Systems, liegen. In diesem Falle ist auch die Brennweite $G = PL$ eindeutig definiert.

Bei den praktisch verwirklichten dioptrischen Systemen liegen die Verhältnisse jedoch gänzlich anders. Daß der Brennpunkt L keine feste Lage hat, sondern für die verschiedenen Strahlen sich um mehrere Millimeter unterscheiden kann, wurde im vorhergehenden gezeigt. Aber auch der zweite Endpunkt der Strecke PL , der Fußpunkt P des Lotes CP , ist in gleicher Weise mit Aberrationen behaftet. Einen sehr anschaulichen Beweis hierfür bildet die einfache plankonvexe Linse. Jeder von der

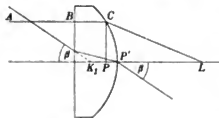


Fig. 12.

planen Seite der Linse her einfallende achsenparallele Strahl AB (Fig. 12) gelangt ungebrochen bis zur sphärischen Fläche, woraus folgt, daß in diesem Falle die Schnittpunkte C des einfallenden und des gebrochenen Strahls sämtlich auf der sphärischen Linsenfläche liegen. Die Lage des Fußpunktes P ist daher eine Funktion der Einfallshöhe r , und für $r = 0$ rückt in diesem Falle P in den Linsenscheitel P' . Je nach der Form des Linsensystems wird die Abhängigkeit des Punktes P von der Einfallshöhe verschieden sein, aber immer wird sich P für unendlich kleine Werte von r einer *Grenzlage* P' nähern, die man dann als den zweiten Hauptpunkt des Systems bezeichnet. Den Abstand des Brennpunktes L der der Achse benachbarten Strahlen, der sog. Nullstrahlen, von diesem zweiten Hauptpunkte nennt man dann die Hauptbrennweite des Systems.

Unter der Brennweite eines in größerer Entfernung von der Achse dieser parallel einfallenden Strahls AB (Fig. 11) pflegt man jetzt in der optischen Praxis nicht, wie Gauss, die Strecke PL , sondern vielmehr die Strecke CL zu verstehen, und ebenso nennt man C den Hauptpunkt des Strahls AB ; ich werde hier, um jede Verwechslung auszuschließen, P als den *axialen*, C als den *seitlichen* Hauptpunkt und $CL = S$ als die *seitliche* Brennweite bezeichnen. Daß man gerade die Strecke CL als Brennweite des Seitenstrahls bezeichnet, hat seinen Grund darin, daß diese Strecke eine ähnliche Rolle spielt, wie die Hauptbrennweite für die Nullstrahlen. Ist nämlich bei einem System die sphärische Aberration auf der Achse aufgehoben, und soll dies auch für Punkte außerhalb der Achse der Fall, das System also aplanatisch sein, so muß der Sinussatz erfüllt sein, woraus sich bei Fernrohrobjektiven weiter die Bedingung $CL = \text{konst.}$ für alle Zonen des Objektivs ergibt. In diesem Falle liegen also die seitlichen Hauptpunkte C auf einer um den Brennpunkt L beschriebenen Kugel, deren Radius CL dann identisch mit der Hauptbrennweite ist.

26. Für den praktischen Beobachter hat jedoch der zuletzt besprochene Begriff der Brennweite wenig Anschauliches. Der Beobachter verbindet mit dem Worte „Brennweite“ stets einen anderen, völlig feststehenden Begriff, nämlich das Verhältnis der linearen Größe des Bildes eines unendlich entfernten Objektes zu dessen scheinbarer Größe. Ist β (Fig. 11) die scheinbare Größe eines unendlich entfernten Objektes, z. B. der Sonne, und $b = HL$ die Größe des in der Brennebene entworfenen Bildes, so ist die Brennweite $K_2 L = F$ definiert durch

$$F = \frac{b}{\lg \beta} \dots \dots \dots 12)$$

Auch diese Definition gibt Gauss¹⁾, und er sagt, daß dieselbe „in der Tat die einzig zweckmäßige“ sei.

Nach dieser Definition ist die Brennweite der Abstand des Brennpunktes vom zweiten Knotenpunkte K_2 des Systems. Ist die Lage von K_2 für alle Werte von β dieselbe, so ist F für alle Bildgrößen konstant und daher das System frei von Verzeichnung (vorausgesetzt, daß es in der Brennebene überhaupt ein ausgedehntes scharfes Bild entwirft). Ein Beispiel für derartige stabile Lage des zweiten Knotenpunktes bietet wieder die plankonvexe Linse (Fig. 12), bei welcher derselbe für beliebige Werte von β stets mit dem Scheitelpunkte P' zusammenfällt, während der Ort des ersten Knotenpunktes eine Funktion von β ist. Im allgemeinen wird auch die Lage von K_2 mit β veränderlich sein. Alsdann nähert sich K_2 mit abnehmendem β einer festen Grenzlage, die mit der oben erwähnten Grenzlage des Punktes P , d. h. mit dem zweiten Hauptpunkte des Systems zusammenfällt. In diesem letzteren Falle, wo das System Verzeichnung besitzt, ist in Formel 12) das Verhältnis $b'/tg\beta = F$ keine Konstante, es nähert sich vielmehr erst mit abnehmendem β einem Grenzwerte, der dann, wie man sieht, mit der Hauptbrennweite identisch ist: es ist der Abstand des Brennpunktes vom zweiten Hauptpunkte des Systems.

In dieser zuletzt gegebenen Definition der Brennweite tritt nun der Betrag der Einfallshöhe $r = CP$ gar nicht mehr auf; mit anderen Worten, auch für jede äußere Zone des Objektivs versteht man unter Brennweite einfach den Abstand ihres Brennpunktes von dem oben definierten zweiten Hauptpunkte des Systems, also nicht von dem beweglichen Punkte P und nicht von dem seitlichen Hauptpunkte C . Die so definierte Brennweite F unterscheidet sich also von der Vereinigungsweite, die bekanntlich vom Linsenscheitel an gerechnet wird, nur um eine Konstante, nämlich den Abstand des Linsenscheitels vom Hauptpunkte. Andererseits unterscheiden sich die Brennweiten der verschiedenen Zonen des Objektivs lediglich um den Betrag der sphärischen Aberration. Ich habe hiermit keine neue Definition der Brennweite gegeben, sondern nur versucht, die Vorstellung, welche man allgemein mit dem Begriffe der Brennweite verbindet, möglichst klar auszusprechen, da hierüber an vielen Stellen eine große Unklarheit herrschte. So sieht man z. B., daß die oben erwähnte Methode von Féry nach der Formel $G = r/tg u$ durchaus nicht die Brennweite, sondern die im allgemeinen veränderliche Größe $G = Pl$ ergibt; es wäre viel richtiger, die seitliche Brennweite nach der Formel $S = r/\sin u$ zu berechnen.

27. Durch die im vorigen Abschnitt getroffene Festsetzung der Bedeutung von F ist nun die Bestimmung der Brennweite erst zu einer vollkommen präzisen Aufgabe geworden. Durch die früher besprochenen extrafokalen Messungen war die Lage der Brennpunkte L aller einzelnen Strahlen in Bezug auf die Ablesungen A am Okularauszug festgelegt. Um auch die Brennweiten aller dieser Strahlen zu erhalten, ist nach obigem nur noch nötig, eine einzige Konstante A_0 zu bestimmen, welche gleich dem Abstände der Mikrometerebene vom zweiten Hauptpunkte bei der Einstellung $A = 0$ ist. Man hat dann ganz allgemein

$$F = A + A_0 \dots \dots \dots 13)$$

Hiernach ist die Aufgabe der Brennweitenbestimmung von der Aufsuchung des scharfen Bildortes völlig losgetrennt, und sie reduziert sich auf die Ermittlung der Lage des zweiten Hauptpunktes bzw. Knotenpunktes.

Genauere experimentelle Untersuchungen über die Lage der Knoten- und Haupt-

¹⁾ Dioptrische Untersuchungen. S. 2.

punkte liegen bis jetzt überhaupt noch nicht vor. Durch alle bisherigen Untersuchungen zieht sich die stillschweigend gemachte Annahme, daß jedes System zwei festliegende, d. h. aberrationsfreie, Hauptpunkte habe, deren Lage dann gelegentlich der üblichen Brennweitenbestimmungen mit erhalten wurde. Als Beispiel einer sehr gründlichen, unter diesem Gesichtspunkte ausgeführten Arbeit will ich die Abhandlung von Schell, „Die Bestimmung der optischen Konstanten eines zentrierten sphärischen Systems mit dem Präzisionsfokometer“¹⁾ erwähnen. Die gebräuchlichen Methoden der Brennweitenbestimmung durch scharfes Einstellen auf das Bild bei verschiedenen Objektdistanzen waren außerdem so ungenau, daß die geringen Aberrationen der Hauptpunkte dadurch kaum zu bestimmen sein würden. Ich werde weiter unten ein neues exaktes Verfahren zur Messung der Lage der Hauptpunkte mitteilen.

Die Aberration des zweiten Knotenpunktes, d. h. seine Abhängigkeit von β , läßt sich leicht auf Grund der Formel 12) untersuchen; jede Messung der Distorsion enthält auch eine Bestimmung dieser Aberration. Bei astronomischen Objektiven, deren Gesichtsfeld nur ganz nahe der Achse benutzt wird, ist sie meistens unmerklich. Dagegen kann sie bei photographischen Objektiven größere Beträge erreichen, worauf ich später noch näher eingehen werde.

28. Zur Bestimmung der Konstanten A_0 für das früher besprochene Fernrohrobjektiv habe ich drei verschiedene Wege eingeschlagen, von denen der erste und der zweite auf die Ermittlung des zweiten Knotenpunktes, der dritte auf die Beobachtung der Lage des Hauptpunktes hinausläuft.

Die Ermittlung des Knotenpunktes erfolgt mittels der in der Astronomie seit langem bewährten Beobachtungsmethode, die in der oben erwähnten Messung der Größe des Bildes eines Objektes von bekannter Winkelausdehnung besteht. Sie besitzt — was bisher meistens nicht beachtet wurde — den Vorzug, daß sie gänzlich unabhängig von der richtigen Fokussierung auf das scharfe Bild ist, denn man kann, soweit die Messungsgenauigkeit nicht darunter leidet, die Fokussierung A ganz beliebig wählen und erhält trotzdem stets denselben Wert A_0 . Es hat dies seinen Grund darin, daß die Gleichung 12), die man allgemeiner in der Form

$$B = \frac{b}{\lg \beta} \dots \dots \dots 14)$$

oder auch

$$B = \frac{O b}{D} \dots \dots \dots 15)$$

schreiben kann, wo die Bildweite B der Abstand der Meßebene vom zweiten Knotenpunkte, D die lineare Größe und O die Entfernung des Objektes vom ersten Knotenpunkte ist, lediglich der Ausdruck für die perspektivische Abbildung von K_2 aus ist und daher mit der Eigenschaft der Linse, ein scharfes Bild zu geben, überhaupt nichts zu tun hat. Diesem Vorzuge steht nur der Nachteil dieser Methode gegenüber, daß bei Fernrohrobjektiven stets b sehr klein gegenüber B sein wird, sodaß jeder bei der Messung von b begangene Fehler stark vergrößert in B eingeht. Wie die folgenden Messungen zeigen, ist es nicht leicht, auf diesem Wege die Brennweite genauer, als auf etwa ein Tausendstel ihres Wertes zu bestimmen; nur bei direkter Beobachtung mit großen Refraktoren am Himmel pflegt man eine Genauigkeit von einem Zehntausendstel der Brennweite zu erreichen.

Reihe I. Eine Strecke von der Länge $D = 299,88 \text{ mm}$ wurde in $87,67 \text{ m}$ Distanz vom Fernrohr aufgestellt. Bei der Einstellung des Okularauszuges $A = 174,51$ wurden

¹⁾ *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **112**, IIa. S. 1057. 1903.

vier Messungen mit dem Fadenmikrometer ausgeführt, die im Mittel $b = 3,382 \text{ mm}$ ergaben. Nach Formel 15) folgt daraus

$$\begin{array}{r} B = 988,72 \text{ mm} \\ A = 174,51 \text{ „} \\ \hline A_0 = 814,21 \text{ mm (4 Messungen).} \end{array}$$

Da das Fadenmikrometer nur kurze Strecken zu messen erlaubt, wurde hier der Fehler von b in B auf das 300-fache vergrößert. Bei den folgenden photographischen Messungen wurde D noch erheblich kleiner genommen, um die Ausmessung der Strecken D und b mit derselben Schraube des Meßmikroskops zu ermöglichen.

Reihe II. In einer kleinen Blechtafel wurden vier feine Öffnungen angebracht, zwischen denen sechs verschiedene Entfernungen gemessen werden konnten; als Mittel der sechs Strecken ergab sich $D = 28,154 \text{ mm}$. Die Tafel wurde von der Rückseite beleuchtet und in $18,67 \text{ m}$ Entfernung aufgestellt. Zwei Aufnahmen, die bei $A = 216,0$ und $A = 218,0$ gemacht wurden, ergaben $b = 1,5534 \text{ mm}$ und $b = 1,5553 \text{ mm}$. Nach Formel 15) erhält man

$$\begin{array}{r} B = 1030,1 \text{ mm} \quad 1031,4 \text{ mm} \\ A = 216,0 \text{ „} \quad 218,0 \text{ „} \\ \hline A_0 = 814,1 \text{ mm} \quad 813,4 \text{ mm} \end{array}$$

im Mittel: $A_0 = 813,75 \text{ mm}$ (12 Messungen).

Reihe III. Eine der vorigen analoge Messungsreihe bei etwas anderem O und drei verschiedenen A ergab die Werte

$$\begin{array}{r} A_0 = 813,99 \text{ mm} \\ 814,44 \text{ „} \\ 813,50 \text{ „} \end{array}$$

im Mittel: $A_0 = 813,98 \text{ mm}$ (18 Messungen).

29. Bei den Reihen II und III ging wegen der Kleinheit von b jeder bei der Messung dieser Strecke begangene Fehler mit seinem 700-fachen Betrage in A_0 ein. Wenn sich diese kleinen Strecken daher auch auf $0,001 \text{ mm}$ sicher messen lassen, so mußte A_0 doch immer noch auf einige Zehntel Millimeter unsicher bleiben. Wählt man b erheblich größer, so wird es schwer, D und O mit hinreichender Schärfe zu messen. Alle diese Schwierigkeiten werden durch das folgende Verfahren, welches ich für das zuverlässigste zur Bestimmung des zweiten Knotenpunktes halte, vollständig vermieden. Man bringt in der Meßebe des Fernrohrs irgend eine recht scharf meßbare Strecke an. Ich habe letztere durch Einritzen zweier paralleler Striche in eine geschwärzte photographische Platte hergestellt, die dann in die Kassette gelegt und von der Rückseite beleuchtet wurde. Der Abstand b dieser Striche wird unter dem Mikroskop scharf bestimmt. Sodann stellt man vor das Objektiv des horizontal gelegten Fernrohrs irgend ein Winkelmeßinstrument, mit welchem die Werte von β direkt gemessen werden. Die Anordnung der Beobachtungen ist hier also ähnlich, wie bei der bekannten Gauss'schen Methode zur Bestimmung der Mikrometerintervalle eines auf unendlich eingestellten Fernrohrs.

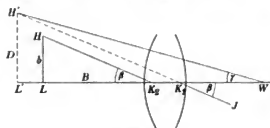


Fig. 13.

Es seien in Fig. 13 wieder K_1 und K_2 die Knotenpunkte, $HL = b$ die in der Meßebe befindliche Strecke. Nimmt man zur besseren Übersicht $B < F$ an, so entwirft das Objektiv von b ein auf derselben Seite liegendes virtuelles Bild; das-

selbe möge $H'L' = D$ sein. Die Achse des Winkelmeßinstrumentes möge in W , um die Strecke $K_1W = E$ vom ersten Knotenpunkte entfernt liegen. Man mißt dann direkt nicht den Winkel β , sondern vielmehr $\gamma = H'WL'$.

Ist wieder $K_1L' = O$, $K_2L = B$ und setzt man noch $L'W = Z$, so hat man

$$O = \frac{FB}{F-B}$$

$$Z = O + E = \frac{FB + E(F-B)}{F-B}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{D}{Z}$$

Nun ist

$$D = \frac{bO}{B} = \frac{bF}{F-B},$$

und man erhält somit

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{b}{B + \frac{E}{F}(F-B)}$$

Ist, wie bisher, A die der Bildweite B entsprechende Ablesung am Okularauszug und bezeichnet man zur Unterscheidung die F entsprechende Einstellung auf Unendlich mit A_∞ , so ist

$$F - B = A_\infty - A$$

und es ergibt sich so

$$B = \frac{b}{\operatorname{tg} \gamma} + \frac{E}{F}(A - A_\infty) \dots \dots \dots 16)$$

Vergleicht man diesen Ausdruck mit Formel 14), so sieht man, daß infolge der unrichtigen Zentrierung des Winkelmeßinstrumentes das Korrektionsglied $(A - A_\infty)E/F$ auftritt. Um dieses Glied möglichst klein zu erhalten, wird man einerseits die zu messende Strecke in die Nähe des Brennpunktes bringen, sodaß $A - A_\infty$ klein wird, andererseits hat man das Meßinstrument so zu stellen, daß seine Achse möglichst nahe durch den ersten Knotenpunkt K_1 geht. Zu diesen Messungen sind daher Spektrometer besonders geeignet. Stellt man die Messungen symmetrisch zu A_∞ an, sodaß der Faktor $A - A_\infty$ teils positiv, teils negativ ist, so kann man eine kleine Unsicherheit in der Bestimmung von E ganz unschädlich machen.

Tafel VIII.

A	2γ	$\lg \operatorname{tg} \gamma$	B	A_0
<i>mm</i>			<i>mm</i>	<i>mm</i>
110	1° 42' 16,4"	8,17249	923,70	813,70
160	1 37 1,2	8,14959	973,71	813,71
161	1 36 55,7	8,14918	974,63	813,63
162	1 36 47,3	8,14855	976,05	814,05
163	1 36 42,8	8,14821	976,81	813,81
164	1 36 36,6	8,14774	977,87	813,87
165	1 36 30,5	8,14729	978,88	813,88
166	1 36 24,5	8,14684	979,90	813,90
167	1 36 19,5	8,14646	980,75	813,75
168	1 36 13,1	8,14598	981,84	813,84
220	1 31 24,3	8,12369	1033,55	813,55

Reihe IV. Mittel (11 Messungen): $A_0 = 813,79$

30. Zu den Winkelmessungen nach der eben entwickelten Methode habe ich ein Spektrometer benutzt, dessen Kreis mittels zweier Mikroskope die Ablesung von 0,1" erlaubte. In Tafel VIII gebe ich die vollständige Berechnung der Messungs-

reihe IV, bei welcher die Achse des Spektrometers möglichst genau durch den ersten Knotenpunkt ging. Um die Unabhängigkeit des Resultates von der Einstellung A zu zeigen, habe ich letztere um volle 110 mm variiert; trotzdem sind die ohne Berücksichtigung des Korrektionsgliedes berechneten Werte von A_0 völlig konstant. Die Strecke $2b$ hatte die Länge 27,482 mm.

Als Beispiel einer ohne alle Vorsichtsmaßregeln — E und $A - A_\infty$ sehr groß — ausgeführten Messungsreihe möge noch die in Tafel IX berechnete Reihe V hier mitgeteilt werden. Es war wieder $2b = 27,482$ mm und die Achse des Spektrometers war etwa 18 cm vom Objektiv entfernt.

Tafel IX.

A	2γ	$\frac{b}{\lg \gamma}$	$\frac{b}{\lg \gamma} - A$	$\frac{E}{F} (A - A_\infty)$	A_0
mm		mm	mm	mm	mm
90	1° 42' 55,6"	917,85	827,85	- 13,63	814,22
140	1 38 35,2	958,25	818,25	- 4,35	813,90
161	1 36 50,2	975,57	814,57	- 0,45	814,12
162	1 36 42,7	976,83	814,83	- 0,26	814,57
163	1 36 41,2	977,08	814,08	- 0,07	814,01
164	1 36 37,2	977,75	813,75	+ 0,11	813,86
174	1 35 48,3	986,08	812,08	+ 1,97	814,05
210	1 32 59,1	1015,97	805,97	+ 8,65	814,62
300	1 26 45,7	1088,85	788,85	+ 25,37	814,22

Reihe V. Mittel (9 Messungen): $A_0 = 814,17$

Die in der vierten Spalte gegebenen Werte $\frac{b}{\lg \gamma} - A = A_0 + \frac{E}{F} (A - A_\infty)$ zeigen in diesem Falle einen starken, dem Gliede $(A - A_\infty) E/F$ entsprechenden Gang. Da E wegen der vorläufig unbekanntenen Lage des ersten Knotenpunktes nicht genau gemessen werden kann, bestimmt man den Wert des Koeffizienten E/F aus den beiden äußersten Messungen. Es folgt aus denselben

$$\frac{E}{F} = \frac{39,00}{210,0} = 0,1857.$$

Nach Abschn. 23 ist $A_\infty = 977,2 - 813,8 = 163,4$, und hiermit ergeben sich die in der fünften Spalte aufgeführten Korrekturen. Wie die letzte Spalte zeigt, kommen durch Anbringung der letzteren die A_0 in völlige Übereinstimmung und ergeben den richtigen Mittelwert.

Eine sechste Messungsreihe, die genau wie Reihe IV ausgeführt wurde, ergab noch aus 11 Beobachtungen $A_0 = 813,58$ mm.

Ich stelle die nach den zwei Methoden der Bestimmung des Knotenpunktes gefundenen Werte von A_0 nun zusammen, um aus ihnen das einfache Mittel zu nehmen.

	mm
Reihe I	$A_0 = 814,21$ (4)
II	813,75 (12)
III	813,98 (18)
Erste Methode:	$A_0 = 813,98$
Reihe IV	$A_0 = 813,79$ (11)
V	814,17 (9)
VI	813,58 (11)
Zweite Methode:	$A_0 = 813,85$

31. Wie diese Zusammenstellung zeigt, gelingt es nach den hier besprochenen Methoden wohl, den Wert von A_0 auf 1 mm, d. h. ein Tausendstel der Brennweite genau zu bestimmen, jedoch 0,1 mm, d. h. ein Zehntausendstel der Brennweite, ist kaum bei sehr sorgfältiger Ausführung der Beobachtungen, wie in Reihe IV, zu erreichen. Ich habe daher nach einem schärferen Verfahren gesucht und ein solches in der folgenden Methode zur direkten Messung der Lage der Hauptpunkte gefunden.

Zur Ausführung der Messungen dient ein Mikroskop, dessen Objektiv sich senkrecht zur optischen Achse durch eine Mikrometerschraube verschieben läßt. Man legt auf den Objektisch eine Glasskale mit äquidistanten Strichen und auf diese das zu untersuchende, vom Fernrohr abgenommene Objektiv so, daß der hintere Rand seiner Fassung in Kontakt mit der geteilten Ebene der Glasplatte ist. Man schiebt es dann auf letzterer so, daß die Skale unter einem Durchmesser des Objektivs liegt, und daß ihre Striche paarweise symmetrisch zur Objektivmitte liegen.

Der wahre Abstand zweier solcher symmetrischer Skalenstriche sei (Fig. 14) $TT' = 2r'$. Da die Visierlinien des Mikroskops AC und $A'C'$ bei der Einstellung

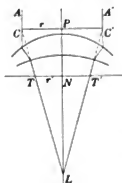


Fig. 14.

dieser beiden Striche der Achse PL parallel sind, so konvergieren dieselben nach ihrem Durchgange durch das Objektiv in den Richtungen TL und $T'L$ zum Brennpunkte L der betreffenden Zone des Objektivs. Die Verlängerung von TL schneidet daher nach Abschn. 25 die Linie AC in dem seitlichen Hauptpunkte C (dasselbe gilt für C'), während P der achsiale Hauptpunkt ist, der für Nullstrahlen in den zweiten Hauptpunkt des Systems übergeht. Nach der früheren Bezeichnungweise ist daher die bei der beschriebenen Versuchsanordnung mit dem Mikroskop direkt gemessene Strecke $PC = r$ der Radius der benutzten Zone und $PL = G$ die Brennweite nach der Gaussschen Definition in Formel 10). Bezeichnet man noch die Strecke PN , also die Entfernung des Hauptpunktes von der hinteren Ebene der Objektivfassung, mit H , so erhält man aus den ähnlichen Dreiecken CPL und TNL

$$H = \frac{r-r'}{r} G \dots\dots\dots 17)$$

Da $(r-r')/r$ stets ein sehr kleiner Bruch ist, so darf man hier für G ohne weiteres die Brennweite F einsetzen¹⁾ und es ist daher

$$H = \frac{r-r'}{r} F \dots\dots\dots 18)$$

Die Bestimmung der Lage der Hauptpunkte nach dieser Methode ist demnach äußerst einfach. Was die Genauigkeit des Verfahrens anbetrifft, so ist folgendes zu bemerken. Der bei der Messung der kleinen Differenz $r-r'$ begangene Fehler geht mit dem Faktor F/r multipliziert in H ein und bildet daher die hauptsächlichste Fehlerquelle bei diesen Messungen. Es ist nicht schwer, den m. F. in der Messung von $r-r'$ etwa auf 0,001 mm zu bringen; dann hat man also

$$\text{m. F. von } H = \frac{F}{r} 0,001 \text{ mm.}$$

Dieser Ausdruck ist ganz analog der Fehlergleichung 8) für die Brennpunktbestimmung gebaut, und er zeigt, daß die Genauigkeit, mit welcher der Hauptpunkt

¹⁾ Will man ganz streng verfahren, so kann man dann die Werte von G aus Formel 20) berechnen und erhält hiermit die wahren H aus Formel 17).

einer Zone nach dem oben beschriebenen Verfahren gefunden wird, fast genau derjenigen gleich ist, mit welcher man unter den günstigsten Umständen die Lage des Brennpunktes durch extrafokale Messungen erhält.

32. In Tafel X gebe ich die Resultate meiner nach dieser Methode ausgeführten Messungen.

Tafel X.
Zweite achsiale Hauptpunkte der einzelnen Zonen.

r	r'	$r - r'$	F	H_I	H_{II}	H
<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
36,4811	35,0239	1,4572	977,21	39,03	39,02	39,02
31,2761	30,0189	1,2572	977,20	39,28	38,25	39,26
26,0671	25,0151	1,0520	976,85	39,42	39,35	39,38
20,8545	20,0120	0,8425	976,65	39,46	39,43	39,44
15,6419	15,0091	0,6328	976,72	39,51	39,55	39,53
10,4288	10,0059	0,4229	977,19	39,63	39,63	39,63
5,2151	5,0029	0,2122	978,03	39,80	39,78	39,79

Als Skale benutzte ich hierbei eine photographische Platte, auf der ein Gitter von 5 mm Strichintervall aufgenommen war. Da die Messung direkt die Werte von $2r$ und $2r'$ ergibt, und da außerdem die angewandte Schraube 0,5 mm Ganghöhe hatte, so sind die in der Tafel aufgeführten Werte von r und r' aus den Schraubenablesungen durch Division mit 4 hervorgegangen. Aus ihnen ergeben sich nach Formel 18) die unter H_I aufgeführten Werte. Die Brennweite F wurde aus Tafel VII für $\lambda = 550 \mu\mu$, den Wendepunkt der Farbenkurve und das Intensitätsmaximum für optische Messungen, entnommen. Will man auch die chromatische Aberration der Knoten- und Hauptpunkte ermitteln, was namentlich für die zu Dreifarben-Aufnahmen bestimmten Objektive von Wichtigkeit ist, so hat man nur die Messung bei den entsprechenden monochromatischen Beleuchtungen zu wiederholen. Bei Fernrohrobjektiven genügt die Messung im weißen Lichte.

Die in der Tafel X unter H_{II} aufgeführten Zahlen sind das in gleicher Weise gefundene Resultat einer zweiten Beobachtungsreihe, die an einem anderen Tage nach ganz neuer Justierung des Meßapparats ausgeführt wurde. Aus der fast völligen Übereinstimmung beider Reihen erkennt man die große Zuverlässigkeit der Methode. Die letzte Spalte enthält unter H das Mittel aus beiden Reihen, welches ich in der ersten Kurve der Fig. 15 zur Veranschaulichung dieser „Aberration des zweiten Hauptpunktes“ graphisch dargestellt habe.

Aus dieser Kurve ergibt sich nun für $r = 0$ als Lage des zweiten Hauptpunktes des Systems der Wert

$$H_0 = 39,93 \text{ mm.}$$

Bei der Verlängerung der Kurve über $r = 5 \text{ mm}$ hinaus ist zu beachten, daß dieselbe bei $r = 0$ einen Wendepunkt besitzen muß und keine Spitze zeigen kann.

Um nun den Wert von A_0 , d. h. die Brennweite, aus der hier gefundenen Lage des zweiten Hauptpunktes abzuleiten, ist nur noch die Rohrlänge des Fernrohrs zu messen. Ich habe dies mit Hilfe eines an den Enden abgerundeten Stahlstabes ausgeführt, der durch zwei Diaphragmen lose in der Achse des Rohres gehalten wurde. Das Rohr wurde senkrecht gestellt und der Stab stützte sich dann mit seinem eignen Gewichte auf eine in die Kassette fest eingelegte Glasplatte. Durch Verstellen des Okularauszugs konnte dann das obere Ende des Stabes in Berührung mit einem über das obere Ende des Fernrohrs (nach Abnahme des Objektivs) gelegten Lineal ge-

bracht werden. Die Länge des Stabes wurde dann mit zwei guten Metermaßstäben genau bestimmt. Auf diese Art ergab sich die Rohrlänge von der hinteren Kante der Objektivfassung bis zur Plattenebene bei der Einstellung $A = 0$ zu 773,80 mm. Addiert man hierzu nun den Wert $H_0 = 39,93$ mm, so erhält man

$$A_0 = 813,73 \text{ mm.}$$

Dieses Resultat dürfte auf etwa 0,1 mm sicher sein; die hauptsächliche Quelle seiner Unsicherheit beruht in der Extrapolation von H für $r = 0$.

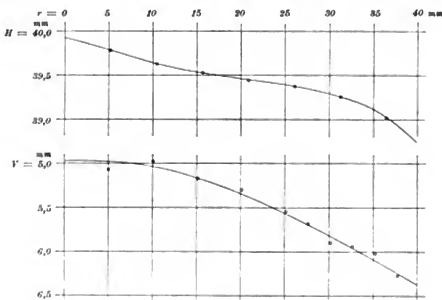


Fig. 15.

Bevor ich diese aus der Lage des zweiten Hauptpunktes abgeleitete Zahl mit den früheren Werten von A_0 , die mit Hilfe der Eigenschaft des zweiten Knotenpunktes ermittelt worden waren, vereinige, muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß beide Resultate nicht notwendig übereinzustimmen brauchen. Zwar fallen die Grenzlagen des Haupt- und des Knotenpunktes zusammen, allein die aus der Bildgröße in der oben beschriebenen Weise abgeleitete Zahl wird nur dann die wahre Lage des zweiten Knotenpunktes angeben, wenn das von dem Objektiv entworfene Bild frei von Koma, d. h. von unsymmetrischer sphärischer Aberration außerhalb der Hauptachse ist. Besitzt das Objektiv dagegen Koma, so wird man bei der Messung der Bildgröße auf irgend einen Schwerpunkt des Bildes einstellen, der nicht mit dem Punkte übereinzustimmen braucht, in welchem der durch den zweiten Knotenpunkt gegangene und daher der Einfallstrahl parallele Strahl die Meße Ebene trifft.

Das vorliegende Objektiv ist, wie schon aus der guten Übereinstimmung der nach den verschiedenen Methoden gefundenen Werte von A_0 folgt, und wie ich sogleich noch strenger beweisen werde, frei von Koma, und ich nehme daher aus den Resultaten der drei Methoden direkt das Mittel.

Erste Methode zur Bestimmung des Knotenpunktes	$A_0 = 813,98$
Zweite " " " " " " " "	813,85
Bestimmung des Hauptpunktes	813,73
Mittel $A_0 =$	813,85.

Dieser Mittelwert ist die schon in Abschn. 17 mitgeteilte Zahl. Er dürfte sehr nahe auf 0,1 mm sicher sein, sodaß nunmehr die Brennweite des Objektivs bis auf ein Zehntausendstel ihres Wertes ermittelt ist.

33. Um die Lage des ersten Hauptpunktes, deren Kenntnis häufig zur genauen Messung des Objektabstandes O notwendig ist, zu finden, hat man nur die im vorhergehenden Abschnitt besprochenen Messungen bei umgekehrter Lage des Objektivs auf der Skalenplatte zu wiederholen. Das Resultat einer einmaligen Durchmessung gebe ich in Tafel XI; man findet hier nach Formel 18) den Abstand des ersten Hauptpunktes von der Ebene der vorderen Kante der Objektivfassung, den ich zum Unterschiede von H mit V bezeichne. Die Werte von V sind in der zweiten Kurve der Fig. 15 dargestellt, aus welcher man wieder durch Extrapolation bis $r = 0$ als Lage des ersten Hauptpunktes des Objektivs

$$V_0 = 4,99 \text{ mm}$$

erhält. Man erkennt aus Fig. 15, in der die Ordinaten H und V in entgegengesetzter Richtung eingetragen sind, daß der Abstand der beiden Hauptpunkte voneinander nahezu konstant ist; beide rücken mit zunehmendem r gemeinsam nach der hinteren Seite des Objektivs hin.

Tafel XI.
Erste achsiale Hauptpunkte der einzelnen Zonen.

r	r'	$r - r'$	F	V
mm	mm	mm	mm	mm
37,7645	37,5232	0,2413	977,14	6,27
35,2410	35,0239	0,2171	977,27	6,02
32,7192	32,5202	0,1990	977,25	5,94
30,2012	30,0189	0,1823	977,15	5,90
27,6775	27,5165	0,1610	976,97	5,68
25,1578	25,0151	0,1427	976,81	5,54
20,1212	20,0120	0,1092	976,63	5,30
15,0890	15,0091	0,0799	976,76	5,17
10,0572	10,0059	0,0513	977,24	4,98
5,0290	5,0029	0,0261	978,07	5,07

Nur beiläufig erwähne ich noch folgende Dimensionen:

Abstand des ersten Linsenscheitels vom vorderen Fassungsrand	2,4 mm
„ „ letzten „ „ hinteren „	32,8 „
„ „ vorderen Fassungsrandes vom hinteren Fassungsrand	50,1 „

Daraus ergibt sich

Abstand des ersten Hauptpunktes vom ersten Linsenscheitel . .	2,6 mm
„ „ zweiten „ „ „ „ „	7,8 „
„ „ „ „ letzten „ „ „	7,1 „
Dicke des Systems	14,9 „
Abstand zwischen den Hauptpunkten (Interstitium)	5,2 „

C. Die Erfüllung der Sinusbedingung.

34. Durch die Bestimmung der Lage der achsialen Hauptpunkte ist es nun auch ermöglicht, die interessante Frage zu beantworten, ob bei dem untersuchten Objektiv die Sinusbedingung erfüllt ist. Ist nämlich letzteres der Fall, so wird, wie ich bereits oben erwähnte, die seitliche Brennweite $S = LC$ (Fig. 11) konstant. Um daher zu prüfen, ob die genannte Bedingung erfüllt ist, hat man nur die Werte von S für die einzelnen Zonen zu berechnen, wozu man sich direkt der Zahlen aus Tafel X bedienen kann. Man hat

$$S = \sqrt{G^2 + r^2} \dots \dots \dots 19)$$

wo

$$G = F - (H_0 - H) \dots \dots \dots 20)$$

ist. Rechnet man nach diesen Formeln, so erhält man die in Tafel XII unter S aufgeführten Zahlen. Diese Werte sind nun keineswegs konstant, indem sich ihre Extreme um 1,52 mm unterscheiden.

Tafel XII.

r	$H_0 - H$	F	G	S	G'	S'	Differenz
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
36,48	0,91	977,21	976,30	976,98	976,43	977,11	- 0,02
31,28	0,67	977,20	976,53	977,03	976,68	977,18	+ 0,05
26,07	0,55	976,85	976,30	976,65	976,84	977,19	+ 0,06
20,85	0,49	976,65	976,16	976,38	976,88	977,10	- 0,03
15,64	0,40	976,72	976,32	976,45	976,93	977,06	- 0,07
10,43	0,30	977,19	976,89	976,95	977,03	977,08	- 0,05
5,22	0,14	978,03	977,89	977,90	977,16	977,17	+ 0,04
					Mittel: 977,13		

Könnte es hiernach scheinen, als ob die Sinusbedingung nicht erfüllt sei, so überzeugt man sich jedoch leicht, daß die Differenzen von S lediglich von den Zonenfehlern herrühren. Um dies zu zeigen, habe ich die Rechnung nochmals unter der Annahme $F = \text{konst.} = 977,20 \text{ mm}$ durchgeführt. Zunächst erhält man bei konstantem F nach Formel 18) etwas veränderte Werte von H ; es ergibt sich $H_0 = 39,80 \text{ mm}$. Zwar sind diese Werte für das aberrationsfreie Objektiv noch nicht ganz streng richtig, da ja diejenige Ursache, welche die Zonenfehler in den F veranlaßt hat — sei es nun ein Fehler in der Gestalt der Flächen oder eine Ungleichförmigkeit in der Dichte des Glases — auch kleine Zonenfehler in den beobachteten Werten von r zur Folge haben muß. Immerhin wird aber durch die Einsetzung $F = \text{konst.}$ der Einfluß der Zonenfehler zum größten Teile beseitigt. Es ergaben sich so die Werte G' und S' in Tafel XII, und man sieht aus den in der letzten Spalte angegebenen Abweichungen vom Mittelwert $S' = 977,13 \text{ mm}$, daß nun die seitlichen Brennweiten S' innerhalb der Messungsunsicherheit konstant sind. Bei dem untersuchten Objektiv ist daher die Sinusbedingung erfüllt, also die Aberration außerhalb der Achse korrigiert, und sobald man durch Retusche die Zonenfehler beseitigen würde, kämen auch die seitlichen Brennweiten S in strenge Übereinstimmung. Der Mittelwert der S , der von der oben erwähnten Extrapolation von H_0 nicht mehr nachteilig beeinflusst wird, würde dann auch als der wahre Wert der Brennweite des ganzen Objektivs anzusehen sein; derselbe besitzt eine Genauigkeit, die nahe an 0,01 mm, d. h. ein Hunderttausendstel der Brennweite heranreicht.

Wollte man das in Rede stehende Objektiv in umgekehrter Lage benutzen, so wäre, wie aus dem parallelen Verlauf der Kurven für H und V folgt, der Sinussatz nicht mehr erfüllt, und es müßte daher eine merkliche Verschlechterung der Bilder ausgedehnter Objekte eintreten.

35. Nachdem ich im vorhergehenden die Methoden zur Messung der einzelnen Fehler eines Fernrohrobjektivs besprochen habe, soll noch mit einigen Worten auf die Anforderungen eingegangen werden, die an ein solches Objektiv zu stellen sind.

Ist die Sinusbedingung nicht erfüllt, so geben, auch wenn die sphärische Aberration streng korrigiert sein sollte, die einzelnen Zonen des Objektivs Bilder von verschiedener Größe, und daher tritt außerhalb der Achse sehr bald Unschärfe der Bilder und bei punktförmigen Objekten, wie z. B. Sternen, unsymmetrische Verwäsenheit (Koma) auf. Da hierdurch die scharfe Definition des Bildortes verloren geht,

so sollte bei allen Objektiven, die zu exakten Messungen in der Bildebene benutzt werden sollen, die Erfüllung der Sinusbedingung gefordert werden.

Die schädliche Wirkung der chromatischen Aberration ist in hohem Grade von der Natur des beobachteten Objektes und zum Teil auch vom Auge des Beobachters abhängig. Es ist daher nicht möglich, etwa aus den in Tafel VII zusammengestellten Werten aller F_2^r in einer allgemein gültigen Weise einen Mittelwert F_0 abzuleiten, welcher der Einstellung auf weißes Licht unter der Benutzung der vollen Öffnung entsprechen würde. Zwar kann man, wie in Abschn. 23 angegeben wurde, einen Näherungswert von F_0 durch direkte Beobachtung ermitteln, allein auch wenn dieser Wert bekannt ist, so ist es noch nicht möglich, die Größe und Intensität der in der F_0 entsprechenden Bildebene entstehenden Bildscheibchen einwandfrei zu berechnen. Die Regeln der geometrischen Optik versagen in diesem Falle, wo es darauf ankommt, die Wirkung des ganzen Objektivs aus der Wirkung seiner einzelnen Zonen zusammensetzen, vollständig, und nur beugungstheoretische Untersuchungen¹⁾ können hier zum Ziele führen. Da diese Untersuchungen jedoch auf so umständliche Rechnungen führen, daß ihre allgemeine Anwendung ausgeschlossen ist, so ist man genötigt, einen bequemeren, wenn auch weniger strengen Weg einzuschlagen. Da die beugungstheoretische Forderung, daß die Lichtwelle nach ihrem Durchgang durch das Objektiv die Form einer Kugelwelle haben soll, identisch ist mit der geometrischen Bedingung, daß sich alle Strahlen in einem Punkte schneiden, so kann die Größe der rein geometrisch berechneten Bildscheibchen zweifellos als ein Maßstab dienen, inwieweit obige Forderung der Beugungstheorie erfüllt ist. Mit dem wirklichen Durchmesser der Bildscheibchen in der Einstellungsebene haben die so geometrisch berechneten Werte jedoch nichts zu tun, ja, es wird häufig der Fall eintreten, daß das kleinste, bezw. schärfste und hellste Interferenzbild überhaupt nicht in der Einstellungsebene liegt, die geometrisch dem kleinsten Scheibchen entspricht.

Gänzlich anders verhält es sich dagegen mit dem Einflusse der chromatischen Abweichung. Da Strahlen verschiedener Wellenlänge nicht zu interferieren vermögen, so addieren sich einfach die Intensitäten aller den einzelnen Wellenlängen entsprechenden Beugungsbilder, und der Durchmesser des in irgend einer Einstellungsebene gelegenen Gesamtbildes ist durch das größte in dieser Ebene liegende monochromatische Beugungsbild bestimmt. Ist das Objektiv für die in Frage kommende Strecke des Spektrums nicht hinreichend achromatisch, so kann das kleinste, irgend einer Farbe entsprechende Beugungsscheibchen überhaupt niemals beobachtet werden, da in der betreffenden Ebene stets größere Scheibchen anderer Farben liegen. Es ergibt sich hieraus, wie wichtig es ist, die Farbkorrektion ganz abgesehen von dem etwaigen Betrage der Zonenfehler stets möglichst gut auszuführen oder auch, bei genügend hellen Objekten, durch Benutzung eines der Farbenkurve entsprechend gewählten Strahlenfilters die störenden Teile des Spektrums abzuschneiden.

36. Um in der geometrisch berechneten Größe der monochromatischen Zerstreuungsscheibchen einen einfachen und zuverlässigen Maßstab für die Güte des Objektivs zu haben, berechnet man dieselbe in folgender Weise. Man führt diese Rechnung am besten für diejenige Wellenlänge aus, welche dem Wendepunkte der Farbenkurve entspricht. Nach Abschn. 24 sind für diese Wellenlänge die Zonenfehler

¹⁾ Vgl. K. Strehl, Zonenfehler und Wellenflächen. *Diese Zeitschr.* **20.** S. 266. 1900; J. Wilsing, Über den Einfluß der sphärischen Abweichungen der Wellenfläche auf die Lichtstärke von Ferroobjektiven. *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam* **15.** Nr. 48. 1903.

bekannt; bei dem vorliegenden Objektiv sind es die in der Spalte $\lambda = 560 \mu\mu$ enthaltenen Zahlen der Tafel VII.

Zunächst ermittelt man den Wert F_0 , welcher dem kleinsten geometrischen Scheibchen entspricht. Man liest zu diesem Zwecke die dem Rande am nächsten liegenden Maxima und Minima der Kurve der Zonenfehler ab; es sind dies hier

$$\begin{aligned} r_1 &= 34 & F_1 &= 977,28 \\ r_2 &= 18 & F_2 &= 976,62. \end{aligned}$$

Der kleinste Bilddurchmesser tritt ein, wenn die von diesen beiden Zonen erzeugten Scheibchen gleich groß sind; hieraus folgt die Bedingung

$$(F_1 - F_0)r_1 = (F_0 - F_2)r_2,$$

woraus man erhält

$$F_0 = \frac{F_1 r_1 + F_2 r_2}{r_1 + r_2}.$$

(Zur Erleichterung der Rechnung kann man von allen F eine Konstante — etwa 976 — abziehen.) Aus obigen Zahlen ergibt sich hier $F_0 = 977,05$.

In der dem Werte F_0 entsprechenden Ebene erhält man dann den Durchmesser d der Zerstreuungsscheibchen aller Zonen aus

$$d = 2r \frac{F - F_0}{F_0} \dots \dots \dots 21)$$

und das Maximum der so berechneten d wird obigen Extremen F_1 und F_2 entsprechen. Sollte letzteres einmal nicht der Fall sein, sondern für irgend eine Zone r_3 ein noch größeres d resultieren, so ist F_0 mit r_3 und r_1 bzw. mit r_3 und r_2 neu zu berechnen. Auch im vorliegenden Beispiel tritt dieser Fall ein; man hat an Stelle des obigen r_2 die Rechnung mit

$$r_2 = 20 \quad F_2 = 976,64$$

zu wiederholen und erhält definitiv $F_0 = 977,04$. Erst dieser Wert ergibt dann das kleinste Scheibchen.

Man könnte nun einfach den Durchmesser dieses kleinsten Scheibchens, also den Maximalwert von d , als Maßstab für die Güte des Objektivs ansehen. Richtiger ist es jedoch, als solchen Maßstab einen Mittelwert aus den d aller Zonen zu verwenden, da es ja möglich ist, daß obiger Maximalwert nur von einer ganz schmalen und lichtschwachen Zone herrührt, die nur einen kleinen Bruchteil des gesamten Lichtes enthält. Den genannten Mittelwert bildet man unter Berücksichtigung der auf die einzelnen Zonen auffallenden Lichtmenge in der Form $\Sigma r d / \Sigma r$; endlich drückt man den so gefundenen mittleren Durchmesser des Scheibchens noch in Teilen der Brennweite aus, um auch Objektive verschiedener Dimensionen direkt miteinander vergleichen zu können, und multipliziert ihn, um nicht zu kleine Zahlen zu haben, mit 100000. Nennt man die so berechnete, für jedes Objektiv charakteristische Zahl T , so hat man demnach

$$T = \frac{100000}{F_0} \frac{\Sigma r d}{\Sigma r} = \frac{200000}{F_0^2} \frac{\Sigma r^2 (F - F_0)}{\Sigma r}, \dots \dots \dots 22)$$

wobei für die Größe $F - F_0$ nur die absoluten Beträge, ohne Beachtung des Vorzeichens einzusetzen sind. T ist der mittlere Durchmesser des geometrischen Zerstreuungsscheibchens in Teilen von $F_0/100000$ ausgedrückt und $2,0626'' \cdot T$ der scheinbare Durchmesser dieses Scheibchens in Bogensekunden. T ist identisch mit der von Lehmann zuerst¹⁾ eingeführten „technischen Konstanten“ des Objektivs. Später²⁾

¹⁾ Diese Zeitschr. 22. S. 108. 1902.

²⁾ Diese Zeitschr. 22. S. 327. 1902.

multiplizierte er diesen Ausdruck noch mit dem Öffnungsverhältnis, um auch Objektive verschiedener Typen miteinander vergleichbar zu machen; dies dürfte jedoch kaum eine Verbesserung sein, da dadurch die erwähnte einfache Bedeutung von T verloren geht und die Vergleichung verschiedenartiger Typen ja doch unter anderen Gesichtspunkten erfolgen muß.

Die Berechnung nach Formel 22) ergibt nun für das untersuchte Objektiv

$$T = 1,023.$$

Der mittlere Durchmesser des geometrischen Zerstreuungsscheibchens ist demnach $1,023 F_0 \cdot 10^{-5} = 0,010 \text{ mm}$ oder $2,11''$.

Nach meinen Erfahrungen hat man Objektive, für welche T den Wert 1,5 übersteigt, nur als „mäßig gute“ zu bezeichnen; bei guten Objektiven liegt T zwischen 1,5 und 0,5, und bei hervorragend guten ist T kleiner als 0,5; für das ideale, von Zonenfehlern freie Objektiv würde $T=0$ werden. Es wäre sehr zu wünschen, daß allseitig, insbesondere an den Sternwarten, genaue Objektivuntersuchungen nach den angegebenen Methoden ausgeführt und die gefundenen Aberrationskurven und Werte von T publiziert würden, da sich erst auf Grund eines umfangreichen Beobachtungsmaterials eine völlig zutreffende Klassifizierung der Objektive vornehmen läßt.

(Fortsetzung folgt.)

Über die Herstellung und den Gebrauch der Pentanthermometer.

Von

Rudolf Rothe in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In dieser Zeitschr. 22. S. 192. 1902 habe ich auf die Verwendbarkeit des „technischen Pentans“ als Füllflüssigkeit für Thermometer zum Gebrauch in tiefen Temperaturen bis hinab zum Siedepunkt der flüssigen Luft hingewiesen. Seither haben mehrere Fabrikanten von Glasinstrumenten¹⁾ sich mit der Herstellung solcher Thermometer erfolgreich befaßt. Im folgenden sollen einige Erfahrungen über die Herstellung und den Gebrauch der Pentanthermometer und die damit erreichbare Genauigkeit mitgeteilt werden. Daran schließt sich die Beschreibung eines bei den Messungen benutzten Platinwiderstandsthermometers.

1. Herstellung der Pentanthermometer.

Da die bei den Temperaturen -80° und -190° bestimmte Ausdehnungsformel für das technische Pentan

$$\frac{V_t}{V_0} = 1 + \alpha t + \beta t^2$$

a. a. O. vorläufig nur für ein Präparat ermittelt worden war, wurden die Beobachtungen wiederholt und zwar mit vier Dilatometern, von denen zwei mit der ersten Probe, zwei mit einer zweiten, gleich jener von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogenen, gefüllt worden waren. Von den Dilatometern waren ferner zwei mit einer eingebraunten Teilung in Millimeter entsprechend etwa $1,6^\circ$, zwei mit einer solchen in $0,75 \text{ mm}$ entsprechend etwa $0,7^\circ$ versehen.

Die Füllung geschah in der a. a. O. mitgeteilten Weise direkt mit der käuflichen Flüssigkeit. Ein fünftes Dilatometer mußte nach erfolgter Auswägung wegen eines

¹⁾ C. Richter, Berlin N., Johannisstr. 14/15; Dr. Siebert & Kühn, Kassel; R. Burger, Berlin N., Chausseestr. 2E.

Versehens bei der Füllung von neuem mit Quecksilber ausgekocht werden. Seine Konstante r (s. weiter unten) änderte sich dadurch um etwa 0,1 %.

Die Dilatometer wurden in einem Kohlensäure-Alkoholgemisch und in flüssiger Luft mit einigen an das Gasthermometer angeschlossenen Thermoelementen verglichen. Aus dem Stande der Dilatometer und den Konstanten derselben ergaben sich die folgenden Werte für die Ausdehnungskoeffizienten α und β .

Technisches Pentan Nr. 1.

$$\text{Dilatometer Nr. 25: } \alpha = 1,393 \cdot 10^{-3}, \beta = 1,358 \cdot 10^{-6},$$

$$\text{Dilatometer Nr. 29: } \alpha = 1,395 \cdot 10^{-3}, \beta = 1,357 \cdot 10^{-6},$$

$$\text{Mittelwerte: } \alpha = 1,394 \cdot 10^{-3}, \beta = 1,357 \cdot 10^{-6}.$$

Technisches Pentan Nr. 2.

$$\text{Dilatometer Nr. 55: } \alpha = 1,389_s \cdot 10^{-3}, \beta = 1,351 \cdot 10^{-6},$$

$$\text{Dilatometer Nr. 57: } \alpha = 1,389_s \cdot 10^{-3}, \beta = 1,350_e \cdot 10^{-6},$$

$$\text{Mittelwerte: } \alpha = 1,389_s \cdot 10^{-3}, \beta = 1,351 \cdot 10^{-6}.$$

Die Ausdehnungen der beiden Präparate stimmen also bis auf 0,4 % überein; diese Tatsache ist für die Anfertigung der Thermometer von Wichtigkeit, denn nur unter der Voraussetzung, daß als Füllung eine Substanz von bekannter Wärmeausdehnung benutzt werden kann, ist es möglich, ein Thermometer fundamental, d. h. durch Gradwertsbestimmung und Kalibrierung, zu bestimmen. Für die Pentanthermometer ist diese Art der Herstellung dann die einzig mögliche, wenn, wie es oft der Fall ist, dem Fabrikanten flüssige Luft nicht zur Verfügung steht, mit deren Hilfe er die zu teilenden Thermometer durch Vergleichung mit einem Normal einstellen könnte. Die Einheitlichkeit der Ausdehnung des von der Firma Kahlbaum in großen Mengen hergestellten technischen Pentans ist auch der Grund, weswegen die früher angestellten Versuche (a. a. O. S. 194), durch Mischungen verschiedener Kohlenwasserstoffe noch andere Thermometerflüssigkeiten zu finden, nicht fortgesetzt wurden.

Bezeichnet man mit x_t die Einstellung eines Pentanthermometers in Millimeter bei der Temperatur $t^\circ \text{C.}$, mit x_0 bei 0° , mit V_t und V_0 die entsprechenden Flüssigkeitsvolumina und mit q den mittleren Querschnitt der Kapillare, so ist

$$V_t = V_0 + (x_t - x_0) q.$$

Setzt man daher

$$r = \frac{V_0}{q} \quad \dots \dots \dots 1)$$

wobei diese Größe eine nur von den Dimensionen des Thermometers abhängige Konstante ist, so wird die Gradteilung für ein von Kaliberfehlern freies Instrument durch die Formel

$$x_t = x_0 + r(\alpha t + \beta t^2) \quad \dots \dots \dots 2)$$

gegeben.

Die Berechnung der Skale hängt also lediglich von der Bestimmung der Konstanten r ab. Diese ist entweder gemäß der obigen Formel 1) durch Auswägung zu ermitteln, oder dadurch, daß das mit Hülfssteilung (in *mm*) versehene Instrument bei einer bekannten (durch ein Normalinstrument zu bestimmenden) und von 0° verschiedenen Temperatur t abgelesen wird; dann ergibt sich nach der Gleichung 2)

$$r = \frac{x_t - x_0}{\alpha t + \beta t^2} \quad \dots \dots \dots 3)$$

Gelingt es, den Punkt -100° einzustellen, so ist jeder andere Skalenteil des Thermometers durch die Relation

$$x_t = x_0 + 0,01 \cdot (x_{-100} - x_0) \cdot \frac{\alpha t + \beta t^2}{100\beta - \alpha} \dots \dots \dots 4)$$

zu ermitteln. Für $t = +10^{\circ}$ bis $t = -200^{\circ}$ sind aus Spalte 2 der nachstehenden Tabelle I die Werte für $(\alpha t + \beta t^2)$ und aus Spalte 3 die Werte für $\frac{\alpha t + \beta t^2}{100\beta - \alpha}$ zu entnehmen.

Tabelle I.

1	2	3	1	2	3
t	$\alpha t + \beta t^2$	$\frac{\alpha t + \beta t^2}{100\beta - \alpha}$	t	$\alpha t + \beta t^2$	$\frac{\alpha t + \beta t^2}{100\beta - \alpha}$
+ 10°	+ 0,01403	+ 11,18	- 100°	- 0,12546	- 100,00
0	± 0	± 0	- 110	- 0,13652	- 108,82
- 10	- 0,01376	- 10,97	- 120	- 0,14731	- 117,42
- 20	- 0,02725	- 21,72	- 130	- 0,15784	- 125,81
- 30	- 0,04047	- 32,26	- 140	- 0,16809	- 133,98
- 40	- 0,05342	- 42,58	- 150	- 0,17806	- 141,93
- 50	- 0,06610	- 52,69	- 160	- 0,18777	- 149,67
- 60	- 0,07851	- 62,58	- 170	- 0,19721	- 157,19
- 70	- 0,09066	- 72,26	- 180	- 0,20638	- 164,50
- 80	- 0,10253	- 81,72	- 190	- 0,21528	- 171,60
- 90	- 0,11413	- 90,97	- 200	- 0,22390	- 178,47

Die Tabelle gilt, worauf besonders hingewiesen sei, hinsichtlich der Übereinstimmung mit dem Gasthermometer vorläufig *nur* bei -80° und bei -190° ; die Bestimmung der Abweichung vom Gasthermometer bei Zwischentemperaturen ist einer besonderen Untersuchung vorbehalten.

Daraus lassen sich leicht die für die Herstellung der Pentanthermometer nötigen praktischen Vorschriften herleiten. Das Volumen der Kapillare, genommen zwischen den Punkten 0° und -200° , muß im Volumen des Gefäßes, dieses gerechnet bis zum Punkte -200° , etwa $3\frac{1}{2}$ - (genauer 3,47-) mal enthalten sein. Alsdann ist, je nach dem Verfahren, welches man einschlagen will, die Teilung entsprechend den Formeln 2), 3) oder 4) unter Zuhilfenahme der Tabelle I vorzunehmen. Beiläufig sei bemerkt, daß sich der Punkt -100° bis auf etwa $0,05^{\circ}$ genau ermitteln läßt, wenn man das Intervall von 0° bis $-78,2^{\circ}$ um ein Viertel seiner Länge vermehrt. Die letztere Temperatur ist aber leicht durch ein Gemisch von fester Kohlensäure im Überschuß und absolutem Alkohol, der stets frisch zu nehmen ist, zu erhalten¹⁾ und nötigenfalls durch ein Normalthermometer zu kontrollieren. Den Punkt -200° erhält man übrigens in ähnlicher Weise angenähert (bis auf etwa $\frac{1}{4}^{\circ}$ genau), wenn man an die Strecke 0° bis -100° noch einmal das Intervall 0° bis $-78,2^{\circ}$ anfügt und die ganze Länge um ein Hundertstel ihres Betrages vermindert.

Daß es den Fabrikanten möglich ist, auf die angegebenen Weisen Pentanthermometer herzustellen, deren Skale nur relativ kleine Korrekturen aufweist, ergibt sich aus der Tatsache, daß von fünfundzwanzig in der Reichsanstalt in etwa einem Jahre geprüften Instrumenten die Hälfte bei der Siedetemperatur der flüssigen Luft kleinere Korrekturen als 1° besaß, bei fünf Stück betragen sie noch bis 2° , bei

¹⁾ Vgl. F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 1901. S. 159. Die Abweichung des Barometerstandes vom Normalwert 760 mm ist mit etwa $0,02^{\circ}$ auf 1 mm in Ansatz zu bringen.

vier Stück bis 3° und nur bei einem, offenbar versehentlich falsch geteilten 5°. In diesen Korrekturen sind übrigens die Fehler des Kalibers und der Einstellung beim Nullpunkt mit enthalten.

2. Temperaturmessung mittels des Pentanthermometers.

Will man mit dem Pentanthermometer eine genauere Messung sehr tiefer Temperaturen (z. B. in flüssiger Luft) vornehmen, so hat man zu beachten, daß die Abkühlung, namentlich von etwa -150° ab, langsam genug erfolgt; anderenfalls bleiben an den Wandungen der Kapillare Flüssigkeitsteile hängen, welche bewirken, daß die gemessene Temperatur zu niedrig erscheint. Es ist deshalb zweckmäßig, den oberen Teil der Kapillare einige Zeit auf Zimmertemperatur zu halten oder mit der Hand anzuwärmen, da wegen des niedrigen Siedepunkts des technischen Pentans (rund 25°) schon hierdurch haftengebliebene Flüssigkeitsteile herabdestillieren. Um ferner eine hinreichend flache und gleichmäßige Kuppenbildung zu erhalten, sollten die Instrumente nur bei steigender Temperatur abgelesen werden, von welcher Regel man, wie bekannt, bei jeder genaueren Beobachtung mit Flüssigkeitsthermometern, auch bei Quecksilberthermometern, Gebrauch zu machen hat. Die dann erreichbare Genauigkeit beträgt bei den in ganze Grade geteilten Instrumenten etwa $0,1^{\circ}$. Bei den Stabthermometern ist unter Umständen auf den parallaxtischen Fehler zu achten, bei den allerdings bequemer abzulesenden und auch wohl leichter herzustellenden Einschlußthermometern außerdem darauf, daß der „Faden“ den Temperaturänderungen des Bades nur langsam folgt. Für genauere Messungen empfehlen sich deshalb stets Stabthermometer.

Sowohl bei den Instrumenten der Reichsanstalt wie auch bei den zur Prüfung vorgelegten wurden wiederholt Versuche über ihre Brauchbarkeit bei längerem Verweilen in flüssiger Luft angestellt. Durch die *a. a. O.* erwähnten Vorversuche war gezeigt worden, daß die Thermometerflüssigkeit auch nach mehrstündigem Eintauchen in die flüssige Luft noch klar und durchsichtig blieb. Die nachstehenden Ablesungen eines Thermometers, das sich zuvor schon vier Stunden in einer flüssigen Luft enthaltenden Vakuumgefäß befunden hatte, lassen erkennen, daß das Instrument noch deutlich dem Temperaturanstieg des Bades folgte.

Zeit:	3 ^h 05 ^m	3 ^h 07 ^m	3 ^h 09 ^m	3 ^h 11 ^m	3 ^h 13 ^m	3 ^h 15 ^m	3 ^h 18 ^m	3 ^h 20 ^m
Ablesung:	- 187,37	187,35	187,30	187,25	187,15	187,05	186,98	186,95° C.

Auch die nachfolgenden Messungen mit empfindlicheren Thermometern zeigen, daß die Dauer des Verweilens in der tiefen Temperatur keinen Einfluß auf die Angaben des Thermometers hat.

Bei fast allen Thermometern, welche einer wiederholten Prüfung unterworfen werden konnten, ist ein schwacher Anstieg des Eispunktes beobachtet worden, welcher durch eine Kontraktion des Gefäßes zu erklären ist. Der höchste beobachtete Betrag war $0,2^{\circ}$ in einem Zeitraum von einem Jahr. Es erscheint also auch für diese Thermometer zweckmäßig, sie einem künstlichen Alterungsprozeß zu unterwerfen, welcher natürlich vor der Füllung stattzufinden hat.

Die gute Übereinstimmung der gewöhnlichen, in ganze Grade geteilten Thermometer gab den Anlaß, auch Pentanthermometer mit größerer Empfindlichkeit zu untersuchen. Es war hier zunächst erforderlich, festzustellen, ob ein derartiges Instrument kleinen Temperaturänderungen noch mit hinreichender Sicherheit folgt. Zu dem Zweck wurde je ein Stabthermometer und ein Einschlußthermometer verfertigt, welches

um den Nullpunkt eine Teilung besaß, sodann eine rund 150 Grad fassende Erweiterung und danach eine hinreichend fein geteilte Kapillare für das Temperaturgebiet der flüssigen Luft (-180° bis -200°). Bei dem Stabthermometer war ein Intervall etwa gleich $\frac{1}{10}$ Grad, bei dem Einschlußthermometer etwa gleich $\frac{1}{10}$ Grad. Beide Thermometer wurden in einem größeren, mit flüssiger Luft gefüllten Vakuumsgefäß bei langsam steigender Temperatur mit dem weiter unten beschriebenen Platinthermometer verglichen, dessen Angaben auf das Wasserstoffthermometer bezogen werden konnten. Auf diese Weise wurden auch die Skalen der beiden Pentanthermometer auf die Wasserstoffskale bezogen. Mit dem Platinthermometer ließ sich ohne erhebliche Mühe die Temperatur des Bades relativ bis auf etwa $0,01^{\circ}$ bestimmen. In der folgenden Tab. 2 sind die Temperaturen gemäß den Angaben des Platinthermometers bzw. der beiden Pentanthermometer mitgeteilt.

Tabelle 2.

Platinthermometer	Pentan- Stabthermometer	Δ	Pentan- Einschlußthermometer	Δ	Be- merkungen
- 188,61°	- 188,64°	- 0,03°	- 188,63°	- 0,02°	Erste Beobachtungsreihe
34	37	- 3	35	- 1	
13	14	- 1	12	+ 1	
- 187,85	- 187,86	- 1	- 187,84	+ 1	
59	59	0	58	+ 1	
32	32	0	32	0	
16	14	+ 2	-	-	
- 186,99	- 186,97	+ 2	-	-	
79	79	0	-	-	
52	53	- 1	-	-	
28	26	+ 2	-	-	
- 186,93	- 186,96	- 0,03	- 186,97	- 0,04	
77	78	- 1	75	+ 2	
09	08	+ 1	07	+ 2	
- 185,89	- 185,88	+ 1	- 185,87	+ 2	
73	71	+ 2	75	- 2	
38	38	0	-	-	

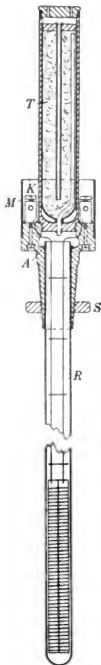
Zwischen den beiden Beobachtungsreihen, von denen die erste etwa 2 Stunden, die zweite etwa 1 Stunde dauerte, wurden die Instrumente auf Zimmertemperatur erwärmt und nach einer halbstündigen Pause wieder in die flüssige Luft getaucht. Die in den Spalten Δ berechneten Differenzen gegen die Temperaturangabe des Platinthermometers lassen, abgesehen von einzelnen Schwankungen, einen gewissen Gang erkennen, den man leicht aus der verschiedenen Trägheit der Instrumente erklären kann; wegen des gläsernen Schutzrohres um den Widerstandsdraht folgt das Platinthermometer langsamer den Temperaturänderungen; die Flüssigkeitsthermometer zeigen deshalb zuerst niedriger, danach höher als jenes. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes bleiben für die Differenzen Beträge von etwa $\pm 0,02^{\circ}$, welche nicht durch Schätzungsfehler allein zu erklären sind. Man wird demnach sagen können, daß es möglich ist, mit Pentanthermometern bei etwa -190° Temperaturdifferenzen mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 0,02^{\circ}$ zu messen, vorausgesetzt, daß die Thermometer bei steigender Temperatur beobachtet werden.

Erhebliche Fehler bei derartigen Messungen kann die Strahlung verursachen; eine etwa 30 cm von den Instrumenten entfernte Glühlampe bewirkte einen Fehler von mehr als $0,05^{\circ}$. Auch durch Schichtenbildung in der flüssigen Luft, namentlich

in gut evakuierten Gefäßen können Fehler entstehen, welche man z. B. nach dem Vorgang von Behn und Kiebitz¹⁾ durch eine kleine, das Sieden befördernde, elektrisch erwärmte Spirale vermeiden kann.

3. Das Platinthermometer.

Bei den im Vorstehenden mitgeteilten Messungen mußte das Platinthermometer mehrere Stunden lang in der tiefen Temperatur verweilen. Unter solchen Bedingungen bietet die gewöhnliche Callendar'sche Form desselben einige Fehlerquellen dar. Besonders notwendig ist es, dafür zu sorgen, daß die Luft im Innern des Schutzrohres hinreichend trocken ist; andernfalls nämlich pflügt sich die Feuchtigkeit der Luft auf den Glimmerscheiben, welche die Zuleitungsdrähte voneinander isolieren, allmählich niederzuschlagen, sodaß veränderliche Nebenschlüsse zum Platinwiderstande entstehen können. Diese machen sich dann während der Messung dadurch bemerkbar, daß das Galvanometer keine konstante Einstellung annimmt, sondern „kriecht“. Chappuis und Harker²⁾, welche auf diese Fehlerquelle besonders hingewiesen haben, vermieden sie bei ihren Messungen in höheren Temperaturen dadurch, daß sie den Widerstandsdraht in ein hermetisch verschlossenes Schutzrohr brachten, welches durch einen Hahn mit trockener Luft gefüllt werden konnte, während das Thermometer auf 100° erwärmt wurde. Bei dem im nachstehenden beschriebenen Platinthermometer wurde derselbe Zweck durch eine am Instrument selbst angebrachte Trockenvorrichtung erreicht (vgl. die Figur).



Diese Trockenvorrichtung *T* ist im hohlen Handgriff des Thermometers untergebracht; sie besteht aus einem, mit Phosphorpentoxid oder Chlorkalzium und etwas Glaswolle gefüllten Glasrohr, welches so eingerichtet ist, daß zwar die durchstreichende Luft, nicht aber Teile des Trockenmittels in das Thermometerrohr *R* gelangen können. Dieses ist mit Paraffin bei *A* in die Fassung eingekittet und wird außerdem durch eine mit konischem Gewinde versehene Vorrichtung *S* gehalten. Die Zuführungsklemmen *K* sind zur Verminderung störender Thermokräfte, welche durch Bestrahlung und durch Luftströmungen entstehen können, durch eine blank polierte, leicht abzunehmende Messinghülse *M* geschützt. Das Thermometer besitzt je zwei Potential- und Stromklemmen, mit welchen die vier aus Platin bestehenden Zuführungsdrähte zum eigentlichen Widerstand durch Anlöten verbunden sind. Dieser ist auf ein kleines Glimmerkrenz bifilar aufgewickelt, nachdem er ebenso wie die mit ihm im Gebläse verschmolzenen Zuführungsdrähte vorher elektrisch ausgeglüht war. Die Abmessungen des Kopfes sind möglichst schlank gehalten für

den Fall, daß mehrere Instrumente in einem Vakuumgefäß verglichen werden sollen, sodaß es nicht nötig ist, die Dimensionen des letzteren zu groß zu nehmen.

Mit derartigen Instrumenten, welche über ein weites Temperaturintervall brauchbar sind, wurden Messungen sowohl in flüssiger Luft, wie auch in Temperaturen

¹⁾ U. Behn und F. Kiebitz, *Ann. d. Physik* **12**, S. 423, 1903.

²⁾ Chappuis und Harker, *Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures* **12**, S. 18, 1900.

über 0° bis gegen 500° ausgeführt. Hier sei nur eine Meßreihe mitgeteilt, welche die Vergleichung zweier Widerstände mit offenen Klemmen (P_3 , P_3 ; englisches Modell) und dreier Widerstände der beschriebenen Form (R_1 , R_4 , R_5) mit einem Manganwiderstand von 10 Ohm darstellt. Die Platinwiderstände befanden sich in flüssiger Luft. Die mitgeteilten Zahlen sind die an Kompensationsapparat abgelesenen Spannungen; zu jedem Widerstand gehören zwei Werte der Spannung, welche, der Richtung des Meßstromes entsprechend, durch die Bezeichnungen I und II unterschieden werden. Ihre Differenz gibt ein Maß für die an den Klemmen auftretenden Thermokräfte, welche bei R_1 , R_4 , R_5 erheblich kleiner und konstanter sind als bei P_3 und P_3 .

Tabelle 3.
10 Ohm (Manganin) bei 19° C.:

↓	I 20001,0	+ 0,5	I 19997,9	+ 0,3	↑
	II 20001,5		II 19998,2		
	Platinwiderstand P_3 in flüssiger Luft:				
	I 4118,2	- 2,8	I 4123,5	- 4,4	} Englische Form
	II 4115,4		II 4119,1		
	Platinwiderstand P_3 in flüssiger Luft:				
	I 2416,9	+ 10,3	I 2419,1	+ 9,2	
	II 2427,2		II 2428,2		
	Platinwiderstand R_1 in flüssiger Luft:				} Neuere Form
	I 3781,6	- 1,6	I 3783,5	- 1,3	
	II 3780,0		II 3782,2		
	Platinwiderstand R_4 in flüssiger Luft:				
	I 3909,0	- 0,6	I 3909,8	- 0,4	
	II 3908,4		II 3909,4		
	Platinwiderstand R_5 in flüssiger Luft:				
	I 3804,8	+ 0,8	I 3804,5	+ 0,7	
	II 3805,6		II 3805,2		

Einheit: 10^{-6} Volt.

Über die Anwendung des Stereo-Komparators für die Zwecke der topographischen Punktbestimmung.

Von
Dr. C. Pulfrich in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

In der in dieser Zeitschr. 23. S. 317. 1903 veröffentlichten Arbeit „Über einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereo-Photogrammetrie für die Zwecke der Topographie“ hatte ich erwähnt, daß von seiten der Topographischen Abteilung der Landesaufnahme in diesem Herbst noch ein zweiter Versuch zur Ausführung gebracht sei, und daß dieser Versuch die praktische Brauchbarkeit der Stereo-Photogrammetrie

auch für die Zwecke der *Punktbestimmung* bei der Anfertigung eines topographischen Stadtplanes im Maßstabe 1 : 25 000 habe erkennen lassen. Ich möchte jetzt auch über diesen Versuch und über die in meinem Laboratorium zusammen mit Hrn. Topographen Seliger bewirkte Ausmessung der Platten kurz berichten und im Anschluß daran einige Gesichtspunkte erörtern, welche sich aus dieser gemeinsamen Arbeit ergeben haben und welche für die Beurteilung der Stellung der Stereo-Photogrammetrie zur alten Photogrammetrie und zum Meßtischverfahren von Bedeutung sind. Im wesentlichen betrachten wir unsere Versuche zur praktischen Erprobung der stereophotogrammetrischen Methode für die Zwecke der Topographie hiermit als abgeschlossen.

Der Versuch selbst bestand darin, daß mit der früher von uns benutzten Kamera zwei Aufnahmen der Stadt Fulda vorgenommen wurden — die Platten wiederum in einer vertikalen Ebene, die Standlinie gleich 99,3 m — und daß nach diesen Aufnahmen etwa zwanzig Punkte im Maßstabe 1 : 10 000 bestimmt wurden. Die ganze Arbeit war die gleiche wie bei dem ersten Versuch; der einzige Unterschied bestand darin, daß im vorliegenden Falle die beiden Aufnahmestationen nicht in der gleichen Höhe gelegen waren, der Höhenunterschied betrug rund 5 m. Ich habe diesen Fall in meinen früheren Publikationen ausführlich besprochen und für die Justierung der Platten auf dem Stereo-Komparator die Vorschrift gegeben, daß der Plattenhorizont auf beiden Platten der Horizontalschlittführung des Stereo-Komparators parallel gerichtet sein müsse (vgl. *diese Zeitschr.* 22, S. 136, 1902, Fig. 7). Dementsprechend ist die In Anrechnung zu bringende Basis gleich der Horizontalprojektion der gemessenen Standlinie, ebenso ist die am Apparat abgelesene parallaktische Differenz gleich der Horizontalprojektion der tatsächlich auf dem Plattenpaar vorkommenden parallaktischen Verschiebungen, während die in die Richtung der Vertikalen fallende Komponente der Verschiebungen, welche sich beim Übergang vom Strichkreuz zur Landschaft und in dieser von einem Punkte zum anderen bemerkbar macht, jedesmal durch die hierfür vorgesehene Höhenstellschraube der rechten Platte zum Verschwinden gebracht wird und daher auf die Messung ohne Einfluß ist. Auch in Bezug auf diesen Punkt gab unser Versuch zu keinerlei Bedenken Anlaß, und die stereoskopische Messung der einzelnen Punkte gelang ohne Schwierigkeit.

Die Verifikation der Mehrzahl der von uns gemessenen Punkte — Kirchen, Schornsteine und Häuser — bleibt dem späteren Vergleich seitens der Landesaufnahme vorbehalten. Bei drei Punkten — Kirchen in 2000 bis 3000 m Entfernung vom Standpunkt M_1 , der Aufnahme — konnte dieser Vergleich sofort vorgenommen werden. Es wurden hierbei die von uns gemessenen Entfernungen der drei Punkte von M_1 bis auf einige Meter in Übereinstimmung gefunden mit denjenigen Entfernungen, welche sich aus dem neuen, in Vorbereitung befindlichen Meßtischblatte der Stadt Fulda ergaben. Ferner wurden die von uns gemessenen Höhen der drei Punkte bis auf 0,1, 0,0 und 0,5 m Abweichung gleich den trigonometrisch gemessenen Höhen gefunden.

Hierauf wurden noch die Entfernungen der drei Punkte *voreinander* gemessen, auf $\frac{1}{10}$ reduziert und die so erhaltenen Strecken zwischen die Spitzen eines Zirkels genommen; die Zirkelspitzen fielen dann genau in die auf dem Meßtischblatte angegebenen Stiche der trigonometrischen Messung hinein.

Nach diesem Versuch steht somit der Anwendung der Stereo-Photogrammetrie für die Zwecke der topographischen Punktbestimmung für Pläne im Maßstab 1 : 25 000 selbst bei Benutzung einer wesentlich kürzeren Standlinie als 100 m und einer er-

hehlich kürzeren Brennweite des Aufnahmeobjektivs als 245 mm nichts im Wege. Selbstverständlich ist dies nicht auf beliebig weite Entfernungen zu verstehen, in unserem Falle unter den angegebenen Versuchsbedingungen für den Maßstab 1 : 10 000 und bei größtmöglicher Sorgfalt in der Bestimmung der Parallaxe a bis zu Entfernungen von rund 3000 m. Darüber hinaus wächst die Unsicherheit in der Punktbestimmung schnell über das zulässige Maß, und es fragt sich, ob und wie auch hier die gleiche Sicherheit in der Punktbestimmung zu erreichen sein wird wie auf den nahen Entfernungen.

Fragen wir uns zunächst nach der Art und Größe dieser Unsicherheit. Es ist sofort zu sehen, daß die Lage des von M_1 nach dem Endpunkte von x gezogenen Strahles (M_1P in Fig. 1, a. a. O. S. 325) durch die Ablebung des Wertes x bis auf 0,1 bzw. 0,05 mm bis zu den weitesten Entfernungen ausreichend sichergestellt ist. Die Unsicherheit in der Lage des Punktes P erstreckt sich somit fast ausschließlich in der Richtung des Strahles M_1P .

Für die Größe der Unsicherheit müssen daher fast ausschließlich die Fehler in der Entfernungsbestimmung (vgl. die Fehlerangaben a. a. O. S. 330) verantwortlich gemacht werden. Übereinstimmend mit dem schnellen Anwachsen dieser Fehler — sie wachsen bekanntlich mit dem Quadrat der Entfernung — wird bei der von uns angewandten Konstruktion die Lage des Punktes S und der durch ihn gelegten Ebene SE infolge des immer spitzer werdenden Winkels bei S immer unsicherer. Um dieser Unsicherheit nach Möglichkeit zu begegnen, hatte ich vorgeschlagen, die Konstruktion je nach Bedürfnis mit $10 \cdot a/2$ und $10 \cdot B/2$, oder mit $10a$ und $10B$, oder endlich mit $10 \cdot 2a$ und $10 \cdot 2B$ vorzunehmen (vgl. Fig. 2, S. 328), und wir haben bei dem vorliegenden Versuch bestätigt gefunden, daß man bei einiger Sorgfalt der Zeichnung mit dieser Konstruktion für den Maßstab 1 : 10 000 ausreicht, d. h. die gesuchten Entfernungen bis zu 3000 m bis auf wenige Meter in Übereinstimmung mit der Rechnung erhält. In Anbetracht der praktisch erreichbaren Genauigkeit der Parallaxenmessung (0,01 mm) hat es natürlich keinen Zweck, die Konstruktion mit noch größeren Strecken als $20a$ und $20B$ zu bewerkstelligen.

Das erste, nächstliegende Verfahren, die Fehler der Entfernungsmessung zu vermindern, besteht in der Vergrößerung der Standlinie. Auch ist sofort klar, daß, wenn wir z. B. auf 6000 m die gleiche Sicherheit in der Ortsbestimmung des Punktes P erzielen wollen, wie in 3000 m Entfernung, wir unsere Standlinie von 100 m mindestens auf das Vierfache, also auf mindestens 400 m vergrößern müssen. Im übrigen wird man die Entscheidung darüber, wie groß die Standlinie zu nehmen ist, und ob man überhaupt mit einer einzigen Standlinie auskommt, von der Entfernung bzw. der Tiefenausdehnung der Messung zugänglichen Landschaft abhängig zu machen haben. Die beiden Standlinien legt man zweckmäßig so, daß man den Punkt M_1 für beide Stereo-Aufnahmen und wenn möglich auch die Achsenrichtung beibehält. In diesem Falle würden wir mit drei Aufnahmen auskommen. In ausgedehntem, ebenem Terrain wird man vielleicht aus diesem Verfahren und einer sinngemäßen weiteren Ausbildung desselben mancherlei praktischen Nutzen ziehen können.

Ein anderer von Hrn. Seliger vorgeschlagener Weg, zum Ziele zu gelangen, besteht darin, daß wir die zu messenden, etwa zwischen 3000 und 6000 m gelegenen Objekte zweimal und zwar mit zwei relativ kurzen, aber weit auseinander liegenden und unter einem Winkel von 45° bis 90° zueinander geneigten Standlinien stereophotogrammetrisch aufnehmen und die beiden alsdann um mehrere Tausend Meter voneinander abstehenden Stationenpunkte M_1 und die Richtung der Achsen bzw. der Standlinien durch trigonometrische

Messung oder durch Einschnitt auf dem Meßtisch festlegen. Dadurch bietet sich uns die Möglichkeit, die auf Grund der ersten Aufnahmen ermittelte Lage der in Frage stehenden Punkte zu revidieren und zu präzisieren, und wir sehen auch nach obigem sofort, *dafs der wahre Ort des Punktes P gegeben ist in dem Durchschnittspunkt der von den beiden Stationspunkten M_1 nach Mafsgabe der beiden X-Koordinaten gezogenen Strahlen $M_1 P$.*

Die vorbezeichnete zweimalige stereophotogrammetrische Aufnahme der in Frage stehenden Punkte bietet den großen Vorteil, daß der zu messende Punkt jedesmal von zwei Seiten sicher identifiziert wird, was sonst in der Regel nur durch den dritten Schnitt erreicht wird. Auch eignen sich die Ablesungen am Stereo-Komparator, was hier aber nur angedeutet werden soll, zur *rechnerischen* Bestimmung von Punkten, und es eröffnen sich neue Ausblicke auf die Triangulation dichtgedrängter Punkte (in Städten und Industriebezirken).

Übrigens kann unsere Aufgabe in den Fällen, wo über die Identität der einzelnen Punkte keinerlei Zweifel bestehen, auch mit *einer einzigen stereophotogrammetrischen und einer einzigen photogrammetrischen Aufnahme mit weit abgelegem Stationspunkt* gelöst werden, und es wären dann für die in Frage stehende Punktbestimmung im ganzen nur drei Aufnahmen erforderlich.

In dem einen wie in dem anderen Falle kann, da die definitive Ortsbestimmung des auf dem Strahl $M_1 P$ gelegenen Punktes P nicht mehr durch die Messung der stereoskopischen Parallaxe bewirkt wird, eine nicht unerhebliche Verkürzung der Standlinie für die stereophotogrammetrischen Aufnahmen — bis auf 10 m und weniger — Platz greifen. Auf einem Schiff wird man natürlich die durch die Schiffslänge gegebene Basis jederzeit beibehalten.

Das zuletzt beschriebene Verfahren bedeutet, wie wir sofort sehen, eine Art *Kombination der stereophotogrammetrischen nicht nur mit der bisherigen photogrammetrischen Methode, sondern auch mit der rechnerischen Triangulation.* Daß der Stereo-Komparator ohne weiteres auch als Meßinstrument für die Ausmessung photogrammetrischer Platten der alten Methode benutzt werden kann, habe ich bisher noch nicht ausdrücklich ausgesprochen. Doch ist bereits früher von mir — vgl. *diese Zeitschr.* 22. S. 71. 1902 — ganz allgemein auf die Verwendung des Stereo-Komparators als *Meßinstrument im monokularen Gebrauch der Mikroskope* hingewiesen worden. Für die vorliegende Aufgabe ist in dem Stereo-Komparator ein solcher Meßapparat gleich für beide Platten gegeben. Die Platten würden also ebenso wie zwei Stereo-Aufnahmen auf dem Apparat zu befestigen und so zu justieren sein, daß der Vertikalstrich auf die Mitte — den Nullpunkt — des Horizontalmaßstabes am Hauptschlitten einsteht, und es können dann, indem man abwechselnd in die unmittelbar neben einander liegenden Mikroskope schaut, die identischen Bildpunkte auf beiden Platten in größter Bequemlichkeit miteinander verglichen und in Bezug auf die ihnen zukommenden Bildpunktkoordinaten x und y ausgemessen werden.

Somit stellt sich der Stereo-Komparator ohne weiteres auch in den Dienst der alten Photogrammetrie und der Triangulation, und es ist klar, daß damit für sie ein Hilfsmittel geschaffen ist, wie man es sich kaum besser wünschen mag. In der Tat kommen damit eine ganze Reihe der Unvollkommenheiten und Mühseligkeiten der photogrammetrischen Methode, die durch die früher übliche Entnahme der Maße aus den Papierkopien mittels des Zirkels entstehen, in Wegfall.

Noch in weit höherem Grade ist das aber der Fall, sobald wir der Punktbestimmung nach dem photogrammetrischen Verfahren *die Ausmessung einer oder mehrerer Stereo-Aufnahmen vorausgehen lassen.* Damit entfällt nämlich auch die letzte Schwierigkeit

der alten Methode, die des Identifizierens gleicher Bildpunkte auf beiden Platten. Denn die auf Grund einer Stereo-Aufnahme ausgeführte angenäherte Ortsbestimmung des Punktes P reicht vollkommen aus, um an der Hand des Planes den betreffenden Punkt auf dem zweiten Bilderpaar bezw. auf dem einzelnen Bilde — letzteres käme nach erfolgter Auswertung des Stereopaars rechts auf dem Komparator zu liegen — wiederzufinden und die wandernde Marke bezw. die Meßmarke angenähert auf den betreffenden Punkt einzustellen, ohne daß ein Aufsuchen desselben mit Hilfe der Mikroskope erforderlich wäre. Die in M_1 erhaltene Platte P_1 des Stereopaars würde hierbei des beständigen Vergleichens halber vorteilhaft auf dem Stereo-Komparator verbleiben.

Damit ist der Photogrammetrie neben der Stereo-Photogrammetrie und dem Meßtischverfahren ein Feld der Betätigung gewonnen, die diesen beiden Methoden, wie wir gesehen haben, nur zweckdienlich sein kann.

Zum Schluß möchte ich nur noch darauf hinweisen, daß ein mit dem beschriebenen Verfahren der Punktbestimmung fast vollkommen übereinstimmendes Verfahren bei der Meßtischaufnahme schon seit langer Zeit mit Vorteil benutzt wird. In Fällen nämlich, wo es sich darum handelt, einen entfernten Punkt auf dem Meßtisch einzutragen — sogenanntes Vorwärts-Einschneiden — verfährt man nach dem mir durch Hrn. Seliger gemachten Mitteilungen oft so, daß man nach erfolgter Festlegung der Richtungslinie, in der der Punkt von einer bestimmten Stelle aus gesehen wird, den Meßtisch an einer 100 bis 200 m seitwärts gelegenen Stelle neu aufstellt und hier durch nochmaliges Anschneiden des Punktes in erster Annäherung eine Bestimmung des Ortes vornimmt. Das genügt dann, um bei späterer Gelegenheit von einer mehr seitwärts gelegenen Station aus den betreffenden Punkt ohne jede Mühe wiederzufinden und durch ein nochmaliges Anschneiden jetzt definitiv auf dem Meßtisch festzulegen.

Die Vorteile des im vorstehenden erörterten Verfahrens werden sich in erster Linie bei der Anfertigung von topographischen Städteplänen und bei Küstenaufnahmen vom Schiffe aus bemerkbar machen. Die weitere Anwendung und Ausbildung des Verfahrens bleibt der Zukunft überlassen.

Jena, im Dezember 1903.

Referate.

Der Zyklograph von Ferguson.

Von Th. Ferguson. Sonderabdruck aus „De Ingenieur, Organ van het Kon. Instituut van Ingenieurs etc.“ 1903, Nr. 45. 8°. 16 S.

Seinen beiden hier schon besprochenen Instrumenten, dem Hodographen und dem Pedographen, jener zur automatischen Aufnahme von auf Wasserflächen, im Boot oder Schiff, zurückgelegten Wegen (*diese Zeitschr.* 23. S. 50. 1903), dieser zur selbsttätigen Aufzeichnung des Lageplans von Strecken bestimmt, die von einem Fußgänger besritten werden (*diese Zeitschr.* 23. S. 277. 1903), hat derselbe Erfinder nun auch ein Instrument folgen lassen, das die automatische Aufnahme des von einem das Instrument tragenden Fahrzeug zurückgelegten Wegs besorgt und das er *Zyklograph* genannt hat. Es ist besonders zur Anwendung auf dem Fahrrad bestimmt, kann aber, wie schon angedeutet, auch über dem Rad eines andern Fahrzeugs angebracht werden.

Wesentlich ist, daß im Vergleich mit dem Pedographen die *Längenmessung* durch die Anzahl der Radumdrehungen bei bekanntem Radumfang (statt durch die Schrittzahl des

Aufnehmenden) geschieht, also jedenfalls sicherer ist als dort und auch bei mäßigen Steigungen, die mit dem Fahrzeug noch überwunden werden können (also z. B. auch dort, wo das Fahrrad geschoben werden muß), noch ziemlich so gut wie in der Ebene bleibt ($\cos 2^\circ$ z. B. erst 0,06% kleiner als 1, $\cos 6^\circ$ erst 0,55% kleiner als 1), während beim Pedographen der Schritt des das Instrument Tragenden schon bei kleinen Steigungen und Gefällen von z. B. nur 3% = 1,7° oder 5% = 2,9° wesentlich anders und auch viel unregelmäßiger zu sein pflegt als in der Ebene. Übrigens kann man bei Messung oder Schätzung der Gefälle und Steigungen der einzelnen Strecken die durch den Radumfang erhaltenen Längenmaße noch schärfer auf die Horizontale reduzieren. Darin liegt der eine große Vorzug dieses neuen Instruments. Der zweite ist der, daß die Aufnahme noch wesentlich rascher gemacht werden kann als mit dem Pedographen: ist man bei diesem auf Gehgeschwindigkeit beschränkt, so erhält

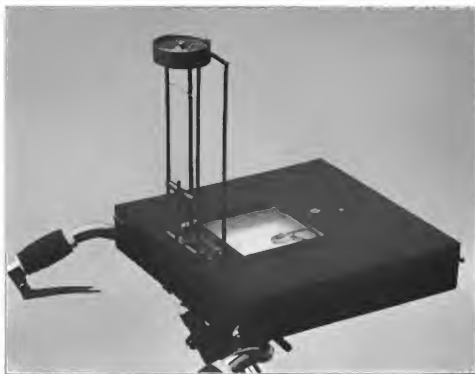


Fig. 1.

man dort den zurückgelegten Weg noch bei ziemlich raschem Fahrradtempo aufgezeichnet. Ferguson hat z. B. auf einer Strecke von rund 11 km Länge in noch nicht ganz $\frac{1}{4}$ Stunden eine sehr gute Aufnahme erhalten.

Was die Einrichtung des Instruments angeht, so ist unter der Annahme, daß es auf einem Fahrrad gebraucht werden soll, allgemein folgendes zu sagen. In einem flachen Kästchen, das horizontal an der Lenkstange des Fahrrads befestigt ist (Fig. 1), liegt ein Blatt Zeichenpapier, auf das der Fahrende sehen kann, sodaß die Aufzeichnung vor seinen Augen vor sich geht; mit Hilfe von darauf gezogenen Parallellinien, die die Richtung des magnetischen Meridians anzugeben haben, ist nach Maßgabe der ebenfalls vor dem Fahrenden, aber ziemlich hoch über dem Kästchen (über die Stahlteile des Rads emporgehoben) angebrachten Bussole (vgl. Fig. 1) dieses Blatt orientiert zu halten. Das Papier verschiebt sich nun durch das Vorwärtstreiben des Rads in dessen Längsachse mit Hilfe eines besondern Mechanismus nach rückwärts, sodaß von einem auf dem Papier aufliegenden Schreibstift eine Linie gezogen wird. Bewegt sich das Fahrrad geradlinig weiter, so ist diese Linie eine Gerade; biegt die Bewegungsrichtung des Rades um einen gewissen Winkel ab, so wird das Papierblatt nach Anweisung des Kompasses um denselben Winkel im entgegengesetzten Sinn gedreht, um den Punkt unterhalb des Schreibstifts als Mittelpunkt.

Die Kraft zur Bewegung des Papiers wird selbstverständlich durch das Rad selbst geliefert mit Hilfe einer Exzentervorrichtung, die sich an jedem beliebigen Rad anbringen und beim Nichtgebrauch leicht abstellen läßt. Fig. 2 zeigt sodann den Mechanismus in dem Kästchen. Der Hebel *A* ist um die vertikale Achse des Triebrads *B* drehbar, bis er an *C* oder *D* anschlägt; von diesen Anschlägen ist der erste fest, *D* aber längs einer Skale verschiebbar und mit einer Schraube feststellbar. Wenn der Mechanismus in Ruhe ist, wird der Hebel *A* an *C* durch die Feder *F* angedrückt, die gerade stark genug ist, um den nach dem Exzenter führenden Draht *W* gespannt zu halten. Wird an *W* gezogen, so läßt sich der Hebel *A* bis *D* herüberziehen. Damit der Bewegung des Hebels jede Amplitude *CBD* erteilt werden kann, greift *W* nicht an *A*, sondern an der Feder *G* an. Das Triebrad *B* wird nun durch die Bewegung des Hebels *A* in der Richtung des Pfeils in Drehung gesetzt; die Anzahl von Pendelungen des Hebels, die das Rad *B* gerade einmal umdrehen, kann zwischen 10 und 300 beliebig gewählt

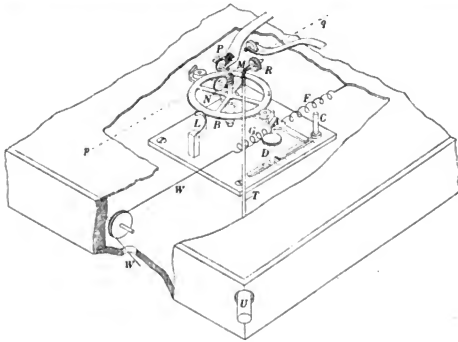


Fig. 2.

werden, wonach sich der Maßstab der Aufnahme richtet. Jeder Umdrehung des Rades des Fahrzeugs, also einer zurückgelegten Strecke gleich dem Umfang des Rades, entspricht eine Pendelung des Hebels. Die Achse des Rädchen *B* trägt oben die Schraube ohne Ende *M*, in die das „Ziehrädchen“ *N* eingreift; genau darüber sitzt auf der Papierfläche das Farb- (Schreib-) Rädchen *P*. Die Zahnsitzen des Rädchen *N*, die sich von unten in das Papier eindrücken, haben 1 mm Abstand voneinander; ist also z. B. der Umfang des Fahrzeugrades, an dem der Exzenter angebracht ist, 2,15 m, so stellt auf der Aufzeichnebene die Strecke 1 mm so viel mal 2,15 m vor als Schwingungen des Hebels *A* notwendig sind, um das Rädchen *B* genau eine halbe Umdrehung machen zu lassen, da die Schraube *M* zweigängiges Gewinde hat. Man kann so, durch passende Einstellung von *D*, jeden beliebigen Maßstab der Aufnahme zwischen 1:10000 und z. B. 1:100000 (oder kleiner; bei Stillstehen des Hebels *A*, also Anrücken von *D*, wird die Aufnahme gleichsam in unendlich kleinem Maßstab gezeichnet) wählen. Das Zeichenpapier darf aber selbstverständlich nicht nur, wie seither angenommen, zwischen das „Ziehrädchen“ *N* und das darüber sitzende Farb- (Schreib-) Rädchen *P* eingeklemmt sein, da es sich sonst um diesen Punkt unbeabsichtigt drehen könnte. Zum weiteren Festhalten des Papiers und zugleich zur beabsichtigten Drehung dient das Rädchen *R*, durch die Stange *T* mit dem außerhalb des Instrumentengehäuses befindlichen Handgriff *U* verbunden. Der Mechanismus hat dafür zu sorgen, daß, während das Azimut des Papiers geändert wird,

die Bewegung des Papiers in der Richtung pq fortgeht; es muß daher die Achse des Rädchens R in der Ebene des Rades N unterhalb der Papierebene liegen.

Die Bussolennadel mußte hier bei möglichst kleinem Trägheitsmoment ein möglichst großes magnetisches Moment erhalten.

Die Handhabung des Apparats auf dem Fahrrad muß äußerst einfach sein; es ist ferner willkommen, daß die ganze Zeichnung vor den Augen des Fahrenen entsteht.

Der Verf. teilt die Aufnahme eines Weges mit (vom Haag über Clingendael und Wassenaar nach den Deyl), die hier reproduziert ist; die obere Linie in Fig. 3 ist die von

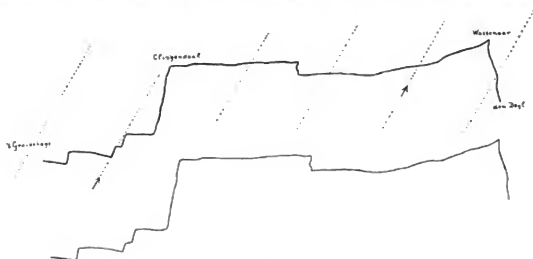


Fig. 3.

Obere Kurve: Aufnahme durch das Instrument, in $\frac{1}{50}$ der Größe des Originals (1:50 000).
Untere Kurve: Derselbe Weg nach der Generalstabkarte des Königreichs der Niederlande.

dem Zyklographen im Maßstab 1:50 000 gezeichnete Aufnahme (die punktierten Linien geben die Richtung des magnetischen Meridians, wie sie auf dem Papier vorgezeichnet war), die untere die Form des durchfahrenen Wegs nach der Generalstabkarte 1:50 000; da es sich um einen bequemen fahrbaren Weg handelt, so konnte die Geschwindigkeit $14\frac{1}{2}$ km in der Stunde eingehalten werden, was, wie der Verf. mit Recht sagt, höchst wahrscheinlich ein „Record“ der Raschheit der topographischen Aufnahme eines zurückgelegten Weges vorstellt (10,54 km in 44 Minuten).

Auch die Anfertigung dieses wichtigen Instruments hat, wie die des Pedographen, die „Niederländische Instrumentenfabrik“ in Utrecht übernommen. Hammer.

Neues englisches Nivellierinstrument.

Nach *Engineering* 75. S. 633. 1903.

Unter dem Namen „Eisenbahn-Nivellierinstrument“ bringt der bekannte Verfertiger geodätischer Instrumente, W. F. Stanley in London, dessen vor wenigen Jahren ausgegebener „Einstück-Theodolit“ unter englischen Landmessern u. s. f. rasch große Verbreitung erlangt hat, ein neues Modell eines einfachen Nivellierinstruments in den Handel, bei dem ähnliche Grundsätze befolgt sind wie bei jenem Theodolit. Es ist in nebenstehender Figur abgebildet. In der angezeigten Mitteilung des *Engineering* wird getadelt, daß die bisherigen Nivellierinstrumente nicht nach einheitlichem Plan gebaut seien, vielmehr meist aus einer Zusammensetzung wenig zusammenpassender Teile bestehen, die zudem überall scharfe Ecken und Kanten aufweisen, was beim Gebrauch der Instrumente sich sehr unbequem fühlbar mache. Diese scharfen Ecken und Kanten sind nun, wie die Figur zeigt, an dem neuen Instrument allerdings in weitgehender Weise vermieden, wie es bei vielen deutschen Verfertigern von Nivellierinstrumenten (ich nenne nur die Modelle von Fennel in Cassel) häufig üblich ist. Das sonstige Neue an dem Instrument beschränkt sich darauf, daß der zentrale Teil der

Instrumentenaltitade und der Fernrohrkörper aus einem Gußstück bestehen und daß das Instrument wesentlich leichter ist, als die bisherigen Instrumente derselben Größe. Die Azimutalbewegung ist mit Klemme und Felschraube ausgestattet. Zur ersten Horizontierung ist eine Kreuzlibelle vorhanden; es wird beim Nivellieren bekanntlich viel Zeit dadurch



erspart, daß die erste Vertikalrichtung der Umdrehungsachse ohne die feine Hauptlibelle gemacht werden kann, die dann erst zur genauen Horizontallegung der Ziellinie vor jeder Ablesung benutzt wird. In Deutschland wird seit Jahren allgemein eine Dosenlibelle zu diesem Zweck angewandt; ein Vorteil der Kreuzlibelle vor der Dosenlibelle besteht nicht

Hammer.

Sauerstoffgewinnung aus flüssiger Luft.

Von G. Claude. *Compt. rend.* 137. S. 783. 1903.

Zur Gewinnung von Sauerstoff aus atmosphärischer Luft benutzt der Verf. ein Verfahren, welches auf der Tatsache beruht, daß bei der Verflüssigung der Luft zuerst sauerstoffreiche Teile verdichten. Diese Art der Kondensation wird dadurch verstärkt, daß die kondensierten Teile gezwungen werden, in Berührung mit den noch gasförmigen Teilen zurückzuffießen. Danach ist der einfache Apparat gebaut. Ein senkrecht stehendes Bündel von sieben kupfernen Röhren von 2 m Länge und 13 mm innerem Durchmesser, welche oben und unten in je einem glockenförmigen Sammelbehälter endigen, wird bis zu zwei Drittel seiner Höhe in ein Bad von flüssiger Luft gestellt. Durch die Röhren wird von unten nach oben ein Luftstrom unter 2 Atm. Druck geschickt, der vorher mit Hilfe einer ebenfalls in flüssige Luft tauchenden Spirale auf -160° abgekühlt ist. Die an den Wandungen der Röhren verdichtete sauerstoffreiche Flüssigkeit kann aus dem unteren Sammelbehälter abgelassen werden, während der gasförmige, stickstoffreiche Teil aus dem oberen durch einen Hahn entweicht, der gleichzeitig den Druck zu regeln gestattet. Bei 0,7 Atm. wird durch den Apparat in einer Minute $\frac{1}{2}$ l Flüssigkeit verdichtet, welche 57% Sauerstoff enthält, während der gasförmige Teil bis zu 98% aus Stickstoff besteht.

Rt.

Über eine neue Kamera zur stereoskopischen Abbildung mikroskopischer und makroskopischer Objekte.

Von C. Leiss. *Zeitschr. f. Kristallogr. u. Miner.* 38. S. 99. 1903.

Die bestehende Fig. 1 stellt den von der Werkstätte von R. Fuess in Steglitz bei Berlin gefertigten Apparat dar.

Das Unterteil eines Mikroskops, bestehend aus Fuß, Beleuchtungspegel und Tisch, dient zur Aufnahme des Objekts. Die photographische, über dem Objekt befindliche Kamera

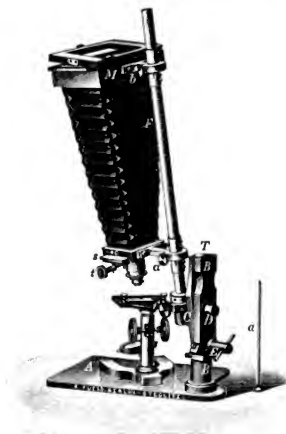


Fig. 1.

ist mit einem schwachen Mikroskopobjektiv versehen und um eine horizontale, durch das Objekt gehende Achse drehbar. Es werden von demselben Objekt nacheinander zwei Aufnahmen gemacht, zwischen denen die Kamera um $3\frac{1}{2}^\circ$ gedreht wird. Die stereoskopische Betrachtung der erhaltenen Bilder gewährt eine sehr plastische Vorstellung des Objekts.

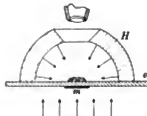


Fig. 2.

Zur allseitigen Beleuchtung des Objekts mit auffallendem Lichte wird eine Halbkugelschale *H* aus Gips (Fig. 2), die oben mit einer Öffnung versehen ist, auf das Objektglas *o* gelegt, während ein Metallscheibchen *m* unter dem Objekt den Durchgang des Lichtes verhindert. *Ms.*

Kompensator für thermoelektrische Messungen.

Von R. A. Lehfeldt. *Phil. Mag.* 5. 668. 1903.

Zu Messungen mit Thermoelementen hat Verf. einen Kompensator konstruiert, bei dem in den Stromkreis des Galvanometers nur ein kleiner Kompensationswiderstand eingeschaltet ist, weil die Thermoelemente selbst meist nur einen niedrigen Widerstand von einigen Ohm besitzen und daher durch hohe Kompensationswiderstände die Empfindlichkeit der Messung herabgesetzt wird. Ein von einem Akkumulator gelieferter Strom durchfließt je nach der Stellung eines Umschalters einen festen Widerstand von 100, 1000 oder 10 000 Ohm und sodann 20 hinter einander geschaltete Widerstände von je 0,1 Ohm, deren Klemmen halbkreisförmig angeordnet sind, schließlich noch zur feineren Abgleichung einen über einer Teilung ausgespannten Schleifdraht von 0,1 Ohm Widerstand. Ein zweiter Umschalter dient dazu, um das Galvanometer entweder in den Stromkreis des zu messenden Thermoelements einzuschalten oder mit einem Westonschen Normalelement zu verbinden.

Die Spannung des letzteren wird je nach Wahl gegen den Spannungsabfall in dem Widerstand von 100, 1000 oder 10 000 Ohm kompensiert, sodaß die Spannung von 0,1 Ohm nahe 1000, 100 oder 10 Mikrovolt beträgt. Im Schließungskreis der Thermoelemente befindet sich unter diesen Umständen außer ihrem eigenen Widerstand und dem des Galvanometers im Höchstfall noch ein Kompensationswiderstand von 2 Ohm.

Der beschriebene Kompensator dürfte sowohl in Bezug auf die Bequemlichkeit der Messung als auch die erreichbare Genauigkeit hinter älteren, denselben Zwecken dienenden Konstruktionen zurückstehen¹⁾.

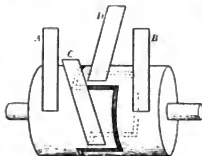
W. J.

¹⁾ Vgl. z. B. den in dieser Zeitschr. 20. S. 293. 1900 beschriebenen Apparat.

Kurven-Indikator und -Analysator.

Von Th. R. Lyle. *Phil. Mag.* 6, S. 549. 1903.

Die Methode gehört zu derjenigen Klasse, bei welcher Wechselstromkurven Punkt für Punkt erhalten werden. Der aufzunehmende Wechselstrom wird durch die Primärspule eines Transformators mit Luftkern geschickt. Die sekundäre Spule dieses Transformators besteht aus wenigen Windungen und ist durch einen Stromkreis geschlossen, bestehend aus einem Stromwender, einem sehr großen Widerstand R und einem empfindlichen, gut gedämpften Galvanometer. Der Stromwender hat die in der Figur dargestellte, bekannte Form; seine Welle wird eventuell unter Einschalten eines Rädervorgeleges von der Maschine oder einem Synchronmotor angetrieben, sodaß immer nach Verlauf einer Halbperiode der Strom im Galvanometer kommutiert wird. Durch langsames Drehen der fest miteinander verbundenen Bürsten CD wird somit die Phase, in der die Stromwendung eintritt, allmählich verändert.



Bedeutet J_t den Augenblickswert des aufzunehmenden Wechselstromes, M den gegenseitigen Induktionskoeffizienten des Transformators, so ist der Strom im Galvanometer in erster Annäherung gleich $-\frac{M}{R} \cdot \frac{dJ_t}{dt}$ zu setzen. Da zu den Zeiten

$$t \quad t + \frac{T}{2} \quad t + T \quad \dots$$

kommutiert wird, wo T die Periode des Wechselstromes bedeutet, so ist die Elektrizitätsmenge Q , die während einer Periode durch das Galvanometer fließt,

$$\begin{aligned} Q &= -\frac{M}{R} \int_t^{t+\frac{T}{2}} dJ_t + \frac{M}{R} \int_{t+\frac{T}{2}}^{t+T} dJ_t \\ &= \frac{M}{R} \left\{ -J_{t+\frac{T}{2}} + J_t + J_{t+T} - J_{t+\frac{T}{2}} \right\}. \end{aligned}$$

In der Regel sind nun bei Maschinenströmen die Kurvenformen der positiven und negativen Hälfte des Wechselstromes einander gleich; in diesem Falle ist daher

$$Q = \frac{4M}{R} J_t.$$

Bedeutet also λ den Reduktionsfaktor des Galvanometers, γ den konstanten Ausschlag bei einer bestimmten Bürstenstellung, so ist

$$J_t = \frac{\lambda R T}{4M} \cdot \gamma.$$

Durch Verschieben der Bürsten erhält man also, wie bei der Joubertschen Scheibe, eine punktförmige Aufnahme der Kurve. Die Methode scheint in dieser Form nur eine etwas komplizierte Form der gewöhnlichen punktförmigen Aufnahme zu sein; sie gewinnt aber ein besonderes Interesse dadurch, daß sie auch die direkte Aufnahme einer beliebigen, in dem Wechselstrom enthaltenen Oberschwingung ermöglicht und insofern zum *Kurven-analysator* wird. Um z. B. die n -te Oberschwingung zu finden, ist es nur nötig, auf die Welle des Kommutators so viel Segmente zu bringen, daß der Strom im Galvanometer während einer Periode $2n$ -mal kommutiert wird. Dann ist unter Beibehaltung der früheren Bezeichnung

$$\frac{RQ}{M} = 2 \left[J_t - J_{t+\frac{T}{2n}} + J_{t+\frac{2T}{2n}} - \dots - J_{t+(2n-1)\frac{T}{2n}} \right].$$

Ist

$$J_t = \sum A_k \sin \left(\frac{2\pi k t}{T} - a_k \right),$$

so wird die rechte Seite der vorigen Gleichung gleich

$$2n \left[A_n \sin \left(\frac{2\pi n t}{T} - \alpha_n \right) + A_{3n} \sin \left(\frac{6\pi n t}{T} - \alpha_{3n} \right) + \dots \right],$$

d. h. man erhält eine Kurve, welche die n -te, $3n$ -te, $5n$ -te . . . Oberschwingung enthält.

Verf. hat einen Kommutator konstruiert, in welchem neben einander die Segmente für die Gesamtkurve, für die 3., 5. und 7. Oberschwingung eingelassen sind. Dabei enthält freilich die Kurve für die 3. Oberschwingung auch diejenigen der 9., 15. u. s. w. Durch Anbringen weiterer Segmente ließen sich die Kurven reinigen, doch hat dies meist keine praktische Bedeutung mehr. Wie leicht ersichtlich, ist die Methode auch dazu verwendbar, die Hysteresisschleife eines durch Wechselstrom magnetisierten Eisenkernes aufzunehmen.

An der Hand mehrerer Kurven, die photographisch aufgenommen sind, wird die Anwendbarkeit der Methode erläutert. E. O.

Neu erschienene Bücher.

M. d'Ocagne, *Les instruments de précision*. kl. 4°. 39 S. Paris 1903.

Dieses Heft macht weitem Kreisen einen Vortrag zugänglich, den der Verfasser (Ingenieur und Professor an der *École des Ponts et Chaussées*) im *Conservatoire des Arts et Métiers* zu Paris im März 1903 gehalten hat; er ist durch die Vereinigung der französischen Konstrukteure von optischen und Präzisions-Instrumenten veröffentlicht worden und sei Jedem empfohlen, der sich ein zusammenfassendes, wenn auch nur in flüchtigen Umrissen gegebenes Bild der Leistungen der Franzosen auf dem Gebiet der Präzisions-Instrumententechnik zeigen lassen will. Auf die außerhalb Frankreichs gemachten Erfindungen oder ausgeführten Konstruktionen wird nur gelegentlich hingewiesen, wo der Zusammenhang es erfordert (und es wären hier vielleicht einige Verbesserungen und Zusätze angezeigt: z. B. soll es S. 15 Brander statt Brandes heißen, indem der bekannte verdienstvolle Augsburger Mechaniker und Akademiker aus dem 18. Jahrhundert gemeint ist, ferner sollten dort beim entfernungs-messenden Fernrohr [Fadendistanzmesser] James Watt und William Green in England und Reichenbach in Bayern, ferner aus dem 17. Jahrhundert Montanari in Italien mit genannt sein; S. 36 soll es Thacher statt Thacker heißen; S. 37 ist das Verdienst von Thomas aus Kolmar, der zuerst und zwar 1820 eine brauchbare Rechenmaschine hergestellt habe, doch etwas einzuschränken: schon mehrere Jahrzehnte früher war in Deutschland u. a. die Hahnische Maschine als vollkommen brauchbare Rechenmaschine erprobt und ihren wichtigsten Teil, die „Staffelwalze“, hat nicht Thomas erfunden). Aber solche kleine Ausstellungen berühren die eigentliche Aufgabe des Vortrags nicht, eine Darstellung der Verdienste der französischen Erfinder und Ausführer auf dem Gebiet der Präzisionsmechanik zu geben. Die Zusammenstellung des Verf. ist, soweit der enge Rahmen es zuläßt, recht vollständig; er spricht zuerst von den Instrumenten für (genauere) Messungen (Metrologie; Winkelmessung; astronomische, geodätische und topographische, nautische Winkelmeßinstrumente; Zeitmessung; Messungen der Masse; physikalische und meteorologische Messungen), dann von den für „Beobachtungen“ bestimmten (Fernrohre und Äquatoreale, Mikroskope, Spektroskope, photographische Instrumente), wobei also die Grenze zwischen diesen beiden Abteilungen nicht scharf gezogen sein kann, endlich von den Recheninstrumenten (dabei sind die französischen Rechenscheiben und Rechenkreise, z. B. der von Boucher, nicht erwähnt).

Eine stolze Reihe französischer Gelehrter und französischer Mechaniker wird in jeder dieser Abteilungen an dem Leser vorübergeführt. Hammer.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

März 1904.

Drittes Heft.

Über eine optische Methode der Strommessung.

Von

E. Orlich in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Die im folgenden beschriebene Methode der Strommessung wird in der Reichsanstalt zur Prüfung von Wechselstrommessern angewandt. Sie besteht darin, daß ein Platinblech nacheinander durch Gleichstrom und durch Wechselstrom bis zur Glut erhitzt wird. Ist der Effektivwert des zur Heizung benutzten Wechselstromes gleich dem entsprechenden Gleichstrom, so ist auch die in beiden Fällen im Platinblech entwickelte Wärmemenge die gleiche; sorgt man nun dafür, daß auch die Wärmeabgabe in beiden Fällen dieselbe ist, so muß auch das Blech beide Male auf dieselbe Temperatur kommen. Die Gleichheit der Temperaturen läßt sich sehr bequem und genau mittels des optischen Pyrometers von Holborn und Kurlbaum¹⁾ feststellen. An die Konstruktion dieses Pyrometers sei mit wenigen Worten erinnert.

Mittels einer Linse wird ein Bild des glühenden Platinbleches P (vgl. Fig. 1 u. 2) auf den Faden einer kleinen Glühlampe G projiziert, der durch eine zweite Linse betrachtet wird. In den Kreis der Glühlampe (4 Volt-Lampe) ist ein kontinuierlich regulierbarer Widerstand R und ein Präzisionsamperemeter J für Gleichstrom eingeschaltet. Der Lampenstrom wird mittels des Widerstandes R so bemessen, daß der obere Teil des Lampenfadens dieselbe Helligkeit erhält, wie das dahinter stehende Platinblech, d. h. daß dieser Teil des Lampenfadens scheinbar in dem hellen Hintergrund verschwindet; um scharf einstellen zu können, ist monochromatisches Licht erforderlich, was durch ein vor das Okular gesetztes rotes oder grünes Glas zur Gänze erreicht wird. Nach der Einstellung liest man den Lampenstrom am Amperemeter J ab.

Eine Benutzung dieses Pyrometers zur Messung des Stromes in dem glühenden Platinblech ist nur möglich, wenn die Temperatur des Platinbleches P eindeutig von der Stärke des Heizstromes abhängt; dafür ist erforderlich, daß die Wärmeabgabe konstant gehalten wird. Wärmeabgabe erfolgt durch Strahlung und Leitung. Um die Wärmeabgabe durch Strahlung konstant zu halten, genügt es, das Blech in die freie Luft strahlen zu lassen; ein Schutzkasten würde stark erhitzt werden und die Temperatur des strahlenden Bleches bei konstantem Heizstrom langsam steigern. Um die Wärmeabfuhr durch Leitung an den Elektroden konstant zu machen, sind letztere durchbohrt und werden dauernd von einem Strom kalten Wassers durchflossen.

Die Platinbleche sind zwischen zwei Kupferbacken, deren lichter Abstand 8 cm beträgt, eingespannt. In die Bleche ist nahe den Elektroden je eine kleine Feder

¹⁾ Holborn und Kurlbaum, *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1901. S. 712; *Ann. d. Physik* **10**, S. 225, 1903; Referat in *dieser Zeitschr.* **22**, S. 55, 1902.

eingebogen, die einerseits dazu dient, bei der Ausdehnung des Bleches den nötigen Spielraum zu gewähren, und andererseits die Wärmeableitung zu den Elektroden erschwert, sodaß durch diesen auch sonst schon angewandten Kunstgriff das Blech auf eine längere Strecke ziemlich konstante Helligkeit besitzt. Durch eine einfache bündelförmige Marke bezeichnet man sich diejenige Stelle des Bleches, die anvisiert werden soll. Zwischen die die Kupferelektroden tragende Schieferplatte und das glühende Platinblech schiebt man zweckmäßig eine Asbestplatte. Die Bleche werden zwischen 800° und 1400° „schwarzer Temperatur“¹⁾ benutzt; höher hinaufzugehen, ist

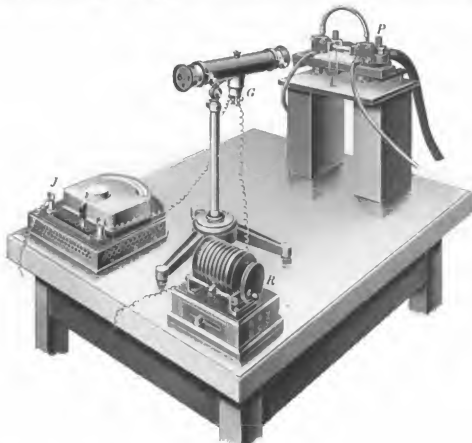


Fig. 1.

- nicht ratsam, weil man dem Schmelzpunkt des Platins zu nahe kommt, weil ferner die Empfindlichkeit der Methode bei der großen Helligkeit abnimmt und das Platin durch Verdampfen zu stark angegriffen wird.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der benutzten Bleche nebst Angabe der Meßbereiche.

Platinbleche 15 mm breit.

Blechedicke	Meßbereich
0,01 mm	von 20 bis 40 Amp.
0,04 -	- 35 - 70 -
0,1 -	- 55 - 110 -
0,3 -	- 115 - 270 -

Für größere Stromstärken ist es ratsam, statt der Bleche Röhren aus Platinblech zu verwenden. Eine theoretische Überlegung mag dies rechtfertigen. Es soll in

¹⁾ Über die Definition der „schwarzen Temperatur“ siehe Holborn und Kurlbaum, *Ann. d. Physik* **10**, S. 229, 1903.

erster Annäherung angenommen werden, daß die Wärmeabgabe lediglich durch Strahlung und Konvektion erfolgt, dann kann dieselbe der Gesamtoberfläche des strahlenden Körpers proportional gesetzt werden.

Sei nun β die Breite eines Platinbleches,

δ dessen Dicke,

r der Radius einer Platinröhre,

d die Dicke des dazu verwandten Bleches,

dann ist die durch einen Strom i in der Längeneinheit des Platinbleches erzeugte Wärmemenge proportional $i^2/\beta\delta$, die Wärmeabgabe proportional 2β , sodaß man

$$\frac{i^2}{\beta\delta} = 2k\beta$$

setzen kann, wobei k eine Funktion der Temperatur ist. Die entsprechende Gleichung für die Röhre lautet

$$\frac{i^2}{2r\pi d} = 2kr\pi.$$

Die Abmessungen von Blech und Röhre sollen nun so getroffen werden, daß sie durch denselben Strom auf dieselbe Temperatur erhitzt werden. Dann folgt durch Division beider Gleichungen

$$\beta^2 d = 2r^2 \pi^2 d.$$

a) Man wähle die Blechbreite gleich dem Rohrdurchmesser, d. h.

$$\beta = 2r;$$

dann folgt

$$\delta:d = \pi^2:2, \text{ angenähert } 5:1,$$

und für die Volumina

$$v_b:v_r = \pi:2, \text{ angenähert } 3:2,$$

d. h. das ebene Blech müßte fünfmal so dick sein, als das Blech der Röhre und würde anderthalbmal so viel kosten.

b) Die Volumina v_b und v_r seien einander gleich, d. h. der Preis sei der gleiche; dann folgt

$$\beta:2r = \pi:2$$

$$\delta:d = 2:1,$$

d. h. das gerade Blech muß doppelt so dick sein, als das der Röhre und anderthalbmal so breit sein, als der Durchmesser der Röhre.

Geht schon aus diesen Betrachtungen die Überlegenheit der Röhren hervor, so kommt noch als weiterer Vorteil für die Röhren dazu, daß sie viel gleichmäßiger und stabiler glühen, als die Bleche.

Die benutzten Röhren haben einen Umfang von 40 mm; die folgende Tabelle gibt über die Dicke des dazu verwandten Platinbleches und das Meßbereich Auskunft.

Platinröhren, 40 mm Umfang.

Dicke des verwandten Bleches	Meßbereich
0,1 mm	von 120 bis 220 Amp.
0,3 "	" 200 " 410 "
1,2 "	" 460 " 800 "

Die letzte der genannten Röhren ist von der Firma W. C. Heraeus in Hanau hergestellt. An beide Enden des Rohres sind Platinfedern angeschweißt; diese bestehen aus drei über einander liegenden, je 0,3 mm starken Platinblechen.

Um genaue Messungen ausführen zu können, ist die Schaltung so eingerichtet, daß man durch Umlegen des einpoligen Schalters A_g , A_w (Fig. 2) kurz nacheinander Gleichstrom oder Wechselstrom durch das Platinblech schicken kann.

Der zu untersuchende Strommesser S wird je nachdem, ob er für Gleich- und Wechselstrom oder *nur* für Wechselstrom gebaut ist, entweder in denselben Zweig wie der Platinglühapparat oder in den lediglich von Wechselstrom durchflossenen Zweig geschaltet.

Die Prüfung eines Strommessers an einem Punkte wird nun am zweckmäßigsten folgendermaßen ausgeführt. Zunächst schaltet man auf Gleichstrom und reguliert annähernd auf diejenige Stromstärke, bei der geprüft werden soll. Während diese Stromstärke mittels Kompensators am Normalwiderstand N gemessen wird, werden

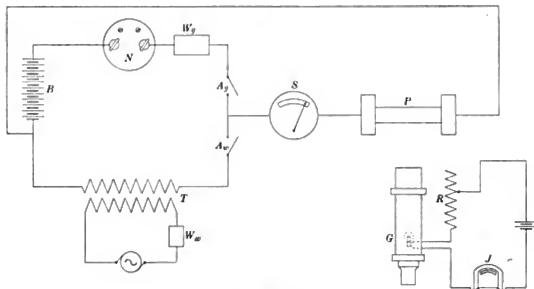


Fig. 2.

B = Akkumulatorenbatterie.

T = Transformator.

W_g = Regulatorwiderstand für den Gleichstromkreis.

W_w = " " " Wechselstromkreis.

A_g = Anschalter für den Gleichstromkreis.

A_w = " " " Wechselstromkreis.

N = Normalwiderstand.

S = zu prüfender Strommesser.

P = Platin-Glühapparat.

J = Strommesser.

G = Glühblampe im optischen Pyrometer.

E = Regulatorwiderstand.

gleichzeitig 5 bis 6 Einstellungen am optischen Pyrometer gemacht und die zugehörigen Ausschläge am Strommesser J abgelesen. Danach wird auf Wechselstrom umgeschaltet, auf den zu untersuchenden Ausschlag von S eingestellt und wiederum das Pyrometer 5- bis 6-mal eingestellt. Zum Schluß wird die Gleichstrommessung wiederholt, um gewiß zu sein, daß keine Veränderungen eingetreten sind. Da die Einstellungen am optischen Pyrometer nur einige Sekunden erfordern, so dauert die ganze Messungsreihe nur wenige Minuten. Die Einzeleinstellungen am Strommesser J weichen, wenn sie ohne besondere Sorgfalt rasch nacheinander gemacht werden, in der Regel um nicht mehr als 0,5% voneinander ab, das Mittel besitzt eine Genauigkeit von mindestens 0,2%.

In der Regel wird die Stärke des bei der Prüfung verwandten Gleichstromes etwas von der des Wechselstromes abweichen; d. h. das Mittel aus den Ablesungen an J bei den Wechselstrommessungen ist ein anderes, als dasjenige bei den Gleichstrommessungen. Da aber Heizstrom im Platinblech und Lampenstrom im großen und ganzen linear zusammenhängen, so kann man durch eine prozentuale Korrektur

an den Gleichstromversuchen leicht denjenigen Gleichstrom ermitteln, der das Blech zu genau derselben Temperatur erhitzt, wie der gesuchte Wechselstrom.

Dies Verfahren wird je nach Bedürfnis sinngemäß verändert. Es sei z. B. eine Messungsreihe wiedergegeben, die an einem Präzisions-Strommesser für Gleich- und Wechselstrom der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin ausgeführt worden ist.

Prüfung des Punktes 20 Amp.

A) Wechselstromversuch:		B) Gleichstromversuch:		C) Wechselstromversuch:		
Ableseung am zu prüfenden Strommesser	Ableseung am Strommesser J	Ableseung am zu prüfenden Strommesser	Ableseung am Strommesser J	Stromstärke mit Kompensator gemessen	Ableseung am zu prüfenden Strommesser	Ableseung am Strommesser J
20,00	84,9	20,00 Strom- richtung kommutiert: 20,00	84,6	20,05 Amp.	20,00	84,8
	84,6					
	84,9					
	84,9					
	84,7					
Mittel: 84,8		Mittel: 84,8		20,10 Amp.		

Daraus geht hervor, daß innerhalb der Versuchsfehler der Apparat für Gleichstrom und Wechselstrom (von 50 Perioden) dieselben Angaben macht, und zwar ergibt sich der Wert des Teilstriches 20 zu 20,10 Amp.

Die Genauigkeit des Resultates kann bei einem einigermaßen geschulten Beobachter auf etwa 2 Promille geschätzt werden.

Es wurden Versuche mit verschiedenartigen Strommessern angestellt.

a) Präzisionsamperemeter der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft und von Siemens & Halske, A.-G. in Berlin. Die Versuche ergaben, daß die Apparate, richtig justiert, für Gleichstrom und Wechselstrom gleiche Angaben machen. Ein derartiger Versuch ist vorher mitgeteilt.

b) Heizdrahtapparate von Hartmann & Braun in Frankfurt a. M. Es wurden zwei Apparate mit Nebenschlüssen für große Stromstärken gewählt, und zwar war der eine für maximal 500 Amp., der andere für maximal 1000 Amp. An letzterem wurde beobachtet

Einstellung auf Teilstrich	Stromstärke gemessen mit Kompensator	Ableseung an J		Differenz in Promille
		Gleichstrommessung	Wechselstrommessung	
500	507,8 Amp.	87,5	87,8	- 3
600	609,4 "	107,2	107,7	- 5
700	708,3 "	126,6	126,9	- 2

Die mittlere Differenz von 3 Promille liegt an der Grenze der Genauigkeit der Methode. Das Amperemeter für 500 Ampere gab ein ähnliches Resultat.

c) Stromwagen-Versuche an einer der Reichsanstalt gehörigen Stromwage für 100 Amp. nach Lord Kelvin, deren Stromwickelungen aus unterteiltem Kupfer bestehen, ergaben ebenfalls Übereinstimmung zwischen Gleichstrom- und Wechselstrommessungen. Anders dagegen war es, wie sich voraussehen ließ, mit einer Kelvin'schen Kiloamperewage, welche die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft für

diese Versuche freundlichst zur Verfügung gestellt hatte. Diese Wage besitzt massive Stromleiter von sehr großen Dimensionen. Versuche, die mit 400, 500 und 600 Ampere angestellt wurden, ergaben, daß ein etwa 5% größerer Wechselstrom nötig war, um dieselbe Einstellung der Wage wie bei Gleichstrom zu erreichen. Diese Abweichung ist durch die Wirbelströme in den Metallmassen und die ungleichmäßige Stromverteilung in den massiven Stromleitern erklärbar.

Über den Einfluß der Beugung auf das Verschwinden der Trennungslinie im Gesichtsfelde photometrischer Vergleichsvorrichtungen.

Von

Eugen Brodhun und Otto Schörröck.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Sollen zwei durch eine scharfe Grenze voneinander getrennte Felder auf gleiche Helligkeit eingestellt werden, so erfolgt bekanntlich diese Einstellung mit um so größerer Genauigkeit, je vollkommener die Trennungslinie bei gleicher Helligkeit der Felder verschwindet. Bei den bekanntesten photometrischen Vergleichsvorrichtungen, durch welche im allgemeinen die Grenze zwischen den Vergleichsfeldern ganz oder fast ganz zum Verschwinden gebracht werden kann, treten unter gewissen Umständen in dieser Beziehung Schwierigkeiten ein. Diese lassen sich jedoch meist beseitigen, wenn man auf die Beugung an der die Felder trennenden Kante Rücksicht nimmt. Obgleich der Einfluß der Beugung an der Grenzkannte anscheinend auf der Hand liegt — handelt es sich doch auch hier wie bei dem Mikroskop um die Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte — so wird er erfahrungsgemäß doch häufig nicht ausreichend beachtet. Aus diesem Grunde sollen die in Betracht kommenden Verhältnisse an einigen besonders gebräuchlichen photometrischen Vergleichsvorrichtungen besprochen werden.

a) Die polarimetrische Halbschatten-Vorrichtung.

In der Polarimetrie am meisten gebrauchte Halbschatten-vorrichtung ist der zweiteilige Lippische Polarisor, bestehend aus dem großen Nicol *A* (Fig. 1) und dem Halbprisma *B*. Um einen korrekten Strahlengang herzustellen, gibt man bekanntlich der Lichtquelle *C* eine solche Lage, daß durch die Beleuchtungslinse *D* ein scharfes Bild von *C* entweder auf dem Fernrohr-Objektiv *E* oder dem Analysator-Diaphragma *F* entworfen wird, je nachdem dieses oder jenes den in das

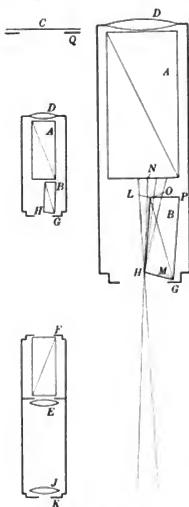


Fig. 1.

Auge gelangenden Strahlenkomplex begrenzen soll. Die Begrenzung des Gesichtsfeldes geschieht durch das dicht vor *B* befindliche Polarisator-Diaphragma *G*; auf dieses und die scharfe Kante *H* von *B* wird das Fernrohr *EJK* scharf eingestellt.

Die optischen Teile des Apparates sind sämtlich so groß zu wählen, daß der durch E und G bezw. F und G begrenzte Strahlenkomplex in seinem Verlaufe, sowohl rückwärts bis zur Lichtquelle als auch vorwärts bis ins Auge verfolgt, keine Abbildung erleidet.

Um im Gesichtsfelde eine scharfe Trennungslinie zu erhalten, gibt man der polierten Seitenfläche HL des Halbprismas eine geringe Neigung gegen die Apparatennachse und macht den Prismenwinkel LHM um wenige Grad größer als 90° , wie dies bereits von Lippich¹⁾ und ausführlicher von dem einen²⁾ von uns angegeben worden ist. Dadurch wird bewirkt, daß die Strahlenbündel, welche, rückwärts vom Objektiv zur Lichtquelle verfolgt, nach Punkten des Gesichtsfeldes in der Nähe der Kante H zielen, wie in der Figur angedeutet, neben dem Halbprisma vorbeigehen bezw. dieses durchsetzen können, ohne teilweise abgeblendet zu werden. Auch ist ersichtlich, daß sowohl das Strahlenbündel NHO als auch alle Strahlen, die auf die äußere oder innere Seite der Fläche HL fallen, so zur Seite geworfen werden, daß sie nicht in das Fernrohr gelangen. Die mangelnde Schärfe der Kante L kann sich daher nicht bemerklich machen. Auf diese Weise ist es erreicht, daß die beiden Hälften des Gesichtsfeldes bis an die Trennungslinie heran eine gleichmäßige Helligkeit behalten.

Hat das Halbprisma, wie bisher wohl zumeist, parallele Endflächen und auch eine ziemlich parallele Kittschicht, so werden die dasselbe durchsetzenden Strahlen seitlich verschoben werden. Die Folge davon ist, daß die beiden Gesichtsfeldhälften nicht von derselben Stelle der Lichtquelle beleuchtet werden, sondern das Licht von zwei Flächen empfangen, die seitlich etwas gegen einander verschoben sind. Dies bedingt keinen Nachteil, solange man mit einer ausgedehnten Lichtquelle von überall gleicher Flächenhelle arbeitet. Brennt die Lichtquelle aber, wie z. B. die Quecksilberlampe, sehr ungleichmäßig, so werden beständige Nullpunktsschwankungen eintreten; und hat man, wie z. B. bei spektraler Zerlegung des Lichtes, eine eng begrenzte Lichtquelle, so werden von ihr bei E bezw. F zwei teilweise neben einander liegende Bilder entstehen. Es kann dann sehr leicht geschehen, daß beim Einschalten der drehenden Substanz durch eine geringe Verschiebung der Lichtstrahlen das Intensitätsverhältnis der von den beiden Gesichtsfeldhälften herkommenden und in das Fernrohr eintretenden Strahlenkomplexe geändert und somit der Drehungswinkel unrichtig bestimmt wird. Diese Gefahr ist besonders beim Zwischenfügen langer Flüssigkeitssäulen vorhanden, weil in diesem Falle die Lichtquelle bei E bezw. F nicht mehr scharf abgebildet wird.

Es lassen sich aber diese Nachteile beseitigen, wenn das Halbprisma, wie in Fig. 1 angedeutet ist, so geschliffen wird, daß die Endfläche LP um einen kleinen Winkel gegen HM geneigt ist. Dieser Neigungswinkel läßt sich aus den Dimensionen der optischen Teile leicht berechnen, da die Strahlen durch das Halbprisma eine solche Ablenkung erleiden müssen, daß die beiden Bilder der Lichtquelle bei E oder F aufeinander fallen. Mit einer derartig richtig konstruierten Lippichschen Halbschattenvorrichtung wird man die Drehungswinkel ohne systematische Fehler richtig ermitteln.

Vorausgesetzt, daß bei einer solchen Einrichtung die Kante H gut gearbeitet ist, verschwindet auch die Trennungslinie ganz oder fast ganz, wenn man zur Beleuchtung eine einigermaßen gleichmäßige, ausgedehnte Lichtquelle benutzt oder besser eine

¹⁾ F. Lippich, *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* **91**, II. S. 1081, 1885.

²⁾ Siehe O. Schönrock in Landolt, *Optisches Drehungsvermögen*. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1898. S. 315.

solche, deren Bild bei E bzw. F bedeutend größer als E oder F ist. Es ist dies auch bei Lichtquellen von geringer Dimension leicht erreichbar, wenn man die Beleuchtungslinse D von kleiner Brennweite wählt, sodaß von der Lichtquelle ein vergrößertes Bild entworfen wird. Bringt man jetzt dicht vor der Lichtquelle zentrisch zur Achse des Apparates die Irisblende Q an und stellt diese allmählich enger, so beobachtet man ein immer deutlicheres Auftreten der Trennungslinie. Ist schließlich die Öffnung in der Irisblende nur noch so groß, daß E bzw. F gerade noch ganz mit Licht ausgefüllt wird, so sieht man eine dunkle Linie zwischen den Vergleichsfeldern, die natürlich immer noch dieselbe Helligkeit wie vorher haben.

Diese Erscheinung erklärt sich aus der Beugung an der Kante H . In dem zuletzt betrachteten Falle wird ein Teil des auf diese Kante auffallenden Lichtes zur Seite gebeugt und gelangt nicht in das Fernrohr; die Kante wird sich also gegen das Gesichtsfeld dunkel abheben. Wird dagegen die Irisblende weiter geöffnet, so wird die Kante noch einen Teil des neu hinzugekommenen, schräger auf sie treffenden Lichtes, welches durch Brechung nicht ins Fernrohr gelangen würde, beugen und ins Fernrohr werfen. Die Trennungslinie wird sich daher aufhellen und schließlich bei genügend ausgedehnter Lichtquelle verschwinden.

Blendet man bei weit geöffneter Irisblende durch Vorhalten eines kreisförmigen Stücks schwarzen Papiers die Mitte der leuchtenden Fläche so weit ab, daß kein regelmäßig gebrochenes Licht ins Fernrohr kommt, daß also das Bild des Papiers das Diaphragma E bzw. F gerade ausfüllt, so sieht man in dem dunklen Gesichtsfelde die Kante H und auch den Diaphragmenrand G von gebeugtem Lichte hell leuchten. Man kann auch bei erhelltem Gesichtsfelde die Kante H als helle Trennungslinie hervortreten lassen, wenn man die weit geöffnete Irisblende an den beiden Seiten viel stärker beleuchtet als in der Mitte; es wird dann eben von der Kante H zu viel Licht ins Fernrohr gebeugt. Steht die Trennungslinie vertikal, so wird sie das Licht nach rechts und links zur Seite beugen. Hält man daher dicht vor der ausgedehnten Lichtquelle einen schwarzen Papierstreifen von passender Breite so, daß die beiden Felder wieder ganz dunkel sind, so ist die Trennungslinie hell, wenn der Papierstreifen vertikal steht, dagegen dunkel und unsichtbar, wenn er horizontal liegt. Es ist also nur nötig, daß die Lichtquelle in horizontaler Richtung eine größere Ausdehnung besitzt.

Dieser Punkt ist wichtig bei spektraler Zerlegung des Lichtes. Da man hier eine spaltförmige Lichtquelle hat, so wird sich die Trennungslinie dunkel abheben, wenn man den leuchtenden Spalt ihr parallel stellt; sie wird aber vollkommen verschwinden, sobald man den leuchtenden Spalt senkrecht zur Trennungslinie anordnet und ihn genügend lang macht, was immer möglich ist. Um den Aufbau der Apparate möglichst einfach zu gestalten, wird es sich meist empfehlen, in diesem Falle die Trennungslinie im Polarimeter horizontal zu stellen. Mit einer solchen Versuchsanordnung sind in der Reichsanstalt wiederholt Messungen gemacht worden. Es gelang stets, die Trennungslinie ebenso gut wie bei Beleuchtung mit gemischtem Licht zum Verschwinden zu bringen.

In neuerer Zeit hat Braec¹⁾ eine polarimetrische Einrichtung für spektrales Licht beschrieben, deren Polarisatoren aus Flüssigkeitströgen bestehen, in welchen sich Kalkspatlamellen befinden. Die Notwendigkeit einer solchen komplizierten Vorrichtung begründet er hauptsächlich damit, daß bei spektraler Zerlegung des Lichtes

¹⁾ D. B. Braec, *Phil. Mag.* 5. S. 161. 1903.

der Lippische Halbschatten-Polarisator eine deutliche, störende Grenzlinie zeige. Diese Behauptung trifft, wie oben gezeigt wurde, nicht zu.

b) *Das Zwillingenprisma.* Dieses Prisma ist für photometrische Zwecke vielfach angewendet worden, z. B. von v. Frey und v. Kries¹⁾, von König²⁾, von Hagen und Rubens³⁾, mehrfach von Martens, neuerdings von Asher⁴⁾. Wir benutzen folgende Versuchsanordnung.

Es sei *A* (Fig. 2a und b) das Zwillingenprisma mit vertikal gestellter Kante und die Linse *B* so justiert, daß der Schirm *C*₁ auf der Irisblende *D* abgebildet wird und die beiden durch den in der Figur angedeuteten Strahlengang erzeugten Bilder der beiden gleich großen, leuchtenden Spalte des Schirms *C*₁ genau aufeinander und zentrisch zur Irisblende liegen. Vor dieser steht das auf die Prismenkante scharf eingestellte Fernrohr *E* so, daß alles durch die Irisblende gehende Licht auch in das Auge des Beobachters gelangt. Die Öffnung der Irisblende wird wenig kleiner als die Breite des hellen Spaltbildes in *D* gewählt. Auf die Höhe, d. i. die der Prismenkante parallele Längsausdehnung der leuchtenden Spalte kommt es nicht an, sie sind daher reichlich bemessen.

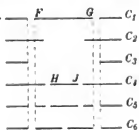


Fig. 2b.

Sie können aber auch ganz niedrig sein. Es hat nun keine Schwierigkeit, stets die Beleuchtung so einzurichten, daß die Vergleichsfelder die gleiche Helligkeit besitzen.

Bei unserer Anordnung betrug z. B. die Breite der leuchtenden Spalte im Schirme *C*₁ je 5 mm, ihr Abstand *FG* 45 mm; da durch die Linse *B* ein nur sehr wenig vergrößertes Bild entworfen wurde, so besaß die Öffnung der Irisblende *D* 5 mm Durchmesser.

Nach dem Vorgang von Martens⁵⁾ stellen wir zunächst folgende Versuche an, bei denen der Schirm *C*₁ von hinten gleichmäßig erleuchtet sein möge.

1. Bei Benutzung des Schirmes *C*₁ sieht man eine feine schwarze Linie zwischen den Vergleichsfeldern.

2. Ersetzt man *C*₁ durch die Form *C*₂, bei welcher nur ein schmaler Teil in der Mitte frei ist, so sieht man eine feine helle Linie zwischen völlig dunkeln Feldern.

3. Hat der Schirm die Form *C*₃, bei welcher die ganze Öffnung erleuchtet ist, dann verschwindet die Grenze vollkommen.

Nach dem Früheren erklären sich diese Erscheinungen durch das an der Prismenkante gebeugte Licht. Bei dem ersten Versuch wird ein Teil des von den Spalten auf die Prismenkante fallenden Lichtes so gebeugt, daß es nicht ins Auge gelangen kann. Bei dem dritten Versuch wird dieses fehlende Licht durch anderes gebeugtes, welches von dem mittleren Teil des Schirmes herrührt, ersetzt. Bei dem zweiten Versuch gelangt nur das letztere Licht ins Auge.

¹⁾ M. v. Frey und J. v. Kries, *Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt.* 1881, S. 336.

²⁾ Arthur König, *Wied. Ann.* 53, S. 785, 1894.

³⁾ E. Hagen und H. Rubens, *Verhandl. d. physikal. Gesellsch. zu Berlin* 17, S. 143, 1898; *diese Zeitschr.* 19, S. 293, 1899; *Ann. d. Physik* 1, S. 352, 1900.

⁴⁾ Leon Asher, *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* 5, S. 326, 1903.

⁵⁾ F. F. Martens, *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* 1, S. 279, 1899.

Martens¹⁾ erklärt diese Versuche, indem er sagt: „die Grenze, d. h. die Kante des Zwillingsprismas leuchtet mit Licht, welches gerade durch die Kante hindurch gegangen ist; die Kante wirkt danach wie eine planparallele Platte.“ Ist diese Ansicht — ein gut geschliffenes Prisma vorausgesetzt — an sich schon wenig einleuchtend, so wird sie durch die folgenden, dadurch nicht erklärbaren Versuche widerlegt.

4. Mit dem Schirme C_4 mit zwei je 4 mm breiten leuchtenden Spalten, deren Abstand HJ gleich 20 mm ist, erhält man zwischen dunkeln Feldern eine hell leuchtende Linie, leuchtend in gebeugtem Licht, welches von den Spalten herrührt.

5. Nimmt man den Schirm C_5 , bei dem das Gesichtsfeld wieder hell ist, der sonst aber wie C_4 beschaffen ist, so kann man, wenn die beiden mittleren Spalte durch eine besondere Lichtquelle beleuchtet werden, eine dunkle, verschwindende oder helle Trennungslinie erzielen je nach der Stärke der Belichtung der beiden mittleren Spalte. Nach Martensscher Auffassung müßte die Kante bei dem vierten und fünften Versuch stets dunkel sein.

6. Mit dem Schirme C_6 erhält man bei gleich starker Beleuchtung der drei gleich großen Spalte eine dunkle Trennungslinie. Nach Martens müßte sie so hell sein wie die Felder. Erst wenn man den mittleren Spalt stärker als die seitlichen beleuchtet, kann man die Kante zum Verschwinden bringen.

Im allgemeinen wird man bei photometrischen Versuchen entweder eine Anordnung wie mit Schirm C_3 herstellen oder mit einem wie C_1 gestalteten Schirm arbeiten, dessen Spalte jedoch beiderseitig möglichst verbreitert sind.

c) *Der Photometerwürfel.* Auch hier wird der Einfluß der Beugung hauptsächlich bei spektraler Zerlegung berücksichtigt werden müssen, also bei dem Lummer-Brodhunschen²⁾ Spektralphotometer. Um ihn zu beseitigen, muß man nach dem Früheren die Längsausdehnung der Spalte zu der Trennungslinie der Photometerfelder senkrecht legen. Das war aber bei diesem Apparat schon aus anderen näher liegenden Gründen³⁾, die bei der Apparatbeschreibung ausführlich erörtert sind, nötig, und deshalb brauchte der Einfluß der Beugung an den Grenzlinien zwischen den Feldern seinerzeit garnicht in Betracht gezogen zu werden. Immerhin ist es nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß die Spalte in Bezug auf die Längsausdehnung nicht zu gering bemessen sein dürfen und in ihrer ganzen Länge gleichmäßig beleuchtet sein müssen, wenn man auf ein gutes Verschwinden der Grenzen rechnen will. Dasselbe gilt für das Bracesche⁴⁾ Spektralphotometer.

Geschwindigkeitsmessungen an Momentverschlüssen.

Von

Dr. Hans Lehmann in München.

(Mitteilung aus der optisch-astronomischen Werkstätte von C. A. Steinheil Söhne.)

Geschwindigkeitsmessungen an Momentverschlüssen photographischer Objektive sind im Laufe des letzten Jahrzehntes in großer Anzahl und nach den verschiedensten Methoden ausgeführt worden. Diese Methoden zerfallen in zwei Hauptgruppen: 1. Benutzung der bekannten *Geschwindigkeit* eines sich bewegenden Körpers (rotierende

¹⁾ A. a. O. und F. F. Martens und F. Grünbaum, *Ann. d. Physik* **12**, S. 987. 1903.

²⁾ O. Lummer und E. Brodhun, *diese Zeitschr.* **12**, S. 132. 1892.

³⁾ A. a. O. S. 137 u. 138.

⁴⁾ D. B. Brace, *Phil. Mag.* **48**, S. 420. 1899; Referat in *dieser Zeitschr.* **20**, S. 210. 1900.

Scheibe¹⁾, fallender oder pendelnder Körper u. s. w.); 2. Benutzung der bekannten *Schwingungszahl* eines akustischen Vorgangs (schwingende Saite, Stimmgabel u. dgl.) oder einer elektrischen Erscheinung (z. B. des Wechselstrom-Lichtbogens).

Bei vorliegender Untersuchung habe ich mich der Methode des schwingenden Körpers bedient. Diese Methode ist bereits wiederholt angewendet worden; so hat z. B. Hr. Dr. R. Steinheil²⁾ sie in der Weise ausgestaltet, daß er an einem Zinken der sich mit beliebiger Geschwindigkeit senkrecht zur optischen Achse bewegendes Stimmgabel eine kleine polierte Glaskugel anbrachte, welche durch einen Heliostraten von der Sonne beleuchtet wurde. Das auf der Kugel entstehende Sonnenbildchen wurde durch das Objektiv auf der photographischen Platte als Punkt abgebildet, der infolge der oszillierenden und zugleich translatorischen Bewegung der Kugel auf der Platte eine Sinuskurve beschrieb. Die Anzahl der Wellen dieser Kurve, dividiert durch die Schwingungszahl der Stimmgabel, ergab dann direkt die Geschwindigkeit des Momentverschlusses in Sekunden³⁾.

Die Art und Weise, in der ich das Prinzip des schwingenden Körpers angewendet habe, ist einmal zu beliebiger Zeit im Laboratorium ausführbar, und dann gestattet sie zugleich in einfacher Weise eine sehr genaue Bestimmung der Schwingungszahl des Körpers.

Ich benutze nämlich die Stimmgabel als Unterbrecher des Primärstromes eines Induktoriums, dessen kondensierter Induktionsfunke zwischen den in kreisförmige Bewegung versetzten Elektroden überspringt. Auf der photographischen Platte entsteht so eine kreisbogenförmige Reihe von äquidistanten Punkten, deren Anzahl, durch die Schwingungszahl der Stimmgabel dividiert, direkt die Geschwindigkeit des Verschlusses in Sekunden gibt.

Nebenstehende Fig. 1 veranschaulicht schematisch die Versuchsanordnung. Die Stimmgabel *S* schließt durch Eintauchen eines am Zinkenende festgeklemmten Platindrahtes in das mit destilliertem Wasser bedeckte, im Napf *Q* enthaltene Quecksilber den Primärstrom des Induktoriums *I*. Die Impulse des Sekundärstromes werden durch den Schleifkontakt *K* und die Achse des Rades *R* nach den an diesem befestigten Elektroden geleitet, während das Rad *R* durch den kleinen Motor *M* in Umdrehung versetzt wird. In passender Entfernung befindet sich die photographische Kamera *P* mit dem Objektiv und dem Momentverschluß *O*.

Bezeichnet man mit z die Schwingungsdauer der Stimmgabel, so ist die Genauigkeit der Messung nach dieser Methode $\pm z$, wie man leicht sieht. Zur Ermittlung größerer Geschwindigkeiten wird man daher Stimmgabeln mit größeren Schwingungszahlen nehmen müssen. Da aber hierbei bald wegen der kleiner werdenden Amplitude dadurch eine Grenze gesetzt ist, daß die Unterbrechung des

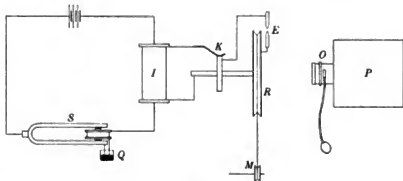


Fig. 1.

¹⁾ Vgl. den Ansatz von R. Nerrlich, Neue Apparate zur Prüfung photographischer Momentverschlüsse. *Diese Zeitschr.* 20, S. 269. 1900.

²⁾ R. Steinheil, Bestimmung der Expositionszeit von Verschlüssen. *Eders Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik* 8, S. 317. 1894.

³⁾ Eine ganz ähnliche Versuchsanordnung benutzt K. R. Koch, *diese Zeitschr.* 15, S. 244. 1895.

Primärstromes unvollkommen wird, so ist man hier nur auf schwingende Saiten angewiesen.

Übrigens kann man auch mit Stimmgabeln mit kleiner Schwingungszahl Verschlussgeschwindigkeiten, welche selbst kleiner als die Schwingungsdauer der Stimmgabel sind, mit großer Genauigkeit nach dieser Methode bestimmen, indem man hinter dem Induktionsfunken E ein weißes Papierstreifen oder ein Glühlämpchen anbringt. Es entsteht dann auf der Platte ein kreisbogenförmiges Band, auf welchem sich die Induktionsfunken abheben. Unter Berücksichtigung des gut meßbaren Funkenintervalles läßt sich so der Anfangs- und Endpunkt der Belichtungszeit auf der Platte sehr genau bestimmen.

Zur Ermittlung der Schwingungszahl der unterbrechenden Saite oder Stimmgabel habe ich folgenden Weg eingeschlagen. Von dem jetzt feststehenden Funken bei E wurde auf einer sich mit bekannter Geschwindigkeit bewegendem Platte eine Aufnahme gemacht. Als Bewegung mit bekannter Geschwindigkeit benutzte ich die des freien Falles. Eine photographische Platte P wurde in einem leichten Rahmen (in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise) in der Bildebene des Objektivs bifilar aufgehängt. Luftströmungen wurden durch einen vorgestellten Halbzylinder C abgehalten. Nach Ingangsetzung des Unterbrechers wurde der sehr dünne Faden an der Stelle a durchgebrannt. Die Platte wurde bei den meisten Versuchen noch mit einigen hundert Gramm beschwert.

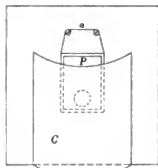


Fig. 2.

Die Entwicklung zeigte auf der Platte eine gerade Reihe von feinen Punkten, deren Abstände vom Anfangspunkt proportional den Quadraten der Fallzeiten oder der jeweiligen Geschwindigkeiten sind ($s = g/2 \cdot t^2 = 1/2 g \cdot v^2$). Der oberste Punkt gibt als Anfangspunkt der Fallbewegung. Er bildet sich deswegen zu einem größeren Scheiteln aus, weil in der Ruhelage der Platte eine größere Anzahl von Funkenentladungen in diesem Punkte auf die Platte einwirken und so durch Summation des photochemischen Effektes eine stärkere Reduktion erfolgt als bei den übrigen Punkten¹⁾. Mit Hilfe eines Meßmikroskopes, welches 0,0005 mm abzulesen gestattet, wurden die Platten ausgemessen. Ich bemerke ausdrücklich, daß die Messungsgenauigkeit trotz der größeren Ausdehnung des Anfangspunktes dieselbe ist, wie auf Sternphotographien, auf welchen Lagenbestimmungen von Sternen sehr verschiedener Größenordnung ausgeführt werden müssen, also eine sehr gute. Bei geeigneter Versuchsanordnung erscheinen direkt hinter jedem stärkeren Punkt eine Reihe wesentlich schwächerer Punkte, welche von *Partialentladungen* herrühren.

Die Reduktion der Messung erfolgt nach diesem Gedankengang. Im allgemeinen wird der zeitliche Anfangspunkt der Fallbewegung der Platte nicht mit einer Funkenentladung zusammenfallen. Es ist daher nötig, zunächst die „Phase“ des Nullpunktes der Fallbewegung in Bezug auf den schwingenden Körper zu bestimmen. Bezeichnet man für die m -te Schwingung seit Beginn der Bewegung die durchfallene Wegstrecke mit S_m , für die $(m+n)$ -te Schwingung mit S_{m+n} und für die $(m+p)$ -te mit S_{m+p} , so gilt für diese Strecken, wenn man als Zeiteinheit die Schwingungsdauer der Stimmgabel wählt und dieser entsprechend die Fallbeschleunigung mit b bezeichnet

¹⁾ Hier leistet die „Methode der verzögerten Entwicklung“ nach J. Precht, *Zeitschr. f. wissensch. Photogr.* **1.** S. 262. 1903, recht gute Dienste.

$$S_m = \frac{b}{2} \cdot m^2$$

$$S_{m+n} = \frac{b}{2} \cdot (m+n)^2$$

$$S_{m+p} = \frac{b}{2} \cdot (m+p)^2.$$

Setzt man $S_{m+n} - S_m = d_1$ und $S_{m+p} - S_{m+n} = d_2$, so erhält man nach geeigneter Umformung

$$m = \frac{1}{2} \cdot \frac{d_1 p^2 - (d_1 + d_2) n^2}{(d_1 + d_2) n - d_1 p} \dots \dots \dots 1)$$

Hier bedeuten d_1 und d_2 die gemessenen Abstände zweier Punkte von einem dritten, während n und p ganze Zahlen sind. Für drei aufeinander folgende Punkte auf der Platte gilt demnach für $n = 1$ und $p = 2$

$$m = \frac{1}{2} \cdot \frac{3 d_1 - d_2}{d_2 - d_1} \dots \dots \dots 1a)$$

Für m wird man natürlich im allgemeinen eine ganze Zahl plus einen echten Bruch erhalten. Dieser Bruch drückt die „Phase“ der Schwingung aus, bei welcher die Fallbewegung begann. Diese Phase kann durch Ausgleichung (z. B. nach der Methode der kleinsten Quadrate) sehr genau bestimmt werden.

Die Fallzeit in Sekunden berechnet sich nun für jeden Punkt aus

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} \dots \dots \dots 2)$$

wenn g die Beschleunigung der Schwere ist und s der vom Anfangspunkt aus gemessene Weg. Um die Schwingungszahl zu erhalten, muß t noch durch die Ordnungszahl eines jeden Punktes plus der Phase des Anfangspunktes dividiert werden. Auch hier führt die Ausgleichungsrechnung zu sehr genauen Werten¹⁾.

So habe ich z. B. die Schwingungszahl einer Stimmgabel zu 148,23 pro Sekunde ermittelt. Mit derselben Stimmgabel wurden auch nach oben erwähnter Methode die Geschwindigkeiten einiger Momentverschlüsse, welche für Objektive aus unserer Werkstätte verwendet wurden, gemessen.

Hierbei zeigte sich, daß die von den Verfertigern der Verschlüsse angegebenen Geschwindigkeiten in den meisten Fällen sehr wenig der Wirklichkeit entsprechen. Ferner ergab sich, daß die Geschwindigkeit sehr abhängig war von der Temperatur, der Feuchtigkeit der Luft, der Beanspruchung u. dgl. Besonders ist dies der Fall bei den Verschlüssen, welche mit Reibungsbremsen, sogenannten „Lederbremsen“, versehen sind. Aber auch die Luftbremsen haben oft, infolge Verunreinigung durch Oxyd u. s. w., keine konstante Wirkung²⁾. So kommt es, daß Exemplare gleicher Konstruktion und Größe oft erhebliche Abweichungen voneinander zeigen. Aus diesem Grunde wurde auch von der auf S. 76 erwähnten Möglichkeit, die Messungsgenauigkeit zu erhöhen, Abstand genommen.

Im folgenden gebe ich als Beispiel die Prüfungsresultate einiger Exemplare von jetzt gebräuchlichen Verschlüssen an. Es wurde immer mit voller Öffnung des Objektives gearbeitet.

¹⁾ Messungsresultate sollen an anderem Orte mitgeteilt werden, wo auch die Möglichkeit erörtert wird, Schwerebestimmungen nach dieser Methode (unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes u. s. w.) auszuführen.

²⁾ Diese Tatsachen hat bereits Hr. K. R. Koch a. a. O. an Verschlüssen älterer Konstruktion nachgewiesen.

I. Verschlüsse in der Blendenebene.

a) Mit Lederbremse.

Momentverschluß von Bruns.

1. Großes Modell. Mit Orthostigmat $F = 28 \text{ cm}$; $O/F = 1:6,8$.			2. Kleines Modell. Mit Orthostigmat $F = 12 \text{ cm}$; $O/F = 1:6,8$.		
Einstellung des Verschlusses auf	Anzahl der Punkte auf der Platte	Wahre Geschwindigkeit $\pm \frac{1}{100} \text{ Sek.}$	Einstellung des Verschlusses auf	Anzahl der Punkte auf der Platte	Wahre Geschwindigkeit $\pm \frac{1}{100} \text{ Sek.}$
$\frac{1}{750} \text{ Sek.}$	3	$\frac{1}{49} \text{ Sek.}$	$\frac{1}{350} \text{ Sek.}$	2	$\frac{1}{74} \text{ Sek.}$
$\frac{1}{100} \text{ "}$	4	$\frac{1}{37} \text{ "}$	$\frac{1}{100} \text{ "}$		
$\frac{1}{50} \text{ "}$		$\frac{1}{50} \text{ "}$			
$\frac{1}{10} \text{ "}$		$\frac{1}{35} \text{ "}$			
$\frac{1}{4} \text{ "}$	9	$\frac{1}{16} \text{ "}$	$\frac{1}{10} \text{ "}$	4	$\frac{1}{37} \text{ "}$
$\frac{1}{2} \text{ "}$	26	$\frac{1}{6} \text{ "}$	$\frac{1}{4} \text{ "}$	17	$\frac{1}{15} \text{ "}$
Ballon	7	$\frac{1}{21} \text{ "}$	Ballon	4	$\frac{1}{37} \text{ "}$

Man ersieht hier deutlich die ungleichmäßige Wirkung der Lederbremse.

b) Mit Luftbremse.

1. Verschluß von Bansch & Lomb. Mit Orthostigmat $F = 15 \text{ cm}$; $O/F = 1:6,8$.			2. Verschluß von Newman & Guardia. Mit Orthostigmat $F = 12 \text{ cm}$; $O/F = 1:8$		
Einstellung des Verschlusses auf	Anzahl der Punkte auf der Platte	Wahre Geschwindigkeit $\pm \frac{1}{100} \text{ Sek.}$	Einstellung des Verschlusses auf	Anzahl der Punkte auf der Platte	Wahre Geschwindigkeit $\pm \frac{1}{100} \text{ Sek.}$
$\frac{1}{100} \text{ Sek.}$	3	$\frac{1}{49} \text{ Sek.}$	$\frac{1}{100} \text{ Sek.}$	1	$\frac{1}{148} \text{ Sek.}$
$\frac{1}{25} \text{ "}$	16	$\frac{1}{9} \text{ "}$	$\frac{1}{64} \text{ "}$	4	$\frac{1}{29} \text{ "}$
$\frac{1}{5} \text{ "}$	21	$\frac{1}{7} \text{ "}$	$\frac{1}{25} \text{ "}$	6	$\frac{1}{35} \text{ "}$
$\frac{1}{2} \text{ "}$	27	$\frac{1}{5} \text{ "}$	$\frac{1}{16} \text{ "}$	9	$\frac{1}{16} \text{ "}$
1 "	25	$\frac{1}{6} \text{ "}$	$\frac{1}{6} \text{ "}$	18	$\frac{1}{6} \text{ "}$
			$\frac{1}{4} \text{ "}$	65	$\frac{1}{2,5} \text{ "}$
			$\frac{1}{2} \text{ "}$	90	$\frac{1}{1,6} \text{ "}$

Die Angaben dieses letzten Verschlusses stimmen mit dem wirklichen Wert recht gut überein. Hierbei ist besonders erwähnenswert, daß dieser Verschluß bereits zwei Jahre in starkem Gebrauch war.

II. Verschlüsse hinter dem Objektiv.

Fallverschluß mit Federspannung und Lederbremse.

(Eigene Konstruktion für unsere neue Alto-Stereo-Quart-Kamera für einfache und stereoskopische Aufnahmen 9×12 .) Mit Orthostigmat $F = 8 \text{ cm}$; $O/F = 1:8$.

Bremse gestellt auf	Anzahl der Punkte auf der Platte	Wahre Geschwindigkeit $\pm \frac{1}{100} \text{ Sek.}$
1	3	$\frac{1}{49} \text{ Sek.}$
2	4	$\frac{1}{37} \text{ "}$
3	10	$\frac{1}{15} \text{ "}$
4	44	$\frac{1}{3,4} \text{ "}$
5	95	$\frac{1}{1,5} \text{ "}$

Die Überlegung zeigt, daß bei konstanter Federspannung die Geschwindigkeit des Verschlusses genau proportional der Schlitzbreite sein muß. Da man nun die Schlitzbreite bis auf etwa 1 mm bringen kann, so erreicht man z. B. bei Federspannung 6 die Geschwindigkeit von $\frac{1}{1300}$ Sekunde.

III. Verschlüsse vor der Platte (Schlitzverschlüsse).

Verschluß von Goltz & Breitmann

an unserer Alto-Stereo-Quart-Kamera, mit variabler Federspannung und verstellbarer Schlitzweite.

Federspannung	Schlitzweite	Anzahl der Punkte auf der Platte	Wahre Geschwindigkeit $\pm \frac{1}{100}$ Sek.
1	80 mm	13	$\frac{1}{11}$ Sek.
	40 "	6	$\frac{1}{23}$ "
	20 "	3	$\frac{1}{49}$ "
2	80 mm	12	$\frac{1}{12}$ Sek.
3	80 "	13	$\frac{1}{11}$ "
4	80 "	12	$\frac{1}{12}$ "
5	80 "	10	$\frac{1}{15}$ "
6	80 mm	9	$\frac{1}{16}$ Sek.
6	40 "	4	$\frac{1}{37}$ "

Diese Schlitzverschlüsse haben noch den Vorteil, daß das Licht stets bei voller Öffnung des Objektivs auf die Platte einwirkt. Jedoch darf ein Nachteil derselben nicht außer Acht gelassen werden, nämlich der, daß ein sich sehr schnell in der Richtung des Schlitzes bewegendes Objekt verzerrt abgebildet wird und somit ein genaues Ausmessen des Bildes nicht unmittelbar möglich ist. Über die Größe und die Art und Weise dieser „mechanischen Bilderzerrung“ gibt vielleicht die Anwendung eines Apparates Aufschluß, der von Hrn. R. Nerrlich a. a. O. S. 274 beschrieben wurde.

Aus der letzten Tabelle geht auch recht deutlich hervor, daß man durch bloße Änderung der Federspannung nur einen ganz geringen, praktisch vollkommen bedeutungslosen Geschwindigkeitszuwachs erzielen kann.

Zur Theorie der zweiteiligen astronomischen Fernrohrojektive.

Von

Dr. H. Harting in Braunschweig.

In meinem Aufsatz „Zur Berechnung astronomischer Fernrohrojektive“ (*diese Zeitschr.* 19. S. 104. 1899) habe ich gezeigt, wie man aus den unter Vernachlässigung der Abstände der Linsenscheitel errechneten Radien durch Entwicklung der Fehlerfunktionen nach dem Taylorschen Satze ein zweites Radiensystem erhalten kann, für das jene Abstände endliche Werte haben. Die Variationen der Fehlerfunktionen sind aber nicht nach den Radien, sondern nach den Abbeschen Invarianten gebildet worden, weil sich so sehr einfache Werte ergeben.

Jedoch nicht allein bei der Ableitung der für das mit endlichen Dicken behaftete System erforderlichen Korrekturen, sondern bereits bei der Ausrechnung der vier Radien, wie man sie meistens nach den Moserschen Formeln vornimmt, kann durch Einführung der Abbeschen Invarianten eine beträchtliche Vereinfachung des Rechenapparates und größere Übersichtlichkeit erreicht werden. Ich beschränke mich im folgenden auf die Abbildung eines unendlich weit entfernten Punktes durch ein aus zwei getrennten Linsen zusammengesetztes, unendlich dünnes Fernrohrojektiv. Bezüglich der Bezeichnungen verweise ich auf meine vorher erwähnte Arbeit. Es ist also für den vorliegenden speziellen Fall zu setzen

$$\left. \begin{array}{l} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{array} \right\} = 1, \quad \begin{array}{l} n_2 = 1, \\ dn_2 = 0. \end{array}$$

Aus der Bedingung für die Einhaltung der Brennweite und der Achromasie folgen zwei lineare Gleichungen zwischen den Invarianten Q_1, Q_2, Q_3, Q_4

$$\frac{n_1 - 1}{n_1} (Q_1 - Q_2) + \frac{n_2 - 1}{n_2} (Q_3 - Q_4) = +1,$$

$$\frac{dn_1}{n_1} (Q_1 - Q_2) + \frac{dn_2}{n_2} (Q_3 - Q_4) = 0;$$

hieraus die Beziehungen zwischen je zwei Invarianten

$$Q_1 - Q_2 = \frac{n_1 \varphi_1}{n_1 - 1},$$

$$Q_3 - Q_4 = \frac{n_2 \varphi_2}{n_2 - 1}.$$

Die Gleichungen für die Erfüllung der Sinusbedingung $S_1 = 0$ und für die Aufhebung der sphärischen Aberrationen achsenparalleler Strahlen $S_2 = 0$ sind

$$S_1 = \frac{n_1 - 1}{n_1} \frac{Q_1^2}{n_1} - \frac{n_1 - 1}{n_1} \left[Q_3 - \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_1 \right] Q_2 + \frac{n_2 - 1}{n_2} \left[Q_2 + \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_2 - \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_1 \right] Q_3$$

$$- \frac{n_2 - 1}{n_2} \left[Q_4 - \frac{n_2 - 1}{n_2} Q_2 + \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_2 - \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_1 \right] Q_4 = 0,$$

$$S_2 = \frac{n_1 - 1}{n_1} \frac{Q_1^2}{n_1} - \frac{n_1 - 1}{n_1} \left[Q_2 - \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_1 \right] Q_2^2 + \frac{n_2 - 1}{n_2} \left[Q_2 + \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_2 - \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_1 \right] Q_2^2$$

$$- \frac{n_2 - 1}{n_2} \left[Q_4 - \frac{n_2 - 1}{n_2} Q_2 + \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_2 - \frac{n_1 - 1}{n_1} Q_1 \right] Q_4^2 = 0.$$

Diese Formen zweiten und dritten Grades in Bezug auf die Invarianten Q werden linear und zweiten Grades, wenn man die Werte für $Q_1 - Q_2$ und $Q_3 - Q_4$ einführt:

$$S_1 = \frac{\varphi_1}{n_1} [Q_1 + n_1 Q_3] + \frac{\varphi_2}{n_2} [Q_2 + n_2 Q_4] - \varphi_1 \varphi_2 = 0,$$

$$S_2 = \frac{\varphi_1}{n_1} [Q_1^2 + Q_1 Q_3 + n_1 Q_2^2] + \frac{\varphi_2}{n_2} [Q_2^2 + Q_2 Q_4 + n_2 Q_4^2] - \varphi_1 \varphi_2 [Q_2 + Q_4] = 0.$$

Diese vier Gleichungen führe ich auf zwei mit den Unbekannten U_1 und U_2 zurück, die ich durch die Gleichungen definiere

$$U_1 = \frac{\varphi_1}{n_1} (Q_1 + Q_2), \quad U_2 = \frac{\varphi_2}{n_2} (Q_3 + Q_4),$$

und es wird

$$2 S_1 = (n_1 + 1) U_1 + (n_2 + 1) U_2 - 1 = 0,$$

$$2 S_2 = \frac{n_1(n_1 + 2)}{\varphi_1} U_1^2 - 2 n_1 \varphi_1 U_1 + \frac{n_2(n_2 + 2)}{\varphi_2} U_2^2 - 2 n_2 \varphi_2 U_2 + \left(\frac{n_1}{n_1 - 1} \right)^2 \varphi_1^2 + \left(\frac{n_2}{n_2 - 1} \right)^2 \varphi_2^2 = 0.$$

Hieraus ergibt sich eine quadratische Gleichung für U_1 oder U_2 .

Damit erhalte ich folgende Formeln zur Berechnung eines aus zwei getrennten Linsen zusammengesetzten, unendlich dünnen astronomischen Fernrohrobjektives. Gegeben sind die Brechungsquotienten n_1 und n_2 sowie die Dispersionen dn_1 und dn_2 zwischen den Wellenlängen, für welche Achromasie eintreten soll; die Brennweite ist +1. Es wird berechnet

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{-(n_1 - 1) dn_3}{(n_3 - 1) dn_1 - (n_1 - 1) dn_2} \\ \varphi_2 &= \frac{+(n_2 - 1) dn_1}{(n_3 - 1) dn_1 - (n_1 - 1) dn_2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{I.}$$

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{n_1(n_1 + 2)}{\varphi_1} \\ C &= \frac{n_2(n_2 + 2)}{\varphi_2} \\ D &= -2 n_1 \varphi_1 \\ E &= -2 n_2 (2 - \varphi_2) \\ F &= \left(\frac{n_1}{n_1 - 1} \right)^2 \varphi_1^2 + \left(\frac{n_2}{n_2 - 1} \right)^2 \varphi_2^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{II.}$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= (n_1 + 1)^2 C + (n_2 + 1)^2 A \\ \beta &= (n_1 + 1)^2 E - (n_1 + 1)(n_2 + 1) D - 2(n_2 + 1) A \\ \gamma &= (n_1 + 1)^2 F + (n_1 + 1) D + A \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{III.}$$

$$\left. \begin{aligned} U_2 &= \frac{-\beta \mp \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha} \\ U_1 &= \frac{1 - U_2(n_2 + 1)}{n_1 + 1} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{IV.}$$

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= q_1 = \frac{n_1}{2} \left(\frac{U_1}{\varphi_1} + \frac{\varphi_1}{n_1 + 1} \right) \\ Q_2 + \varphi_1 &= q_2 = \frac{n_1}{2} \left(\frac{U_1}{\varphi_1} - \frac{\varphi_1}{n_1 + 1} \right) + \varphi_1 \\ Q_3 + \varphi_1 &= q_3 = \frac{n_2}{2} \left(\frac{U_2}{\varphi_2} + \frac{\varphi_2}{n_2 + 1} \right) + \varphi_1 \\ Q_4 + 1 &= q_4 = \frac{n_2}{2} \left(\frac{U_2}{\varphi_2} - \frac{\varphi_2}{n_2 + 1} \right) + 1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots \text{V.}$$

Wegen der Symmetrie und Einfachheit der Gleichungen II. können die Abbeschen Invarianten Q und damit die reziproken Radien q sehr schnell ermittelt werden. Braunschweig, im Januar 1904.

Referate.

Die Heronischen Vermessungsinstrumente.

Vor kurzem hat der Herausgeber der unlängst in einer Handschrift wieder aufgefundenen „Metrika“ (Vermessungslehre; in 3 Büchern) Herons von Alexandria, Dr. H. Schöne (jetzt Professor in Königsberg), auch den Versuch neuer Rekonstruktionen der Heronischen Dioptra („Visierinstrument“ und Nivellierapparat) veröffentlicht¹⁾; dieser Versuch ist für die Geschichte der geodätischen Instrumente so wichtig, daß auch in dieser Zeitschrift auf ihn hingewiesen werden soll²⁾.

¹⁾ Schöne hat die bekannte, mehrfach übersetzte und kommentierte Schrift Herons „Über eine Dioptra“ (*Ἡρῶν δίοπτρα*) mit der neu entdeckten Metrika zusammen ediert in Band III der sämtlichen uns überlieferten Werke Herons von Alexandria (*Bibliotheca scriptorum graecorum et romanorum Teubneriana. Heronis Alexandrini opera quae supersunt omnia*. Bd. III. Leipzig, B. G. Teubner 1903). Beide Schriften sind im griechischen Text und in deutscher Übersetzung gegeben.

²⁾ Vgl. auch die auf Schöne sich stützende Notiz von Dr. W. Schmidt in Helmstedt, dem genannten Kenner praktisch-mathematischer und technischer Apparate der Griechen: Nivellierinstrument und Tunnelbau im Altertume, *Bibliotheca mathematica*, hrsg. von G. Eneström (*1. Heft*) 4. S. 7. 1903. Den Hinweisen Schmidts auf Stellen, an denen über die bisherigen Rekonstruktionen der

Die Dioptra bestand aus zwei Instrumenten, dem Instrument zur Herstellung rechter Winkel (und Messung beliebiger Winkel; allgemeiner „Visierinstrument“) und dem Nivellierinstrument.

Jener erste Teil hatte oben eine kreisförmige Platte, der durch Drehung des ganzen Oberteils des Instruments um eine Vertikalachse und Drehung des die Scheibe tragenden

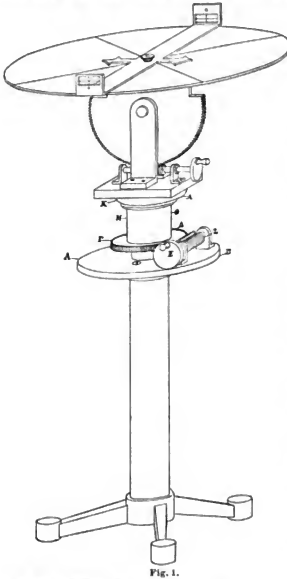


Fig. 1.

Stücks um eine Horizontalachse jede beliebige Stellung zum Horizont gegeben werden konnte. Auf der Oberfläche der Scheibe waren zwei zueinander senkrechte Durchmesser eingerissen, die zur Einstellung des um den Mittelpunkt drehbaren Visier-(Diopter-) Lineals in zwei zueinander senkrechte Richtungen zu dienen hatten. Auf der Oberfläche der Platte konnte ferner ein in 360° geteilter Kreis eingegraben sein, der aber nur für den astronomischen Gebrauch der Dioptra benutzt worden zu sein scheint. Für den geodätischen Gebrauch würde also das Visierinstrument nur ein Winkelkreuz vorstellen; die Einrichtung erscheint dann etwas umständlich. Fig. 1 stellt die Ansicht der Schöne-Neumannschen Rekonstruktion des Visierinstruments dar. Die Bewegung des obren Teils des Instruments über der Platte *AB* um die Vertikalachse mit Hilfe der gezahnten Scheibe *FG* und der darin eingreifenden Schraube ohne Ende *EZ* ist deutlich zu sehen, ebenso die Kippbewegung um die horizontale Achse der vertikal stehenden gezahnten Halbkreisscheibe mit Hilfe einer zweiten auf dem Kapitell *KA* gelagerten Schnecke. Das Gauze ist auf eine Säule mit unterem Dreifuß (dessen Form vielleicht etwas anders, als gezeichnet, gewesen sein mag) gesetzt. Über Länge und Form des Diopterlineals ist aus dem Text nichts bekannt; war in der Tat ein Loch-Fadendiopler oder ein einfacheres Diopler vorhanden?

Heronischen Dioptra nachgelesen werden kann (Venturi, Bologna 1814 und, vielfach darauf zurückgreifend, Vincent, *Notices et extraits des manuscrits de la Biblioth. impériale*. Bd. 19. 2. Tl. Paris 1858; in Deutschland Cantors *Agrimensoren*. Cantor ist der Ansicht, daß man die Gestalt der Dioptra nicht mit Sicherheit wiederherstellen könne) sei noch beigelegt, daß die Vincentische Rekonstruktion außer in das von Schmidt zitierte Buch, Gerland und Traummüller, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*, Leipzig 1899. S. 52, wo sie als „modernisiert“ bezeichnet wird, noch in mehrere neue Werke und Schriften übergegangen ist, z. B. in das wichtige Buch von Laussedat, *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques*. Bd. 1. Paris 1901. S. 18, ferner in Hübners Aufsatz über Heron von Alexandrien in der *Zeitschr. f. Vermess.* 16. 1887 und 17. 1888 (besonders 16. S. 675. 1887). Die neuen Schöneschen Rekonstruktionen, bei denen Ingenieur J. Neumann mitgewirkt hat, hält Schmidt für im wesentlichen gelungen, d. h. so genau als möglich dem (freilich gerade an der wichtigsten Stelle eine große Lücke aufweisenden) Text entsprechend, und man kann sich diesem Urteil nur anschließen, so sehr auf den ersten Blick manches „modernisiert“ scheinen mag und so sicher Einzelheiten zweifelhaft bleiben.

Schöne hat die Rekonstruktionen zuerst im *Jahrb. d. Kaiserl. Deutschen Archäolog. Instituts* 14. S. 91. 1899 bekannt gemacht.

Das *Nivellierlineal* (Fig. 2) war eine sehr sinnreich eingerichtete *Kanalwage*, nach unserem heutigen Ausdruck, die an Stelle des Oberteils des Visierinstruments auf die Platte des Kapitells $\kappa\lambda$ (Fig. 1) des Stativs gelegt werden konnte. J und K (Fig. 2) sind die zwei vertikal stehenden Glaszylinder, an denen die Höhe des Flüssigkeitsspiegels durch die mit den Schrauben Q und R verstellbaren Bleche N und O mit horizontalen Zielspalten eingestellt werden konnte. Den Nivellervorgang selbst beschreibt Heron bekanntlich auf das genaueste; es wurde mit Zwischenstellung des Instruments nivelliert. Als Latte diente eine Schiebe-Zeigerlatte (vgl. Fig. 3), an der eine in einer Nut auf- und abzuziehende Scheibe (vielleicht schwarzweiß nach horizontalem Durchmesser geteilt) mit seitlichem Zeiger in die Höhe der Zielung durch die Spalten in N und O einzuweisen war. Die Stellung der Scheibe wurde vom Lattenträger mittels eines Zeigers an einer seitlich an der Latte angebrachten Teilung in Ellen, Palästen und Daktylen abgelesen.

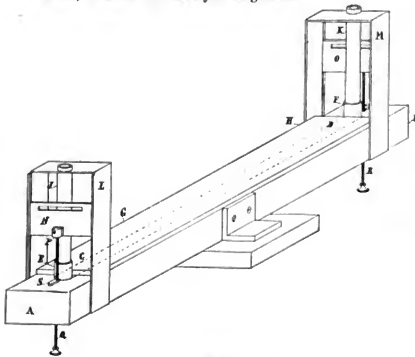


Fig. 2.

Daß man mit Hilfe dieser Kanalwage bereits recht genau zu nivellieren verstand, ist durch viele griechische Hoch- und Ingenieurbauten genügend bestätigt.

Am Schluß seiner Schrift über die *Dioptra* kommt Heron auch noch auf den sogen. *Stern* ($\alpha\sigma\tau\epsilon\rho\upsilon\sigma$), ein anderes Winkelkreuz, zu sprechen, bestehend aus zwei senkrecht aufeinander stehenden und horizontal gelegten Armen, von deren Enden Lote herabhängen, die zwei zueinander senkrechte Zielebenen bestimmen. Er macht auf die Unbequemlichkeit der Windstörung der Lote aufmerksam; manche lassen deshalb die Lote in hölzernen Hohlzylinder herabhängen, doch habe dies wieder das Bedenken des Anstoßens der Gewichte an den Wänden der Zylinder. Auch macht Heron auf den Fehler aufmerksam, der bei nicht horizontal gelegten Armen des *Sterns* entsteht; er ist überhaupt nicht gut auf dieses Instrument zu sprechen. (Dieser Stern mag von den Ägyptern zu den Griechen und von diesen zu den Römern gekommen sein; die spätere römische *Groma*, das Hauptinstrument der Agrimensoren, stellt ihn fast ganz unverändert dar. Eine sehr interessante Mitteilung von Sehöne über die *Groma*, mit Abbildung der vor kurzer Zeit in Pfünz bei Eichstätt gefundenen Reste eines solchen Instruments, sowie einer Darstellung auf dem Grabstein

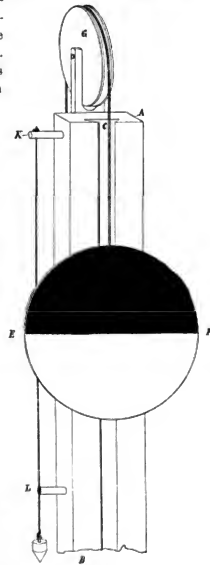


Fig. 3.

eines Gromaticus in Ivrea, ist ebenfalls im *Jahrb. d. Kaiserl. Deutschen Archäolog. Instituts* **16. S. 127. 1901** erschienen.)

Endlich beschreibt Heron auch noch (neben einem Hebezeug für große Lasten mit Hilfe von Räderübersetzung, das ich als nicht hierher gehörig weglasse; Heron war einer der hervorragendsten praktischen Mechaniker des Altertums) einen *Wegmesser*, der die Umdrehungen eines Rades an einem Wagen benutzt. Dieser Vorgang an sich war längst bekannt und Vitruv hat bekanntlich abermals ein Instrument dieser Art ausführlich beschrieben; neu scheint das Zählwerk Herons gewesen zu sein. Er richtet es so ein, daß es schon bei zwei Rädchen 7200 Umdrehungen des Wegrads zählt, also bei einem Umfang dieses Rads von 10 Ellen bis zu 72000 Ellen = 180 Stadien Weglänge abzulesen gestattet. Wendet man im Zählwerk mehr Zahnräder an „und vermehrt die Anzahl der Zähne, so wird ein vielmal so großer Weg gemessen werden können“, übrigens brauche man ja nur für den Weg eines Tags zu sorgen, da man für den folgenden Tag die Zählung neu beginnen werde.

Auf die „*Metrika*“ des Heron gehe ich an dieser Stelle nicht ein.

Jeder Freund der Geschichte der geodätischen Instrumente muß Hr. Prof. Schöne Dank wissen für seine Neuauflage der *Dioptra*, zusammen mit den *Metrika*, und für seine eindringenden Untersuchungen über die tatsächliche Form der Vernessungsinstrumente Herons. Hammer.

Optische Längenmessung einer Triangullierungsbasis.

Von A. Tichy. *Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins* **55. S. 386. 1903.**

Der Verf. berichtet über die Ergebnisse der Messung einer rund 1078 m langen Strecke bei Wocheiner-Feistritz, die er als Grundlinie der Triangulierung für Richtungsangabe und Länge des Wocheiner Tunnels im Sommer 1902 nach seiner Methode der logarithmischen Tachymetrie ausgeführt hat. Die Strecke ist in 8 Teilstrecken von rund 128, 136, 129, 174, 136, 43, 154 und 178 m Länge zerlegt und jedes der Stücke ist dreimal unabhängig bestimmt, indem jede Richtungspflöcknummer durch drei Pflöcke im gegenseitigen Abstand von je 2,000 m besetzt wurde. Die größten Abweichungen der drei Messungen der einzelnen Strecken unter einander gehen bei den zwei längsten Strecken (178 und 174 m) nicht über 12 mm und 16 mm, bei den Strecken von 120 bis 140 m Länge nicht über 10 bis 29 mm hinaus, wobei der Verf. noch erklärt, daß diese Abweichungen „weniger im Genauigkeitsgrade der Distanzbeobachtungen, sondern vielmehr in den unvermeidlichen, minimalen Detailteilungsfehlern der logarithmischen Lattenskale liegen, auf deren Kompensation durch das Meßverfahren insofern Bedacht genommen ist, als bei jeder der drei korrespondierenden Einzelbeobachtungen stets eine andre Marke der Lattenteilung zur Geltung kommen mußte“. Die Schlußsummen der Einzelstrecken nach den drei Messungen lauten

1077,581	1077,608	1077,609 m.
----------	----------	-------------

Der Verf. veröffentlicht diese gewiß für Viele noch überraschenden (und wohl von wenigen andern Beobachtern erreichten) Ergebnisse, um den „Vorrichtungen zur Verfeinerung des direkten Längenmeßverfahrens“, der hier ebenfalls angezeigten Löschnerschen Meßbandeinrichtung (vgl. *diese Zeitschr.* **23. S. 258 u. 343. 1903**) nochmals seine „logarithmische Methode des optischen Längenmessens“ gegenüberzustellen. Er gibt sich übrigens keinen Illusionen hin über die Wirkung seiner Bestrebungen, dem direkten Längenmessen einen großen Teil seines Anwendungsbereichs zu entziehen. Der Verf. tadelt u. a. besonders, daß „stets nur gefragt wird, was ein gewisses Instrument selbst, aber niemals was das Arbeiten mit demselben kostet“. Der Vorwurf in dieser Allgemeinheit ist sicher nicht berechtigt. Bei der Längenmessung ist doch nicht zu vergessen, daß man (auf *günstigem* Boden) mit dem einfachen, rasch und bequem zu handhabenden Mittel der Latten von 4 oder 5 m Länge sehr leicht einen mittleren unregelmäßigen Fehler *einer* Messung von 0,5 mm pro m, also z. B. für die Strecke von rund 1100 m von $0,5 \frac{1}{1100} = \pm 17$ mm erreicht (wobei die Latten noch nicht einmal Schneiden zu haben brauchen, vielmehr gerade abgeschliffen sein können), während man den regelmäßigen Fehler durch gute Etalonierung der Latten und Messung

längs gespannter Schnur ganz zurücktreten lassen kann. Daß es Fälle gibt, in denen der Ersatz der direkten Längenmessung, auch bei feuern Messungen, von der topographischen Topographie also ganz abgesehen, durch feine optische Längenmessung willkommen ist, wird niemand leugnen wollen. Anzunehmen ist aber wohl auch, daß neben den z. T. auffallend kleinen zufälligen Fehlern bei den verschiedenen Arten der optischen Distanzmessung (ich spreche hier also ganz allgemein und nicht gerade von den Tichysehen Instrumenten) die regelmäßigen Fehler nicht genügend beachtet werden, die durch Änderung der Konstanten des Instruments, z. B. durch starke Temperaturveränderungen, bei Fäden statt Strichen auf Glas auch durch die hygroskopischen Eigenschaften der Spinnfäden, und durch Änderung der Lattenlängen entstehen können; am entfernungsmessenden Fernrohr mit 25 cm Objektivbrennweite und mit der Hauptkonstanten 100 entspricht einer Veränderung des Abstands der zwei Distanzfäden um 1μ eine Änderung der Konstanten von 100 auf 99,96 oder 100,04, also um 0,04%, und jeder Lattenfehler wird mit 100 multipliziert (vgl. zu dem vorstehenden auch diese Zeitschr. 17. S. 62 u. 317. 1897). Hammer.

Über Beobachtungen von kurz dauernden Luftdruckschwankungen (Windwogen).

Von M. Toepler. *Ann. d. Physik* 12. S. 787. 1903.

Der Verfasser hat bereits im Jahre 1896 einen kleinen Apparat angegeben, um mittels der von A. Toepler konstruierten Drucklibelle¹⁾ kleinste Druckänderungen zu beobachten. Der inzwischen verbesserte und für photographische Registrierung eingerichtete Apparat hat jetzt folgende Form. Ein mit schlechten Wärmeleitern umgebenes Glasgefäß von 150 bis 200 ccm Inhalt trägt zwei seitliche Ansätze, nämlich ein durch einen Dreiweghahn abschließbares Kapillarrohr und ein zweites weiteres, in der Mitte schwach geknicktes Rohr, welches etwas Toluol als Verschuß des Gefäßes und als Index enthält. Durch geringes Öffnen des Hahnes können langsame Barometeränderungen ausgeglichen werden, sodaß sich alsdann nur plötzliche Änderungen in Bewegungen des Toluolfadens äußern. Die Lagenänderungen des Flüssigkeitsfadens werden photographisch registriert. Die Dimensionen waren so gewählt, daß einer Druckzunahme von 1 mm Hg eine Kuppenverschiebung von 133 mm auf dem Photogramm entsprach.

Die Theorie des Apparats ist sehr einfach, wenn die Kapillare ganz geschlossen ist, wenn also die gesamte Druckschwankung registriert wird. Dann muß aber, um für die Registrierstreifen eine handliche Form zu behalten, in kurzen Intervallen für einen Druck-austausch der innern und äußern Luft gesorgt werden. Bei geöffnetem Kapillarrohr erhält man eine etwas verzerrte Abbildung, da periodische Änderungen die registrierten Amplituden um so stärker reduzieren, je länger deren Schwingungsdauer ist. Verf. arbeitete meist mit einem nur ganz wenig geöffneten Kapillarrohr.

Unter den mitgeteilten Beobachtungen sind von besonderem Interesse die Luftwogen, welche sich bei Windstille kurz vor und nach windigem Wetter zeigen, ferner die gleichmäßigen periodischen Schwankungen, welche anseheinend dann auftreten, wenn sich in dem ausgedehnten Hofraum hinter dem Laboratorium stehende Wellen — ähnlich den *seiches* in Seen — bildeten, und schließlich die Registrierungen der „barometrischen Unruhe“. Verf. bezeichnet hiermit die Differenz des größten und kleinsten innerhalb einer bestimmten Zeit (z. B. einer Minute) auftretenden Druckes. *Sg.*

Neue Form des Platinthermometers.

Von H. T. Barnes und D. McIntosh. *Phil. Mag.* 6. S. 350. 1903.

Das Platinthermometer ist besonders zur Messung der Temperatur einer strömenden Flüssigkeit oder Gasmasse konstruiert. Der Platindraht ist bifilar auf ein von der Flüssigkeit durchlaufenes Glasrohr gewickelt, in welches eine schraubenförmige Rille eingeztzt ist

¹⁾ Über die Benutzung dieses Instruments zur Messung kleiner Temperaturschwankungen vgl. diese Zeitschr. 16. S. 122. 1896.

und auf dem einlege Höcker von Glas zum Festhalten des Drahtes angeschmolzen sind. Konzentrisch zu diesem Rohr ist ein zweites, nur wenig weiteres darüberschoben und mit dem ersten an einem Ende verschmolzen.

Die Kalibrierung des Thermometers scheint nicht ohne Schwierigkeiten zu sein; denn während man den Hundertpunkt einfach dadurch ermittelt, daß man den Dampf durch das innere Rohr streichen läßt, ist es für die Bestimmung des Eispunktes nötig, mittels einer kleinen Pumpe Eiswasser durch die innere Röhre zu treiben. *Rt.*

Bestimmung der Schmelzwärme des Eisens.

Von A. Smith. *Phys. Rev.* 17. S. 193. 1903.

Zur Bestimmung der Schmelzwärme des Eisens benutzt der Verf. eine elektrische Methode, indem er die Joulesche Wärme mißt, die 1 g Eis von 0° in Wasser von 0° überführt. Das Kalorimeter (Fig. 1) besteht aus einem nickelplattierten, außen hochpolierten Messinggefäß *A* von $\frac{1}{2}$ Liter Inhalt, das mit Öl und dem zu untersuchenden Eis gefüllt ist. Innerhalb desselben befindet sich die Heizspule *cc* und der Rührer; die Heizspule besteht aus einem Messingrohr, auf das ein doppelt mit Seide isolierter Manganindraht von etwa 5 Ohm Widerstand aufgewickelt ist; dieser ist noch mit mehreren Lagen Schellack isoliert. Die Enden des Manganindrahtes sind an starke Kupferdrähte angelötet, an deren oberen Enden die dünneren Drähte für die Stromzuführung und Potentialabnahme befestigt sind. Der Rührer besteht aus einer durchlöchernten Messingscheibe *dd*, die das Kalorimeter nahe ausfüllt und die an das untere Ende von *cc* angelötet ist. Der zum Rühren dienende, aus Hartgummi gefertigte Stab *rr* ist auf das Ende eines der starken Kupferdrähte aufgeschraubt; er dient gleichzeitig zur Befestigung der Zuführungsdrähte. Das Kalorimeter wurde mit Watte umhüllt in ein großes Batterieglas gestellt; dies stand auf einem Holzklotz, welcher auf dem Boden des größeren Gefäßes *D* (Fig. 2) lag; der Raum zwischen dem Glas

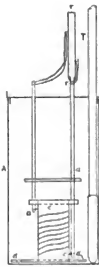


Fig. 1.

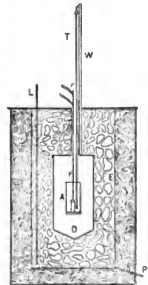


Fig. 2.

und dem Gefäß *D* war ebenfalls mit Watte ausgefüllt. Das aus verzinktem Eisenblech bestehende Gefäß *D* hatte einen Durchmesser von 23 cm und eine Tiefe von 35 cm; es war umgeben von einem dritten, noch weiteren Blechgefäß *E* von 45 cm Durchmesser und 70 cm Tiefe. Der Raum zwischen *D* und *E* wurde mit Eis gefüllt, dessen Schmelzwasser bei *P* abfließen konnte; im ganzen waren zur Packung etwa 10 kg Eis erforderlich. Das Gefäß *E* war noch von einem mit Watte gefüllten Holzkasten umgeben, der einen Holzdeckel trug mit den nötigen Löchern für den Rührer und das Quecksilberthermometer *T*, das durch einen am Deckel befestigten Holzstab *W* gestützt wurde. Das von Green gefertigte Thermometer war von -13° bis $+1,6^{\circ}$ in $0,01^{\circ}$ geteilt und hatte eine Gesamtlänge von 95 cm bei 6 mm Durchmesser; das Gefäß desselben war 8 cm lang.

Die in der Heizspule verbrauchte elektrische Energie wurde aus der Stromstärke *J*, der Spannung *E* an den Enden des Heizdrahtes und der Zeit *t* als EJt gemessen. Die Stromstärke wurde auf einen bestimmten Betrag von nahe 2 Ampere gebracht, indem in den Stromkreis ein Manganwiderstand von $\frac{1}{2}$ Ohm eingeschaltet war, dessen Klemmenspannung gegen ein Westonsches Kadmium-Element kompensiert wurde. Die Spannung *E* betrug nahe 10 Volt und wurde durch Abzweigung ebenfalls mit der Spannung des Westonschen Elements verglichen. Zu diesem Zweck war parallel zum Heizwiderstand ein Widerstand von 10000 Ohm gelegt, von dem etwa der zehnte Teil zur Kompensation diente.

Die Versuche gingen in der Weise vor sich, daß das auf einer Temperatur von einigen Grad unter 0° befindliche Kalorimeter durch einen schwachen Strom langsam auf etwa -1° erwärmt wurde; dann wurde das Schmelzen des Eises durch einen etwa $\frac{1}{2}$ Stunde andauernden starken Strom (von 2 Ampere) bewirkt und schließlich das Kalorimeter auf etwa +0,5° erwärmt. Um aus dieser gesamten Wärmemenge, an der noch die Korrektion wegen der Ausstrahlung u. s. w. anzubringen ist, die Schmelzwärme des Eises zu finden, muß noch der Wasserwert des Kalorimeters vor und nach dem Schmelzen des Eises bekannt sein; dieser ergibt sich aus den Erwärmungsversuchen unter und über 0°. Die Wärme-Abgabe des Kalorimeters an seine Umgebung war derart, daß sich das Kalorimeter bei einem Temperaturüberschuß von 1° um 0,0016° in der Minute abkühlte.

Das zu den endgültigen Versuchen benutzte Eis wurde aus besonders destilliertem Wasser bereitet, aus dem durch halbstündiges Kochen die Luft entfernt worden war.

Verf. überzeugte sich durch besondere Versuche, daß das angewandte Öl ohne chemische Einwirkung auf das Wasser war und daß auch die Rührwärme nicht berücksichtigt zu werden brauchte. Es wurden etwa 100 g Eis zu einem Versuch benutzt und meist etwa 200 g Öl. Die Wärmekapazität des Apparates mit Eis betrug durchschnittlich 650 Joule, nach dem Schmelzen desselben etwa 900 Joule. Daraus ergaben sich die Korrekturen, die an der elektrischen Gesamt-Energie (vgl. die folgende Tabelle) anzubringen sind.

Datum	Gesamt-Energie in Joule	Korrig. Energie in Joule	Eisgewicht	Schmelz- wärme	Gewicht
27. Febr.	35 248	33 882	101,37	334,24	6
28. "	35 278	34 191	102,35	4,06	5
2. März	27 768	26 848	80,23	4,69	3
3. "	30 210	29 569	88,45	4,30	2
4. "	38 441	37 702	113,02	3,59	4
5. "	31 131	30 475	91,07	4,63	5
6. "	35 560	34 174	102,28	4,12	5
7. "	30 195	28 707	85,92	4,12	3

Mittel 334,21 ± 0,08

Es ist noch zu bemerken, daß die Westonschen Elemente im *National Bureau of Standards* in Washington mit Clark-Elementen verglichen wurden, deren elektromotorische Kraft bei 15° C. zu 1,434 Volt angenommen ist. Die Widerstände sind ebenfalls dort an Normale angeschlossen, deren Wert in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bestimmt worden war. *Auf diesen Grundlagen beruhend* ist also die Schmelzwärme des Eises zu 334,21 Joule gefunden; unter der Annahme, daß (nach Reynolds und Moorby, sowie nach Barnes) die mittlere Gramm-Kalorie (bei 15°) gleich 4,1832 Joule ist, erhält Verf. dann die Schmelzwärme des Eises zu 79,896 mittleren Kalorien.

W. J.

Über Strahlungsdruck.

Von E. F. Nichols und G. F. Hull. *Ann. d. Physik* **12**. S. 225. 1903;

Astrophys. Journ. **17**. S. 315. 1903.

Nachdem von Lebedew zum ersten Male die Existenz des durch Maxwell und Bartoli theoretisch gefolgerten Lichtdruckes experimentell gezeigt und auch die quantitative Übereinstimmung mit der Theorie innerhalb einer Fehlergrenze von ± 20% erwiesen war (vgl. das Referat in dieser Zeitschr. **22**. S. 57. 1902), ist schon kurz darauf durch Nichols und Hull eine sehr viel genauere quantitative Bestätigung gebracht worden.

Die Versuchsanordnung war der Lebedew'schen ähnlich. Das Licht wurde von einer Bogenlampe geliefert, durch Diaphragmen begrenzt, durch Linsen parallel gemacht und fiel, nachdem durch eine schräg gestellte Glasplatte ein Teil für die Energiemessung auf ein Bolometer abgelenkt war, durch ein Glasfenster in einen evakuierten Raum auf den seitlichen Flügel

einer Torsionsvorrichtung von gemessener Direktionskraft. Auch die absolute Messung der Lichtenergie, also die Eichung des Bolometers, geschah auf ähnliche Weise wie bei Lebedew durch ein Metallkalorimeter (vorn beruhte Silberplatte mit Thermoelementen). Der Hauptunterschied, der zugleich ein großes Interesse in der neuen Arbeit beansprucht, liegt in der Art, wie die störende Einwirkung der umgebenden Luft vermieden wurde. Lebedew hatte dies erreicht durch einen außerordentlich hohen Grad der Verdünnung. Nichols und Hull untersuchten systematisch die Abhängigkeit des Einflusses vom Druck und fanden, daß die Wirkung auf die erwärmte Fläche eines Flügels bei manchen Luftdrücken abstoßend, bei anderen saugend ist, bei einem bestimmten Druck also verschwindet. Die Verf. fanden sogar mehrmalige Umkehrung der Wirkung, also mehrere ausgezeichnete Drucke (bei ihrer Versuchs-Anordnung zwischen 19,8 und 11,2 mm und zwischen 0,05 und 0,02 mm Quecksilber). Die Wirkung hängt sehr von der Anordnung ab. Wie stark sie noch bei sehr kleinen Drücken ist, geht daraus hervor, daß sie bei 0,02 mm stärker war, als bei allen zwischen 0,02 und 66 mm untersuchten Drücken.

Bei den eigentlichen Versuchen wurde stets ein ausgezeichneter Druck (etwa 16 mm) benutzt. Gemessen wurde der ballistische Ausschlag, den eine 6 Sekunden dauernde Bestrahlung des Flügels hervorrief. Zwei Flügel, bestehend aus runden, auf einer Seite versilberten Mikroskopdeckgläschen von 12,8 mm Durchmesser und 0,17 mm Dicke, waren symmetrisch angebracht und wurden abwechselnd und auf beiden Seiten benutzt. Die Versuche wurden mit drei Lichtarten (direktes Licht der Lampe, rotes Glas eingeschoben, Wasserschicht eingeschoben) ausgeführt und ergaben in allen drei Fällen eine Übereinstimmung des beobachteten Lichtdrucks mit dem aus der Energie berechneten Werte bis auf etwa 1%. Det.

Beziehung zwischen der Dichte und dem Brechungsverhältnis der Luft.

Von H. G. Gale. *Phys. Rev.* **14**, S. 1. 1902.

Ist d die Dichte und n der Brechungsindex einer Substanz, so gilt für sie bei verschiedenen Drücken und Temperaturen nach Gladstone und Dale die Beziehung

$$\frac{n-1}{d} = c_1,$$

nach Jamin

$$\frac{n^2-1}{d} = c_2$$

und nach Lorentz

$$\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = c_3,$$

wo c_1 , c_2 und c_3 Konstanten sind. Für Gase können diese drei Gleichungen auf dasselbe hinaus, da n nur sehr wenig von 1 verschieden ist. Es wird in diesem Falle sehr nahe $c_2 = 2c_1$ und $c_3 = \frac{2}{3}c_1$.

Inwieweit die obigen Gleichungen für Luft gelten, haben Mascart, v. Lang und Benoit bei verschiedenen Temperaturen, Mascart, Chappuis und Rivière und Carnazzi bei verschiedenen Drücken untersucht. Ihre Resultate widersprechen zum Teil einander. Der Verf. prüft die Beziehung für Drucke von 4 bis 19 Atmosphären.

Die Dichte wurde durch Druckmessungen bestimmt und zwar mit Hilfe des in Fig. 1 abgebildeten Manometers. Der Stahlzylinder AB von etwa 2,5 cm Durchmesser besitzt die zentrale Durchbohrung C von etwa 0,8 mm Durchmesser. Diese steht einerseits mit dem Kupferrohr F , das zu einem großen Luftbehälter führt, dem die zu untersuchende Luft entnommen wird, in Verbindung, andererseits mit dem Glasrohr LMN und kann gegen F und L durch die gut eingepaßten Stahllähne D und E abgeschlossen werden. Letzterer ist ein Dreiweghahn und ermöglicht es, L mit dem in AB eingekitteten Glasrohr W zu verbinden. Die Kugel O hat etwa 10 ccm Inhalt und das Rohr OMN etwa 0,5 cm inneren Durchmesser. Die mit Quecksilber gefüllte Kugel R von etwa 500 ccm Inhalt ist durch einen Gummischlauch mit P verbunden.

Zunächst wird E so gestellt, daß L mit W , nicht aber mit C in Verbindung steht, und R durch Verstellen der Klemmen T am Stabe S so weit gehoben, daß das Quecksilber in W anzusteigen beginnt. Hierauf wird E um 45° gedreht, sodaß seine drei Öffnungen verschlossen sind, und R gesenkt, bis das Quecksilber unterhalb O bei der festen Marke X steht. Die Schraube U dient hierbei zur Feinstellung. Dann wird es in dem andern Arm MN des Glasrohrs um etwa Barometerhöhe tiefer bei Y stehen. Ist p (gleich wenigen Milli-
meter) der Druck der in dem Raum OL zurückgebliebenen Luft, so ist die wirkliche Barometerhöhe gleich p plus Höhenunterschied zwischen X und Y , also p bestimmbar.

Nunmehr läßt man durch Öffnen des Hahns D sich C mit Luft vom Drucke p' ans dem Luftbehälter füllen. Darauf wird D geschlossen und E um 45° weitergedreht, sodaß C mit OL , nicht aber mit W verbunden ist. Infolge der Druckausgleichung der Luft im Raume OLC sinkt das Quecksilber etwas unter X . Durch Heben von R stellt man alsdann das Quecksilber wieder auf die Marke X ein. Ist jetzt der Luftdruck in OLC gleich P und steht das Quecksilber in Rohr MN bei Y' , so folgt

$$\frac{p'}{K} = P - p + \frac{p}{K},$$

wenn

$$K = \frac{V + v'}{v'}$$

gesetzt wird, und wenn V das Volumen des Raumes OL zwischen X und dem Hahn E und v' das kleine Volumen von C zwischen den Hähnen D und E bezeichnet.

Da nun $P - p$ gleich dem Höhenunterschied zwischen Y und Y' ist,

$$P - p = Y' - Y,$$

so ist der zu messende Druck p' bestimmt. Für die vorliegende Untersuchung brauchen aber nur relative Druckmessungen ausgeführt zu werden. Man kann daher schreiben

$$p' \text{ ist proportional } Y' - Y + \frac{p}{K}.$$

Hierbei ist p/K nur ein kleines Korrektionsglied, weil K etwa gleich 30 ist. So war z. B. für p' gleich etwa 4 Atmosphären

$$Y' - Y = 110,80 \text{ mm} \quad p = 4,45 \text{ mm} \quad \frac{p}{K} = 0,14 \text{ mm}.$$

Der Verf. zeigt noch durch Rechnung, daß wegen der Abweichungen vom Boyleschen Gesetz nicht genau p' , sondern vielmehr die Dichte

$$d \text{ proportional } Y' - Y + \frac{p}{K}$$

ist, worauf es ja hier gerade ankommt.

Die Luft, deren Brechungsquotient bestimmt werden soll, befindet sich in einer von zwei ähnlichen, etwa 15 cm langen Röhren (Fig. 2), deren Enden durch Glasplatten verschlossen sind. Zwei durch lange Bolzen miteinander verbundene Stahlplatten pressen die Glasplatten fest gegen die Röhrenden an. Zu beiden Seiten der Glasplatten sind Gummiringe zwischengefügt.

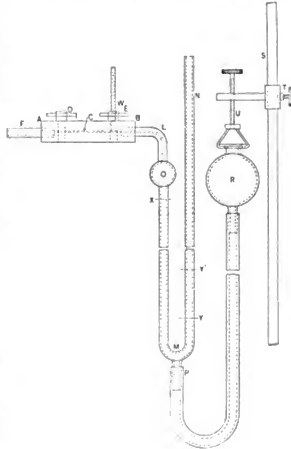


Fig. 1.

Die Bestimmung des Brechungsindex erfolgt in bekannter Weise mit Hilfe des Jaminischen Interferentialrefraktors. Um die beiden interferierenden Strahlenbüschel genügend weit voneinander zu trennen, ist, wie aus Fig. 3 hervorgeht, jede der beiden Jaminischen dicken Platten durch zwei Platten ersetzt worden. Da der Verf. ausdrücklich erwähnt, daß er dies für eine wesentliche Verbesserung des Jaminischen Interferenzrefraktors hält und sie auf Michelsons Rat hin angebracht hat, so ist ihm also entgangen, daß bereits L. Zehnder (Ein neuer Interferenzrefraktor, *diese Zeitschr.* **11.** S. 275. 1891) und Ludwig Mach (Über einen Interferenzrefraktor, *diese Zeitschr.* **12.** S. 89. 1892) zwei auf dem gleichen Prinzip beruhende Interferenz-

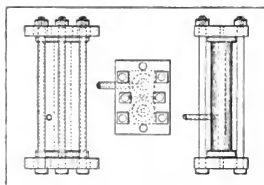


Fig. 2.

refraktometer beschrieben haben, bei welchen der Abstand der beiden Strahlenbüschel viele Zentimeter groß gemacht werden kann.

Die Beobachtungen werden mit grünem Quecksilberlicht ausgeführt. Beträgt die Strecke, welche der Lichtstrahl in der komprimierten Luft vom Drucke p' zurücklegt, N' Wellenlängen, und kommen auf eine gleich lange Strecke im Vakuum N Wellenlängen, so ist

$$n - 1 = \frac{N' - N}{N}$$

und daher

$$n - 1 \text{ proportional } N' - N.$$

$N' - N$ ist nun gleich der Anzahl der Interferenzstreifen, die vorüberwandern, wenn man die komprimierte Luft allmählich aus dem Rohre ganz entfernt. Praktisch wurde in der Weise

verfahren, daß man die Luft nur bis auf Atmosphärendruck entfernte, bis also in beiden Rohren die Luftdichte die gleiche war und die Streifen still standen. Die Anzahl der Streifen, die nun noch vorbeiwandern würden, wenn die Luft aus dem einen Rohre vollständig entfernt werden könnte, ist dann leicht zu berechnen.

In der folgenden Tabelle sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt.

p' in Atmosphären etwa	$Y' - Y + \frac{p}{K}$ in cm	$N' - N$	$\frac{N' - N}{Y' - Y + \frac{p}{K}}$
4	9,989	316,7	31,70
	10,146	321,2	31,66
	10,163	321,6	31,64
7,2	18,281	579,2	31,68
	18,365	582,7	31,72
10,6	26,932	852,6	31,66
14,2	35,990	1142,1	31,69
19,2	48,780	1545,1	31,68

Die Zahlen $N' - N$ sind bis auf die Größe 0,1 genau, dagegen die Größen $Y' - Y + (p/K)$ nur auf 0,1 bis 0,2% sicher. Es können daher die in den Werten der letzten Spalte vor-

handenen Abweichungen, welche 0,2% nicht übersteigen, auf Beobachtungsfehler geschoben werden. Es folgt somit, daß $\frac{n-1}{d}$, das ja dem Ausdruck

$$\frac{N' - N}{\gamma' - \gamma + \frac{P}{K}}$$

proportional ist, bis zu Drucken von 20 Atmosphären bis auf etwa $\pm 0,1\%$ konstant bleibt.

Schek.

Über photographische Spektrophotometrie.

Von C. Camichel. *Compt. rend.* **137**. S. 184. 1903; *Journ. de phys.* **2**. S. 899. 1903.

Der vom Verf. benutzte Apparat besteht aus einem Spektrographen mit drei Flintglaslinsen, auf dessen Spalt das Licht einer konstant gehaltenen Nernst-Lampe fällt. Aus dem entstehenden Spektrum wird durch eine Blende von 8 mm \times 1,5 mm Öffnung diejenige Strahlengattung ausgeblendet, welche untersucht werden soll, und es werden auf einer unmittelbar hinter jener Blende befindlichen, verschiebbaren photographischen Platte eine Reihe Aufnahmen gemacht. Die Schwärzung dieser Negative wird dann folgendermaßen bestimmt. Mittels einer Konvexlinse wird der Leuchtfaden einer konstant gehaltenen Nernst-Lampe auf die zu messende Stelle des Negativs projiziert; eine zweite Konvexlinse hinter dem Negativ entwirft von jenem ersten Bild der Nernst-Lampe wiederum ein Bild, welches von einer Thermoskule aufgefangen wird, die den Betrag der durchgelassenen Strahlung zu messen erlaubt.

Diesen Apparat verwendet der Verf. zu verschiedenen Versuchen; so weist er zunächst nach, daß die von ihm benutzten Lumière-Platten über größere Strecken hin genügend homogen sind, daß sie aber nicht das Bunsen-Roscoe'sche Gesetz befolgen. Hauptsächlich aber diente der Apparat zur Ausführung spektrophotometrischer Messungen. Auf ein und dieselbe Platte wurden an gleichweit auseinander liegenden Stellen eine Reihe gleichlanger Expositionen gemacht: die erste, dritte u. s. w. mit der einen Lichtquelle von der Intensität J , die zweite, vierte u. s. w. mit der andern Lichtquelle, deren Intensität J_1 jedesmal in meßbarer (übrigens vom Verf. nicht angegebener) Weise geschwächt worden war. Die Schwärzungen der Platte wurden wie oben mit der Thermoskule bestimmt und die so erhaltenen Zahlen auf graphischem Wege ausgewertet, indem die Nummern der Expositionen als Abszissen, die Galvanometerausschläge als Ordinaten eingetragen wurden. Entsprechend der Anordnung des Versuchs werden die Belichtungen mit J , falls die Lichtquelle konstant blieb und die Platte homogen war, eine Parallele zur Abszissenachse, die Belichtungen mit J_1 aber eine Kurve geben.

Der Schnittpunkt dieser Kurve mit der zur Abszissenachse parallelen Geraden ist der Punkt, wo die Wirkung der beiden Intensitäten die gleiche ist. Die Genauigkeit dieser photographisch-spektrophotometrischen Methode ist nach Angabe des Verf. eine sehr hohe.

G. E.

Photometrie von elektrischen Lampen.

Von J. A. Fleming. *The Electrician* **50**. S. 438. 1903; *Journ. of the Instit. of Electr. Eng.* **32**. S. 119. 1903.

Vor der *Institution of Electrical Engineers* hat Fleming einen bemerkenswerten Vortrag über den in der Überschrift angegebenen Gegenstand gehalten. Veranlaßt wurde der Vortrag durch den Umstand, daß zwei verschiedene Laboratorien für dieselben Glühlampen bis zu 25% verschiedene Lichtstärkenwerte gefunden hatten. Fleming schreibt diese Abweichungen der Unvollkommenheit der photometrischen Methoden zu. Nach Ansicht des Ref. müssen bei den Prüfungen mangelhafte Lichteinheiten benutzt und überdies gröbere Versuchsfehler begangen worden sein.

Der Vortrag zerfällt in vier Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden die Lichteinheiten behandelt. Fleming kommt zu dem Schlusse, daß die Viollesche Platinlichteinheit und die

von Harcourt im Jahre 1877 vorgeschlagene 1 Kerzen-Pentanlampe als primäre Lichteinheiten, dagegen die Hefnerlampe, die Harcourtsche 10 Kerzen-Pentanlampe und die vom Vortragenden angegebenen elektrischen Glühlampen mit weitem Glasgefäße nur als sekundäre Lichteinheiten zu verwenden seien. Der Violleschen Einheit, welche man schon abgetan glaubte, weist er auf Grund der Untersuchungen von Petavel die erste Stelle an. Gegen die Hefnerlampe erhebt er den Einwand, daß ihr Licht zu rüthlich sei. Die Bevorzugung der 1 Kerzen-Pentanlampe vor der Hefnerlampe findet Ref. völlig unbegründet, da über jene nicht genügend Beobachtungsmaterial vorliegt. Ferner ist Fleming mit seinem gegen die Hefnerlampe gemachten Einwand inkonsequent, da er an anderer Stelle darauf hinweist, daß durch die Flacker-Photometrie die Schwierigkeiten beim Vergleiche verschieden gefärbten Lichtes bedeutend herabgemindert seien. Überdies wirkt Flemings ungünstiges Urtheil über die Hefnerlampe um so befremdender, als er die Untersuchungen von Liebenthal über den Einfluß der ungebundenen Luft mittheilt, aus denen hervorgeht, daß sich die Lichtstärke der in reiner Luft brennenden Hefnerlampe unter Berücksichtigung der Luftfeuchtigkeit bis auf 1% genau bestimmen läßt. In Bezug auf die Glühlampen ist zu bemerken, daß sie nicht Lichteinheiten, sondern nur konstante Zwischenlichtquellen sind.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit den photometrischen Messungen. Zunächst werden die beiden Lummer-Brodhunschen Photometer, ein von Fleming angegebene, ebenfalls auf Totalreflexion beruhendes Photometer und das von den *Gas Referees* für die Londoner Gasprüfungsämter vorgeschriebene, mit „*Photopet*“ bezeichnete Photometer beschrieben. Hierauf werden Vorschläge bezüglich der Photometerräume und der Aufstellung der Meßapparate in denselben gemacht. Zur Bestimmung der Lichtverteilung wird eine Spiegelanordnung nach Rousseauschem Prinzip empfohlen. Die horizontalen Strahlen der zu messenden Lampe werden durch drei nach Krüssscher Anordnung fest miteinander verbundene, still stehende Spiegel auf die eine Seite des Photometerschirmes, die in der zu untersuchenden Richtung ausgehenden Strahlen werden ebenfalls durch drei fest miteinander verbundene, aber um die Photometerachse drehbare Spiegel auf die andere Seite des Photometerschirmes geworfen. Die Einstellung wird mittels eines rotierenden Sektors ausgeführt, dessen wirksame Öffnung sich durch eine von Abney angegebene Vorrichtung während der Rotation ändern läßt. Redner theilt hierbei die Ergebnisse seiner Versuche über die Proportionalität zwischen Lichtstärke und Sektorenöffnung mit, wobei die früheren Arbeiten von Lummer und Brodhan nicht erwähnt werden. Zum Schlusse wird die Rousseausche Methode der Bestimmung der mittleren räumlichen Lichtstärke besprochen und das Lumenmeter von Blondel kurz erwähnt.

Im dritten Teil, welcher einen kurzen Überblick über die Photometrie verschieden gefärbter Lichtquellen gibt, werden die Methoden der *gleichen Helligkeit* und der *gleichen Schärfe* sowie das Purkinjesche Phänomen behandelt. Fleming stellt die Behauptung auf, daß mit Rücksicht auf das Purkinjesche Phänomen unsere bisherigen Methoden, die Lichtstärke zu definieren, unvollkommene sind. Glücklicherweise besteht, wie Brodhan nachgewiesen hat, das Purkinjesche Phänomen nicht mehr oder doch nur in sehr geringem Maße, falls die Beleuchtungsstärke des Photometerschirmes eine gewisse Grenze überschritten hat. Schließlich werden die Flacker-Photometer von Rood und Whitman sowie dasjenige des Vortragenden beschrieben.

Der vierte Abschnitt bespricht die photometrischen Einheiten, wie sie vom internationalen Genfer Kongreß 1896 festgelegt sind. Fleming ist der Ansicht, daß die Kerze für eine Lichteinheit zu klein ist; er bemängelt überdies den Ausdruck „Kerze“ und schlägt statt dessen die Bezeichnung „Lampe“ vor, womit er eine Lichtstärke von 10 Kerzen bezeichnen will. Diese Bezeichnung wählt er, weil das Wort „Lampe“ nicht allein im Englischen, sondern auch im Französischen und Deutschen vorkommt. In entsprechender Weise schlägt er statt der Bezeichnung „Lux“ die Bezeichnung „Meterlampe“ vor, womit eine Beleuchtung von 10 Lux bezeichnet werden soll. Am Schlusse seines Vortrages spricht Fleming den Wunsch aus, daß die Lichteinheiten nochmals gründlich untersucht würden, damit man endlich zu einer allgemein anerkannten internationalen Lichteinheit gelange.

Der Anhang enthält eine (nicht vollständige) Zusammenstellung der Literatur über photo-metrische Arbeiten.

An den Vortrag schloß sich eine lebhafte Diskussion. Hierbei fand die Hefuerlampe besonders in Glazebrook und Campbell warme Verteidiger. Der letztere wies darauf hin, daß elektrische Glühlampen, welche die Physikalisch-Technische Reichsanstalt vor acht Jahren und erst kürzlich wieder geprüft hatte, von ihm bis auf 1% übereinstimmend gefunden worden waren. Lh.

Über Neuerungen an Kompensationsapparaten.

Von R. Franke. *Elektrotechn. Zeitschr.* 24, S. 978, 1903.

Der Kompensator von Franke besteht aus einem Schleifdraht AB (Fig. 1), der über einer hundertteiligen Skale ausgespannt ist, und aus vierzehn in gerader Reihe angeordneten Widerstandsrollen, deren jede einen dem Schleifdraht gleichen Widerstand (4 Ohm) besitzt.



Fig. 1.

Diese Widerstände (einschl. Schleifdraht) werden mit einem Regulierwiderstand R und einem Akkumulator H zu einem Stromkreise verbunden. Von zwei Schiebekontakten K_1, K_2 wird durch ein Galvanometer zum Normalelement N oder der zu messenden Spannung S abgezweigt.

Die Messung wird, wie beim Feußnerschen Kompensator, in der Art ausgeführt, daß man zunächst an den Kompensatorwiderständen bzw. dem Schleifdraht den Wert des Normalelement entsprechenden Widerstandes einstellt und durch Benutzung des Regulierwiderstandes R das Normalelement N kompensiert; schaltet man darauf durch einen doppelpoligen Hebelschalter die Spannung S ein, so kann man nach erneutem Kompensieren unmittelbar die zu messende Spannung ablesen. Das Meßbereich in dieser Schaltung geht von 0,1 bis 1,5 Volt. Um höhere Spannungen zu messen, ist ein Kasten von 10000 Ohm beigegeben, der an die zu messende Spannung angeschlossen wird. Mittels eines Stöpsels kann

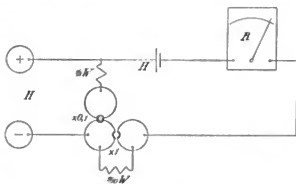


Fig. 2.

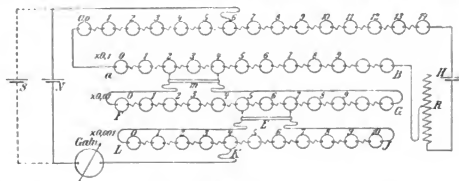


Fig. 3.

von den Werten 100; 1000; 10000 abgezweigt werden; dieser Spannungsteiler gestattet somit in bekannter Weise das Meßbereich auf 15, 150 bzw. 1500 Volt zu erhöhen. Um auch kleinere Spannungen als 0,1 Volt messen zu können, wird eine Anordnung getroffen, die in

Prinzip bereits von Anderen (vgl. z. B. Lindeck und Rothe, *diese Zeitschr.* **20**, S. 292. 1900) benutzt worden ist. Bedeutet W den Gesamtwiderstand des Kompensators, so wird zu dem-

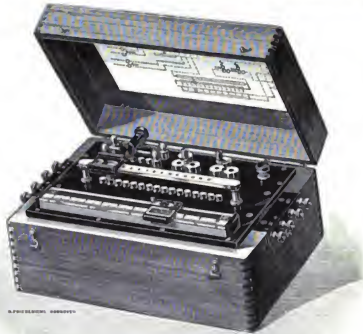


Fig. 4.

selben ein Nebenschluß $W/9$ gelegt und ein Widerstand $0,9 W$ vorgeschaltet (Fig. 2). Dadurch erfährt der Gesamtwiderstand des Stromkreises keine Änderung, während die Spannung an den Kompensatorklemmen auf den zehnten Teil gebracht wird, d. h. das Meßbereich erstreckt

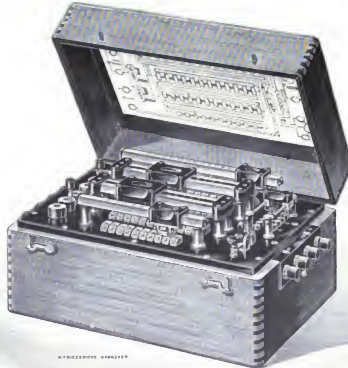


Fig. 5.

sich nunmehr von 0,01 bis 0,15 Volt. Durch einen Nebenschluß von $W/99$ und Vorschalten von $0,99 W$ wird das Meßbereich im Verhältnis 1:100 verändert. Die erreichbare Messungsgenauigkeit beträgt etwa $1/1000$.

Diese Apparate werden von der Reichsanstalt nicht beglaubigt, weil Widerstände mit ausgespannten Meßdrähten von der Beglaubigung ausgeschlossen sind.

Es ist deshalb noch ein zweiter größerer Kompensator ohne Schleifdraht konstruiert worden, dessen Anordnung denjenigen von Raps (*diese Zeitschr.* 15, S. 215. 1895) und Carpentier (vgl. *diese Zeitschr.* 21, S. 188. 1901) ähnelt. Hierbei sind eine Reihe Widerstände von 14×100 Ohm und von 11×10 Ohm hinter einander geschaltet. Durch einen zwei Kontakte überspannenden Schieber m (Fig. 3) ist zu 2×10 Ohm der letzten Reihe eine Reihe von 11×2 Ohm parallel geschaltet. Durch Wiederholung desselben Prinzips ist durch den Schieber E zu 2×2 Ohm eine Reihe von $10 \times 0,4$ Ohm parallel geschaltet; von der ersten und letzten Reihe wird zum Galvanometer und zu N bzw. S abgezweigt. Eine einfache Überlegung zeigt, daß man auch hier an der Stellung der vier Schlitten direkt die Spannung auf vier Stellen abliest. Die Fig. 4 und 5 stellen die in Fig. 1 und 3 schematisch gekennzeichneten Apparate in ihrer äußeren Ansicht dar. E. O.

Neu erschienene Bücher.

A. A. Michelson, *Light waves and their uses. The decennial publications of the University of Chicago.* 8°. 166 S. m. 108 Fig. u. 3 Spektraltafeln. Chicago 1903. Geb. 10,00 M.

Das Buch verdankt seine Entstehung einer Reihe von Vorlesungen, die bereits im Jahre 1899 gehalten wurden. Wie der Verf. mitteilt, ist nach Möglichkeit die Form des mündlichen Vortrags gewahrt geblieben. Es mag z. T. aus diesem Umstande eine Erklärung für die durch das ganze Buch hindurchgehende Frische gefunden werden, eine Frische, die um so mehr auffällt, als das behandelte Thema im allgemeinen für „trocken“ gilt und auch nichts von der Zugkraft der augenblicklich modernen physikalischen Disziplinen besitzt. Aber es läßt sich noch ein zweiter Erklärungsgrund für die originale Lebendigkeit der Darstellung anführen: der Verf. bewegt sich ausschließlich auf seinem eigenen Arbeitsgebiet, auf dem er wie kaum ein anderer Physiker zu Hause ist. So ist es möglich, daß fast alle mitgeteilten Experimente und Tatsachen nicht nur in klarer, sachkundiger Darlegung, sondern außerdem noch im Lichte persönlicher Erlebnisse erscheinen.

Der Verf. gibt im wesentlichen die Quintessenz seiner wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der optischen Interferenz wieder. Nach zwei einleitenden Kapiteln wird behandelt: die Anwendung der Interferenzen zur Messung von Längen und Winkeln, die Anwendung der Interferenzen in der Spektroskopie, die Einführung der Lichtwellen als Normale des Längenmaßes, das Zeemansche Phänomen, die Anwendung der Interferenzen in der Astronomie und bei der Behandlung schwieriger theoretisch-physikalischer Probleme, welche die Mitführung des Lichtäthers bei der Bewegung der Körper betreffen. Über einzelne dieser Materien ist auch in dieser Zeitschrift schon berichtet worden, das meiste findet man jedoch nur in den zerstreuten Originalabhandlungen. Wenn in dem vorliegenden Werk zum ersten Mal eine zusammenfassende Schilderung der Arbeiten des Verf. gegeben wird, so ist dies um so dankenswerter, als die Darstellung allgemeinverständlich gehalten ist und ihr auch der Nichtspezialist stets folgen kann.

Eines hat der Ref. allerdings auszusetzen: Trotzdem der Verf. in der Einleitung hervorhebt, daß er sich fast ausschließlich auf die Darstellung seiner eigenen Untersuchungen beschränken wolle, so hätte man doch erwarten dürfen, wenigstens Hinweise auf die neueren Arbeiten, besonders französischer und deutscher Physiker zu finden, zumal durch diese Forschungen die Michelsonschen Resultate teilweise überholt werden. E. Gehrcke.

Webers illustrierte Katechismen. Nr. 44, 57, 235 u. 245. 12°. Leipzig, J. J. Weber. Geb. in Leinw.

44. C. Pietsch, Katechismus d. Feldmeßkunst. 7. Aufl. V, 96 S. m. 76 Abbildgn. 1903. 1,80 M. — 57. J. Kollert, Katechismus d. Physik. 6., verb. u. verm. Aufl. XVI, 593 S. m. 364 Abbildgn. 1903. 7,00 M.

- F. Exner u. E. Haschek**, Wellenlängentabellen f. spektralanalytische Untersuchgn. auf Grund der ultravioletten Bogenspektren d. Elemente. 2 Tle. gr. 8°. II, 89 u. 213 S. Wien, F. Deuticke 1904. 25,00 M.
- Geometer-Kalender**, Neuer deutscher, f. d. J. 1904. Ausg. f. das Königr. Preußen. Hrg. v. K. Mühlenthal. 3. Jahrg. 2 Tle. 8°. 135 S., Schreibkalender u. 142 S. m. 1 Karte. Liebenwerda, R. Reiss. Geb. in Leinw. u. geb. 2,00 M.
- J. H. van 't Hoff**, Vorlesgn. üb. theoret. u. physikal. Chemie. 3. Hft. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.
3. Beziehungen zwischen Eigenschaften u. Zusammensetzung. 2. Aufl. X, 155 S. m. Abbildgn. 1903. 4,00 M.
- R. A. Millikan**, *New instruments of precision from the Ryerson Laboratory*. 4°. 8 S. m. Illustr. Chicago 1903. 6,00 M.
- G. Quesneville**, *Théorie nouvelle de la polarisation rotatoire*. 8°. 115 S. m. Fig. Paris 1903.
- J. J. Thomson**, *Conduction of electricity through gases*. 8°. Mit Illustrat. London 1903. Geb. in Leinw. 16,50 M.
- Abhandlungen zur Geschichte der mathemat. Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen.** Begründet v. M. Cantor. 17. Hft. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.
17. H. G. Zeuthen, Geschichte d. Mathematik im XVI. u. XVII. Jahrh. Deutsche Ausg. unter Mitwirk. des Verf. besorgt von R. Meyer. VIII, 436 S. m. 32 Fig. 1903. 16,00 M.; geb. 17,00 M.
- M. Dennstedt**, Anleitung, z. vereinfachten Elementaranalyse f. wissenschaftl. u. techn. Zwecke. gr. 8°. 44 S. m. Abbildgn. Hamburg, O. Meissner 1903. 1,20 M.
- F. Klein u. A. Sommerfeld**, Üb. d. Theorie d. Kreisels. III. Hft. Die stör. Einflüsse. Astronomische u. geophysikal. Anwendgn. gr. 8°. IV u. S. 513—759 m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1903. 9,00 M.
- L. Kronecker**, Vorlesungen üb. Mathematik. In 2 Tln. II. Tl. Vorlesungen üb. allgemeine Arithmetik. 2. Abschn.: Vorlesgn. üb. die Theorie der Determinanten. Bearb. u. fortgeführt v. Prof. Dr. K. Hensel. 1. Bd. 1. bis 21. Vorlesg. gr. 8°. XII, 390 S. m. 11 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1903. 20,00 M.; geb. 21,00 M.
- F. P. Treadwell**, Tabellen zur qualitativen Analyse, bearb. unter Mitwirk. v. Prof. Dr. V. Meyer. 5., verm. u. verb. Aufl., neu bearb. v. F. P. Treadwell. gr. 8°. 24 Tab. in gr. 4° u. gr. 8° m. IV S., 4 Bl. m. 6 S. Text. Berlin, F. Dünmiller 1904. Kart. 4,00 M.
- Schoenflies** Handbuch d. Mathematik. 2. Aufl. Hrg. v. Prof. Dr. R. Henke u. Prof. Dr. R. Heger. I. u. II. Bd. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth. Je 20,00 M.; geb. in Halbfrz. 22,50 M.
I. Elementarmathematik. XII, 611 S. m. 321 Fig. 1904. 20,00 M.; geb. 22,50 M. —
II. Höhere Mathematik. I. Tl. VIII, 765 S. m. 281 Fig. u. 12 Taf. 1904. 20,00 M.; geb. 22,50 M.
- Sammlung** Göschen. 1., 4., 80., 81., 88., 177., 178., 180.—183. u. 185. Bdchn. 12°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw. je 0,80 M.
81. H. Schubert, Vierstellige Tafeln u. Gegentafeln f. logarithmisches u. trigonometrisches Rechnen, in 2 Farben zusammengestellt. 2. Aufl. 128 S. 1903. — 88. F. Junker, Höhere Analysis. 2. Tl. Integralrechnung. 2., verb. Aufl. 2. Abdr. 208 S. m. 89 Fig. im Text. 1903. — 178. W. Hauber, Statik. I. Tl. Die Grundlehren der Statik starrer Körper. 148 S. m. 82 Fig. 1903.
- F. B. Ahrens**, Handb. d. Elektrochemie. 2., völlig neu bearb. Aufl. gr. 8°. X, 686 S. m. 293 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1903. 15,00 M.; geb. in Leinw. 16,20 M.
- L. Darmstaedter u. R. du Bois Reymond**, 4000 Jahre Pionier-Arbeit d. exakten Wissenschaften. gr. 8°. V, 389 S. Berlin, J. A. Stargardt 1904. 4,00 M.; geb. 5,00 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

April 1904.

Viertes Heft.

Objektivuntersuchungen.

Von

J. Hartmann in Potsdam.

(Fortsetzung von S. 47.)

II. Prüfung kleinerer Objektivs.

37. Nachdem ich im vorhergehenden die Untersuchung eines Fernrohrobjektivs eingehend besprochen habe, kann ich mich bei der Mitteilung des Prüfungsverfahrens kleinerer, insbesondere photographischer Objektivs in einigen Punkten kürzer fassen. Der Unterschied, den man zwischen diesen beiden Gruppen von Objektivs hier machen muß, ist in mehreren Umständen begründet. Erstens ist schon die Montierung, das Rohr mit Auszug, Mikrometer u. s. w., mit deren Benutzung die oben besprochene Untersuchung ausgeführt wurde, bei kleineren Objektivs in der Regel nicht vorhanden. Zweitens werden die linearen Beträge der Aberrationen entsprechend den Dimensionen der Linsen ebenfalls kleiner, und da die Methode der extrafokalen Messungen, wie oben gezeigt wurde, die Fokusbestimmung stets mit gleicher linearer Schärfe — unabhängig von der Größe der Brennweite — ergibt, so ist dieses Verfahren bei sehr kurzen Brennweiten *relativ* weniger genau, und es sind daher hierfür in einzelnen Fällen schärfere Methoden erwünscht. Drittens werden die kleineren Objektivs im Gegensatz zu den Fernrohrobjektivs meistens noch sehr weit außerhalb der optischen Hauptachse benutzt, und es treten daher zu den früheren Prüfungen noch Untersuchungen über die Form des Bildfeldes und über die Aberrationen außerachsialer Punkte hinzu. Endlich ist bei der Prüfung kleiner Objektivs die Benutzung von Kollimatoren und anderen Hilfsfernrohren mit *größerer* Brennweite zulässig, wodurch gewisse Vereinfachungen des Verfahrens möglich sind. Jedenfalls ist leicht einzusehen, daß die Prüfung der außerachsialen Bilder wesentlich schwieriger ist, als die des zentralen Bildes; doch ist es mir gelungen, auch hierfür noch recht einfache Methoden aufzufinden.

A. Extrafokale Messungen außerhalb der Achse.

38. Bei den Untersuchungen der Bilder außerhalb der Achse zeigt sich der Wert der extrafokalen Meßmethode erst in seinem vollen Umfange. Während bisher der Optiker zur Prüfung dieser Bilder rechnerisch eine Anzahl schiefer Strahlen durch das System verfolgen mußte, was bei viellinsigen Objektivs eine außerordentlich mühevoll Arbeit war, ermöglicht das Verfahren, welches ich hier beschreiben werde, innerhalb weniger Stunden den Verlauf aller unter beliebigen Winkeln in das Objektiv einfallenden Strahlen mit größter Sicherheit festzulegen und jede in bezug auf den Strahlengang gestellte Frage in sehr anschaulicher Weise zu beantworten.

Man führt diese Untersuchung am besten auf photographischem Wege aus und bedient sich dabei der in Fig. 16 dargestellten einfachen Vorrichtung. Auf einem Brett *A* befestigt man eine hinreichend stabile Kamera *B* so, daß der vordere Scheitel des zu prüfenden Objektivs *C* nahe senkrecht über einem Stifte *D* liegt, der durch

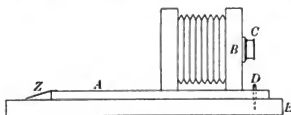


Fig. 16.

das Brett in die Tischplatte *E* geschlagen ist. Der Apparat läßt sich mithin um *D* als vertikale Achse drehen, und man trägt auf die Tischplatte eine grobe, etwa von 5° zu 5° gehende Kreisteilung auf, an welcher die Stellung der Kamera mittels des Zeigers *Z* abgelesen wird.

Vor der Kamera stellt man in möglichst großer Entfernung eine punktförmige Lichtquelle so auf, daß sie sich auf der optischen Achse befindet, wenn die Kamera auf den Nullstrich der Kreisteilung eingestellt ist.

Die vor dem Objektiv anzubringende Blende ist von der früher in Fig. 2 dargestellten Form, mit dem einzigen Unterschiede, daß bei allen außerachsialen Aufnahmen auch der Mittelpunkt der Blende durch eine Öffnung zu markieren ist. Die Blende muß sehr dünn und gut plan sein, und sie wird in der Fassung des Objektivs so befestigt, daß sie mit ihrer mittleren Öffnung den vorderen Linsenscheitel berührt, und daß einer der mit Löchern besetzten Blendendurchmesser der Tischebene parallel, also horizontal liegt.

Durch Beobachtung des Bildes auf der Einstellscheibe ermittelt man nun zunächst eine Stellung des Kameraauszuges *innerhalb* des Fokus, in welcher alle Blendeneöffnungen, auch bei den größten Einfallswinkeln, sich deutlich getrennt abbilden, und macht in dieser Stellung auf eine Platte neben einander eine Reihe von Aufnahmen in den von 5° zu 5° fortschreitenden verschiedenen Lagen der Kamera. Eine zweite derartige Platte nimmt man *außerhalb* des Fokus auf. Nach der Art ihrer Entstehung liegen die sämtlichen Bilder neben einander auf einem horizontalen Durchmesser der Platten, und es genügt daher auch, für diese Aufnahmen nur schmale Plattenstreifen, die jedoch nicht gebogen sein dürfen, in die Kassette zu legen, was namentlich bei großen Plattenformaten eine wesentliche Erleichterung ist. Da die Belichtung jedes einzelnen Bildes etwa drei Minuten dauert, so ist die Aufnahme der beiden Platten bequem in einer Stunde zu erledigen, und hiermit ist dann das Material für die Untersuchung aller Eigenschaften des monochromatischen außerachsialen Bildes gewonnen.

39. Die Beschreibung der Bearbeitung dieser Aufnahmen wird am besten wieder an der Hand eines numerischen Beispiels erfolgen, und ich wähle hierzu die Untersuchung eines gewöhnlichen Feldstecher-Objektivs von 40 mm Öffnung und 157 mm Brennweite, da gerade die Erscheinungen an einem solchen, außerhalb der Achse überhaupt nicht korrigierten Objektiv für die Einführung in derartige Untersuchungen besonders lehrreich sind.

Die Fig. 17 und 18 zeigen eine etwa $1\frac{1}{2}$ -fache Vergrößerung der beiden Aufnahmen innerhalb und außerhalb des Fokus. Die Abstände der Platte von der Mitte des Objektivs waren $A_1 = 113,5 \text{ mm}$ und $A_2 = 176,5 \text{ mm}$, mithin $A_2 - A_1 = 63,0 \text{ mm}$; die Lichtquelle, eine durch eine Petroleumlampe beleuchtete Öffnung von 1 mm Durchmesser, war 6,12 m vom Objektiv entfernt. Bei der ersten Aufnahme mußte das Mittelbild fortgelassen werden, da es sich zum Teil mit dem 5° -Bilde überdeckt hätte; es wurde auf einer anderen Platte aufgenommen. Bei zusammengesetzten, sehr dicken Objektiven fallen in den seitlichen Aufnahmen durch die Selbstvignettierung nach

und nach die Bilder der Randstrahlen weg. Dies ist auf den Gang der Untersuchung ohne jeden Einfluß.

Die Ausmessung der Bilder erfolgte in rechtwinkligen Koordinaten, wobei der Anfangspunkt jedesmal in das Bild der mittelsten Blendenöffnung, die z -Achse in die der horizontalen Tischplatte parallele Meridianebene gelegt wurde; $+z$ ist nach innen (rechts in Fig. 17 und 18), $+y$ nach unten gerichtet. Das achsiale Bild eines genau zentrierten Linsensystems müßte eigentlich zur y -Ebene und zur z -Ebene genau symmetrisch sein, während die außersachsialen Bilder nur zur Meridianebene symmetrisch liegen müßten. Wie Fig. 18 zeigt, ist bei obigen Aufnahmen beides nicht streng der Fall. Dieses rührt daher, daß das mit 0° bezeichnete Bild nicht genau auf der optischen Hauptachse lag, da es nur ungefähr in die Mitte der Platte gebracht wurde.

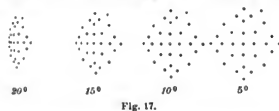


Fig. 17.



Fig. 18.

Zwar wäre es nicht schwer, durch genauere Zentrierung die Unsymmetrie der Bilder zu verhindern, doch ist dies nicht unbedingt nötig, da man in der Rechnung den sekundären, nur durch die fehlerhafte Zentrierung verursachten Astigmatismus leicht eliminieren kann. Die Unsymmetrie zur Meridianebene wird, falls sie nur klein ist, beseitigt, indem man aus den oberhalb und unterhalb dieser Ebene gemessenen Werten von y und z das Mittel nimmt, und der in der z -Ebene selbst liegende Teil des Zentrierfehlers bewirkt nur, daß die Aufnahmen nicht streng den angegebenen Neigungen gegen die Hauptachse, sondern anderen Winkeln entsprechen, deren genaue Werte ich später aus der Form der Bilder selbst ableiten werde.

Tafel XIII.

r	φ	y_1	y_2	$y_2 - y_1$	η	z_1	z_2	$z_2 - z_1$	ζ
5,0	0°	0,00	0,00			- 1,79	+ 2,95	+ 4,74	0,378
	90	- 2,54	+ 1,81	+ 4,35	0,584	+ 0,05	+ 0,07	+ 0,02	
	180	0,00	0,00			+ 2,02	- 2,58	- 4,60	0,439
8,0	45	- 2,62	+ 2,07	+ 4,69	0,559	- 1,88	+ 3,32	+ 5,20	0,362
	135	- 2,83	+ 1,82	+ 4,65	0,609	+ 2,30	- 2,75	- 5,05	0,455
11,0	0	0,00	0,00			- 3,45	+ 6,70	+ 10,15	0,340
	90	- 5,36	+ 3,87	+ 9,23	0,581	+ 0,21	+ 0,31	+ 0,10	
	180	0,00	0,00			+ 4,56	- 5,05	- 9,61	0,475
14,0	15	- 1,63	+ 1,53	+ 3,16	0,516	- 4,07	+ 8,72	+ 12,79	0,318
	45	- 4,46	+ 3,90	+ 8,36	0,533	- 3,04	+ 6,39	+ 9,43	0,322
	75	- 6,42	+ 4,99	+ 11,41	0,563	- 0,93	+ 2,47	+ 3,40	0,274
	105	- 6,68	+ 4,58	+ 11,26	0,593	+ 1,66	- 1,39	- 3,05	0,544
	135	- 5,08	+ 3,09	+ 8,17	0,622	+ 4,22	- 4,41	- 8,63	0,489
	165	- 1,88	+ 1,05	+ 2,93	0,642	+ 5,77	- 6,00	- 11,77	0,490
17,0	0	0,00	0,00			- 4,88	+ 11,60	+ 16,48	0,296
	90	- 8,27	+ 6,19	+ 14,46	0,572	+ 0,41	+ 0,86	+ 0,45	
	180	0,00	0,00			+ 7,47	- 7,20	- 14,67	0,509

Ich beschränke mich hier darauf, nur die Berechnung der bei dem Bildwinkel $\beta = 15^\circ$ gemachten Aufnahmen mitzuteilen, da die der übrigen, auch des Zentralbildes, ganz analog erfolgt. In Tafel XIII ist die Messung und Reduktion dieser Aufnahmen enthalten.

In den beiden ersten Spalten sind wieder r und φ die in der Blendenebene gemessenen Koordinaten des einfallenden Strahls; y_1, z_1 sind die in der ersten Aufnahme, y_2, z_2 die in der zweiten gemessenen Koordinaten des betreffenden Bildpunktes, und die beiden Größen

$$\eta = -\frac{y_1}{y_2 - y_1}, \quad \zeta = -\frac{z_1}{z_2 - z_1},$$

die nach der Bezeichnungweise der Formel 1) mit $\frac{A - A_1}{A_2 - A_1}$ identisch sind, definieren die Schnittpunkte des Strahls mit der Meridional- und Sagittal-Ebene. Die Einheit der y und z ist $0,5 \text{ mm}$.

40. An den Zahlenwerten von η und ζ erkennt man nun schon eine Reihe interessanter Beziehungen. Zunächst besteht nicht nur ein erheblicher Unterschied zwischen η und ζ , sondern auch jede dieser Zahlen ist innerhalb einer Zone des Objektivs mit dem Positionswinkel stark veränderlich. So unterscheiden sich für die Zone $r = 14,0 \text{ mm}$ die ζ für $\varphi = 75^\circ$ und $\varphi = 105^\circ$ um $0,270 = 17,0 \text{ mm}$, d. h. um mehr als ein Zehntel der Brennweite des Objektivs.

In den scheinbar verwickelten Verlauf dieser Zahlenwerte kommt nun sofort die größte Ordnung, sobald man diejenigen Strahlen paarweise zusammenfaßt, deren Positionswinkel φ symmetrisch zu 90° liegen. So erhält man für die Zone $r = 14,0 \text{ mm}$

		η	ζ
im Mittel aus	$\varphi = 15^\circ$ und $\varphi = 165^\circ$	0,579	0,404
"	"	45	135
"	"	0,577	0,406
"	"	75	105
"	"	0,578	0,409.

Die so gebildeten Mittelwerte stimmen also bis auf Größen höherer Ordnung überein, sie sind unabhängig vom Positionswinkel. Diese Erscheinung bildet ein vollständiges Analogon zu der im Abschn. 7 aufgestellten Regel, nach welcher die astigmatische Abhängigkeit der Zahlen A vom Positionswinkel durch geeignete Mittelbildung beseitigt wurde.

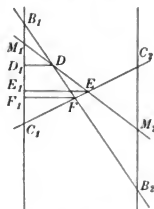


Fig. 19.

Um die optische Bedeutung dieser interessanten Erscheinung zu erkennen, sollen die Mittelwerte, die oben zur ersten Veranschaulichung des Vorganges direkt aus den Zahlen η und ζ gebildet wurden, etwas anders berechnet werden. Man lege durch zwei der oben miteinander vereinigten Strahlen, z. B. die Strahlen $\varphi = 15^\circ$ und $\varphi = 165^\circ$, und durch den durch die mittlere Blendenöffnung gegangenen Strahl drei Ebenen senkrecht zur Meridianebene, welche sie in den Spuren $B_1 B_2, C_1 C_2$ und $M_1 M_2$ (Fig. 19) schneiden mögen. Die Geraden $B_1 C_1$ und $B_2 C_2$ mögen die beiden Meßebenen sein. Es ist dann

$$B_1 M_1 = z_1^{15} \quad B_2 M_2 = z_2^{15} \\ C_1 M_1 = z_1^{165} \quad C_2 M_2 = z_2^{165}.$$

Setzt man den Abstand der Meßebenen voneinander gleich Eins, so ist ferner

$$D D_1 = \zeta^{15} \quad E E_1 = \zeta^{165}.$$

Bildet man nun den Mittelwert

$$\frac{\frac{z_1^{15} + z_1^{165}}{2}}{\frac{z_1^{15} + z_1^{165}}{2} + \frac{z_2^{15} + z_2^{165}}{2}} = \frac{\sum z_1}{\sum (z_1 + z_2)} = \zeta^{15,165},$$

so ist dieses $\zeta^{15,165} = FF_1$ der Abstand der Schnittlinie der Ebenen $B_1 B_2$ und $C_1 C_2$ von der ersten Meßebene. Es sind hier unter z und ebenso in Abschn. 42 unter y nur die absoluten Beträge der in Tafel XIII aufgeführten Koordinaten zu verstehen, weshalb auch der Divisor, analog zu Formel 1), $z_1 + z_2$ anstatt $z_2 - z_1$ lautet. Berechnet man die Mittelwerte η und ζ in dieser Weise, so erhält man

$$\begin{aligned} \eta^{15,165} &= 0,576 & \zeta^{15,165} &= 0,401 \\ \eta^{45,135} &= 0,577 & \zeta^{45,135} &= 0,402 \\ \eta^{75,105} &= 0,578 & \zeta^{75,105} &= 0,401. \end{aligned}$$

In dieser Form, in welcher die Übereinstimmung zwischen den einzelnen Werten von η und ζ noch besser ist, als bei der früheren direkten Mittelbildung, besagt der Satz daher folgendes: Legt man durch zwei zum Sagittalschnitt symmetrisch in das Objektiv einfallende Strahlen Ebenenpaare senkrecht zur Sagittal- und zur Meridianebene, so durchschneiden sich diese in zwei Geraden, die zur Sagittal- bzw. zur Meridianebene senkrecht stehen, und deren Abstand vom Objektiv bis auf Größen höherer Ordnung unabhängig vom Positionswinkel der einfallenden Strahlen ist. Die beiden in dieser Weise ausgezeichneten Entfernungen vom Objektiv sind die beiden astigmatischen Einstellebenen, und die erwähnten Geraden sind die astigmatischen Bilder für die betreffende Zone.

41. Die soeben besprochene Gesetzmäßigkeit bezieht sich zunächst nur auf die Strahlen derselben Zone; man erkennt jedoch leicht, daß das Gesetz mit einer gewissen Einschränkung gleichzeitig für alle Zonen des Objektivs Gültigkeit hat. Berechnet man nämlich die Mittelwerte von η und ζ für die einzelnen Zonen in der zuletzt angegebenen Art, so erhält man

r	η	ζ
5,0 mm	0,584	0,408
8,0	0,584	0,408
11,0	0,581	0,405
14,0	0,577	0,401
17,0	0,572	0,396.

Diese Zusammenstellung zeigt, daß die astigmatischen Einstellebenen für alle Zonen sehr nahe zusammenfallen, und daß die kleinen noch übrig bleibenden Differenzen in den beiden Größen η und ζ völlig parallel laufen. Die letztere Erscheinung hat nun wieder eine viel allgemeinere Bedeutung; jene kleinen Differenzen entsprechen nämlich genau den achsialen Zonenfehlern des Objektivs. Um dies zu zeigen, brauche ich nur die betreffenden, für das achsiale Bild gefundenen Größen hier mitzuteilen; dieselben lauten:

r	η	ζ
5,0 mm	0,760	0,763
8,0	0,759	0,761
11,0	0,757	0,757
14,0	0,752	0,752
17,0	0,747	0,746.

Für das achsiale Bild stimmen in jeder Zone, da der Astigmatismus hier nur gering ist, η und ζ sehr nahe überein, und der Betrag der Zonenfehler ist, wie man

sieht, innerhalb der Messungssicherheit mit den oben bei dem Bildwinkel $\beta = 15^\circ$ gefundenen Differenzen identisch. Auch bei komplizierteren photographischen Systemen habe ich diesen Satz bestätigt gefunden, doch ist es selbstverständlich, daß er nicht streng gilt, sondern nur eine Annäherung bis auf Glieder einer höheren Ordnung darstellt. Dieser Satz überhebt den Beobachter der Mühe, den Einfluß der Zonenfehler für jeden Bildwinkel neu zu bestimmen.

42. Da sich, wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, die Werte von η und ζ für die einzelnen Zonen nur um Beträge von der Ordnung der Zonenfehler unterscheiden, so folgt, daß die Lage der beiden astigmatischen Einstellebenen mit derselben Genauigkeit definiert ist, wie die achsiale Bildebene. Ich berechne die Lage dieser Ebenen wieder nach den Formeln

$$\eta = \frac{\sum y_i}{\sum (y_1 + y_2)}, \quad \zeta = \frac{\sum z_i}{\sum (z_1 + z_2)},$$

wo nunmehr die Summation (ohne Beachtung des Vorzeichens) über alle nicht in unmittelbarer Nähe von Null liegenden Werte auszudehnen ist. Man findet so als mittlere Lage der Ebenen für die ganze Objektivöffnung

$$\eta = 0,5778 \quad \zeta = 0,4018.$$

Um aus diesen Zahlen die in Millimeter ausgedrückten Abstände vom Objektiv zu erhalten, hat man sie nach Abschn. 39 mit $A_2 - A_1 = 63,0 \text{ mm}$ zu multiplizieren und zu $A_1 = 113,5 \text{ mm}$ zu addieren; es ergibt sich

$$\eta = 149,9 \text{ mm} \quad \zeta = 138,8 \text{ mm}.$$

Die Einstellebene auf das schärfste Bild nimmt man mitten zwischen den beiden astigmatischen Bildern an, und sie liegt daher in diesem Falle $144,4 \text{ mm}$ vom Objektiv entfernt.

Behandelt man in derselben Weise die bei den anderen Stellungen der Kamera aufgenommenen extrafokalen Bilder, so findet man für jeden Bildwinkel β die entsprechenden Werte von η und ζ , wodurch die Lage der astigmatischen Flächen sowie die Bildwölbung auf das schärfste bestimmt ist. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist in Tafel XIV enthalten.

Tafel XIV.

Lage der astigmatischen Flächen und der Bildfläche.

β	β'	η	ζ	Astigmatische Differenz	Bildfläche
		<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
-20°	$-18,8^\circ$	146,7	130,3	+ 16,4	138,5
-10	$-8,8$	157,9	153,4	+ 4,5	155,6
0	+ 1,2	161,0	160,8	+ 0,2	160,9
+ 5	+ 6,2	159,3	157,7	+ 1,6	158,5
+ 10	+ 11,2	155,6	150,1	+ 5,5	152,9
+ 15	+ 16,2	149,9	138,8	+ 11,1	144,4
+ 20	+ 21,2	142,5	124,7	+ 17,8	133,6

Die Zahlen für die Lage der beiden astigmatischen Flächen und der Bildfläche geben direkt den Abstand vom Objektiv in Millimeter an. Die erste Kolonne enthält unter β die an der Kamera abgelesenen Bildwinkel, während unter β' deren wahre Werte aufgeführt sind. Letztere kann man aus dem Verlauf von η und ζ , der ja auf beiden Seiten der optischen Hauptachse symmetrisch sein muß, auf verschiedene Arten berechnen. Am einfachsten ist es, aus den für die negativen β gefundenen

Werten von η und ζ durch Interpolation die entsprechenden positiven Argumente abzuleiten. So findet man, daß dem Werte $\eta = 146,7 \text{ mm}$ $\beta = +17,2^\circ$ entsprechen würde; da nun die beiden Argumente $\beta = -20^\circ$ und $\beta = +17,2^\circ$ symmetrisch zur Hauptachse liegen müssen, so folgt hieraus, daß die Achse selbst bei $\beta = -1,4^\circ$ liegt, alle β also um $+1,4^\circ$ zu korrigieren wären. Unter Berücksichtigung der übrigen Werte von η und ζ ergab sich dann diese Korrektur im Mittel zu $+1,2^\circ$.

In Fig. 20 ist die Lage der drei Flächen dargestellt; man sieht, daß diese Linse bei der äußerst starken Krümmung des Bildes nur ein Gesichtsfeld von höchstens 6° Durchmesser noch einigermaßen scharf auf der Ebene abzubilden vermag, was jedoch für ihre Verwendung im holländischen Fernrohr vollkommen ausreicht.

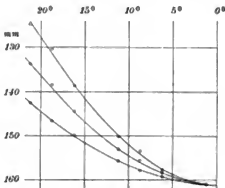


Fig. 20.

Die hier bestimmte Form der Bildfläche bezieht sich, streng genommen, nur auf die Abbildung von Objekten, die sich auf einer Kugelfläche befinden, welche mit $6,12 \text{ m}$ Radius um das Objektiv beschrieben wird. Für unendlich entfernte Objekte würden die Kurven nur dem Objektiv um 4 mm näher liegen und eine ganz geringe Änderung ihrer Krümmung erleiden. Bei photographischen Objektiven, die vorwiegend für geringe Objektdistanzen benutzt werden, kann man daher die Reduktion auf unendlich, wie es auch hier geschehen ist, unterlassen.

Eine etwas andere Behandlung erfordern nur die Reproduktions-Objektive, welche eine meistens sehr nahe ebene Fläche wieder eben abbilden sollen. Um diese zu prüfen, wird man nicht, wie oben angegeben, die Kamera um bestimmte Winkel drehen, sondern entweder die Lichtquelle auf einer zur optischen Achse senkrechten Geraden verschieben, oder auch als Prüfungsobjekt eine ebene, mit den entsprechenden punktförmigen Öffnungen versehene Metallplatte benutzen.

43. Neben der besprochenen Untersuchung über die Lage der Bildflächen macht die Ermittlung der Form und inneren Struktur der Bilder selbst den wichtigsten Teil der außerachsialen Objektivprüfung aus. Auch dieser Teil der Aufgabe läßt sich mittels der extrafokalen Messungen in vollkommen umfassender und dabei äußerst anschaulicher und einfacher Weise lösen. Zwar wird sich auch hier die wahre Form der Bilder nur auf beugungstheoretischem Wege auffinden lassen, allein da die seitlichen Aberrationen bei den außerachsialen Bildern meistens viel größere Beträge erreichen, als auf der Hauptachse, so wird in diesem Falle auch schon durch die rein geometrische Rechnung die Lichtverteilung in den Bildscheibchen mit erheblich größerer Annäherung richtig dargestellt.

Die Grundlagen für diese Rechnung sind direkt aus Tafel XIII zu entnehmen. Bezeichnet man mit k die Lage irgend einer Einstellebene, sodaß k , ebenso wie η und ζ , den Abstand von der ersten Meßebe in Teilen des Abstandes der beiden Meßebenen voneinander ausdrückt, so erhält man die Koordinaten y, z der einzelnen Bildpunkte in dieser Ebene durch die linearen Ausdrücke

$$\left. \begin{aligned} y &= y_1 + k(y_2 - y_1) \\ z &= z_1 + k(z_2 - z_1) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 23)$$

Von Interesse ist nun zunächst die Form der Bilder in den folgenden vier Ebenen:

1. $k = 0,753$, scharfe Einstellung auf das achsiale Bild;
2. $k = \zeta = 0,402$, das sagittale astigmatische Bild;
3. $k = \frac{\eta + \zeta}{2} = 0,490$, das „scharfe“ Bild für $\beta' = 16,2^\circ$;
4. $k = \eta = 0,578$, das meridionale astigmatische Bild.

Bei der Einfachheit der Rechnung nach den Formeln 23) brauche ich die gefundenen Werte der Koordinaten gar nicht erst mitzuteilen, sondern gebe gleich in den Fig. 21 bis 24 eine graphische Darstellung dieser vier Bilder.

Das dem Bildwinkel $\beta' = 16,2^\circ$ entsprechende Bild in der achsialen Einstellenebene (Fig. 21) ist wegen der starken Bildwölbung außerordentlich groß; es hat in der Meridianrichtung 5,6 mm Durchmesser, und von scharfer Abbildung kann daher hier nicht mehr die Rede sein. Die in der Figur ausgezogenen Kurven entsprechen den einzelnen Zonen des Objektivs. Beachtenswert ist die engere Zusammendrängung dieser Kurven auf der linken Seite der Figur. Wie man sieht,

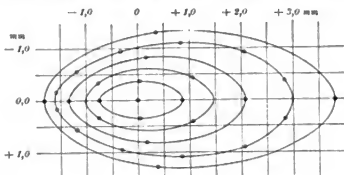


Fig. 21.

fallen dort die den Zonen $r = 8$ mm bis $r = 17$ mm entsprechenden Strahlen, die beim Auftreffen auf das Objektiv ein Bündel von 9 mm Querschnitt bildeten, im Bilde auf eine Fläche von nur 0,7 mm Durchmesser, sodaß bei Beschränkung auf diese Strahlen noch eine erträgliche Abbildung möglich wäre. Um dies zu erreichen, würde man, wie eine einfache Rechnung ergibt, eine Blende von 7 mm Öffnung in 43 mm Abstand hinter der Mitte des Objektivs anzubringen haben. Wollte man dagegen dieselbe Blende in der bei einfachen Landschaftslnsen bisher allgemein üblichen Weise in der betreffenden Entfernung vor dem Objektiv anbringen, so würde, wie man ebenfalls direkt aus der Figur ablesen kann, der Durchmesser des Bildehens von 0,7 mm auf 2 mm wachsen. Man erkennt hieraus, wie wichtig es ist, stets die günstigste Stellung der Blende zu ermitteln.

Das sagittale astigmatische Bild (Fig. 22) hat die Form einer Ellipse mit Achsen von 0,9 mm und 2,5 mm Länge. Die langgestreckten, siehelförmigen Bilder der einzelnen Zonen sind dicht bei der Durchdringung in der z -Richtung, wie sie an der Zone $r = 14$ mm gerade deutlich zu erkennen ist; die drei links davon liegenden

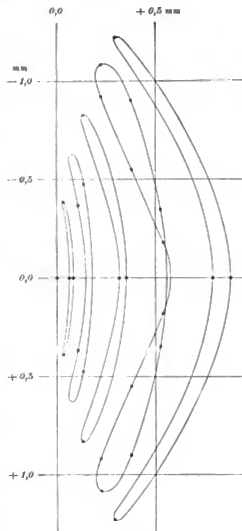


Fig. 22.

Zonenbilder ($r = 5, 8, 11$) haben mit der Durchdringung noch nicht begonnen, das rechte ($r = 17$) hat sie schon vollendet. Wie man sieht, findet diese Durchdringung bei allen Zonen nahe gleichzeitig statt; dies ist eine unmittelbare Konsequenz aus dem oben besprochenen Satze, nach welchem die Mittelwerte von ζ für die einzelnen Zonen sich nur um Beträge von der Ordnung der Zonenfehler unterscheiden.

Noch interessanter ist die aus demselben Satze folgende Erscheinung bei dem zweiten astigmatischen Bilde (Fig. 24), bei welchem sich alle Kurven nahe in einem Punkte durchschneiden. Die Fig. 22, 23 u. 24 sind im gleichen Maßstab, in 45-facher Vergrößerung des wirklichen Bildes, gezeichnet; Fig. 21 entspricht dagegen nur etwa 12-facher Vergrößerung.

In der Mitte zwischen den beiden astigmatischen Bildern liegt das „kleinste“ Bild, welches in Fig. 23 dargestellt ist. Dasselbe besitzt, abgesehen von seiner großen Ausdehnung von 1,2 und 1,8 mm Durchmesser, noch sehr erhebliche Koma, sodaß auch bei schärfster Fokussierung auf das außerachsiale Bild eine brauchbare Abbildung hier nicht mehr zu stande kommt. Gerade diese Untersuchungen über die innere Struktur der außerachsialen Bilder bieten eine Fülle von interessanten Erscheinungen dar, und sie beantworten alle Fragen, die man in bezug auf diese Bilder stellen kann. Je „reiner“ bei einem Objektiv der Astigmatismus ist, desto mehr gehen die Fig. 22 und 24 in geradlinige Bilder über, während das Mittelbild Fig. 23 elliptisch wird.

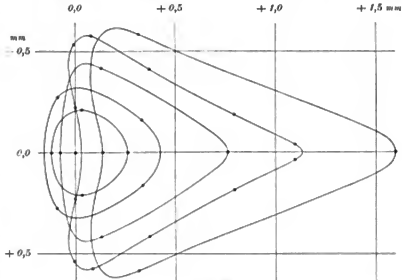


Fig. 23.

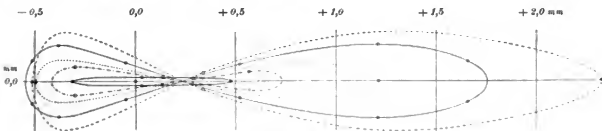


Fig. 24.

Da es nicht ohne weiteres zu erkennen ist, auf welchem Wege sich der Übergang der eben besprochenen Bildformen ineinander vollzieht, habe ich in den Fig. 25 bis 31 (in 15-facher Vergrößerung) noch die allmähliche Umformung des Bildes der Zone $r = 14$ mm dargestellt. Die einzelnen Figuren entsprechen folgenden äquidistanten Stufen der Umwandlung:

Fig. 25. $k = 0,358$. Das anfangs kreisförmige Bild der Zone hat sich von der linken Seite her eingebogen.

Fig. 26. $k = 0,402$. Erstes astigmatisches Bild, kleinste Ausdehnung in der z -Richtung, Beginn der Durchdringung in der z -Richtung.

Fig. 27. $k = 0,446$. Ende der Durchdringung in der z -Richtung.

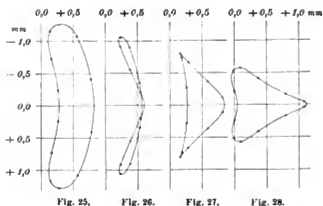
Fig. 28. $k = 0,490$. Das „kleinste“ Bild; der Umfang dieses Bildes wird in entgegengesetzter Richtung durchlaufen wie der Positionswinkel φ der Blendenöffnungen.

Fig. 29. $k = 0,534$. Kurz nach Beginn der Durchdringung in der y -Richtung.

Fig. 30. $k = 0,578$. Zweites astigmatisches Bild, kleinste Ausdehnung in y .

Fig. 31. $k = 0,622$. Kurz vor dem Ende der Durchdringung in der y -Richtung. Hiernach erweitert sich das Bild, dessen Umfang nun wieder in der Richtung des Winkels φ durchlaufen wird, immer mehr und nähert sich der Kreisform.

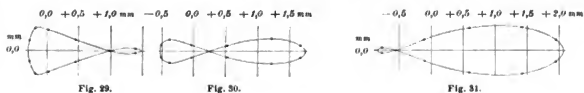
44. Die zwei extrafokalen Aufnahmen, welche das bisher besprochene Beobachtungsmaterial geliefert haben, könnten endlich auch noch dazu benutzt werden, die Distorsion zu bestimmen. Man hätte zu diesem Zwecke jedoch die Winkel β scharf bestimmen müssen und auf den Platten müßten die Abstände der verschiedenen Bilder voneinander gemessen werden. Ich wende dieses etwas unständliche Verfahren hier nicht an, werde vielmehr später einen einfacheren Weg zur Lösung der Aufgabe mitteilen.



Man hätte zu diesem Zwecke jedoch die Winkel β scharf bestimmen müssen und auf den Platten müßten die Abstände der verschiedenen Bilder voneinander gemessen werden. Ich wende dieses etwas unständliche Verfahren hier nicht an, werde vielmehr später einen einfacheren Weg zur Lösung der Aufgabe mitteilen.

Auch bei der Besprechung des Einflusses der chromatischen Differenz

auf die außerachsialen Bilder brauche ich mich nicht aufzuhalten, da der Weg, den man bei dieser Untersuchung einzuschlagen hat, vollkommen klar vorgezeichnet ist. Man hat nur bei Einstellungen der Kamera auf dieselben Werte von β die Aufnahmen mit verschiedenen monochromatischen Lichtquellen zu wiederholen, um die verschieden-



farbigen Bilder nach dem vorhergehenden direkt ineinander einzeichnen zu können. Zur richtigen Übereinanderdeckung der Bilder ist hierbei auch der Abstand vom Zentralbilde zu messen.

45. Um die *achsiale* chromatische Aberration zu bestimmen, kann man bei kleinen Objektiven neben den früher (Abschn. 9 bis 12) besprochenen Methoden mit Vorteil auch ein Objektivprisma anwenden, und zwar bedient man sich hierbei wieder der in Fig. 16 dargestellten Einrichtung. Man befestigt vor dem Objektiv eine Blende, die nur zwei zur Mitte symmetrische runde Öffnungen auf dem senkrechten Durchmesser hat, und stellt davor ein Prisma mit sehr kleinem brechendem Winkel (etwa 10°) und recht guten Planflächen so, daß die brechende Kante senkrecht steht. Durch Drehung des ganzen Apparates um den Stift D (Fig. 16) bringt man das von einer entfernten Lichtquelle erzeugte Spektrum auf die Mitte der Platte und stellt das Prisma auf das Minimum der Ablenkung ein. Bei den extrafokalen Aufnahmen erhält man dann zwei der geringen Dispersion entsprechend kurze, gegen einander ge-

krümmte Spektra von der früher in Fig. 5 und 6 dargestellten Form, deren Bearbeitung in der im Abschn. 11 angegebenen Weise erfolgt. Wegen der geringen Ausdehnung dieser Spektra wird es in den meisten Fällen nicht nötig sein, die etwas seitlich von der Achse gemessenen äußeren Teile derselben auf die Achse zu reduzieren. Will man ganz sicher gehen, so kann man die Aufnahmen wiederholen, nachdem man durch Drehung des Apparates die seitlichen Teile des Spektrums in die optische Hauptachse gebracht hat.

Notwendig wird die Anwendung dieser Vorsichtsmaßregel, sowie die strenge Reduktion auf die Achse, wenn man in der von Eberhard¹⁾ und von Lehmann²⁾ besprochenen Weise ein Objektivprisma von starker Dispersion benutzt. In dieser, speziell in der von Eberhard veröffentlichten Form, ergeben die extrafokalen Aufnahmen direkt die Lage des Bildfeldes für das betreffende Spektrum, also die Kombination von chromatischer Abweichung und Bildwölbung, und sie haben sich in dieser Anwendungsart³⁾ zur scharfen Fokussierung von Spektrographen in Potsdam seit Jahren auf das beste bewährt.

In allen derartigen Fällen, wo zwischen Lichtquelle und Objektiv noch ein anderer optischer Körper eingeschaltet wird, ist zu beachten, daß die Zonenfehler dieses Körpers gleichzeitig mit zur Wirkung gelangen und daher zuvor bestimmt werden müssen. Bei der oben angegebenen Art der Bestimmung der chromatischen Aberration ist jedoch kaum zu befürchten, daß durch geringe Fehler des Prismas die Resultate nachteilig beeinflußt werden könnten, da ja diese Fehler auf die Strahlen aller Wellenlängen in nahezu gleicher Weise einwirken und hier nur die Differenzen der Wirkung gemessen werden.

B. Andere Methoden zur Prüfung kleiner Objektive.

46. Während die bisher besprochenen Methoden im allgemeinen das Ziel verfolgten, die Auffindung der Objektivfehler ohne Benutzung wesentlicher Hilfsapparate zu ermöglichen, sollen nun noch kurz einige Methoden behandelt werden, welche die Anwendung eines Hilfsfernrohres voraussetzen. Ein derartiges Verfahren, für welches ich wegen der Umkehr des Lichtweges die Bezeichnung „Umkehrmethode“ vorschlag, habe ich in *Eders Jahrb. f. Photogr. u. Reproduktionstechnik* **16**. S. 151. 1902 beschrieben. Dasselbe geht von dem bekannten Satze aus, daß die Tiefenvergrößerung dem Quadrate der Brennweite proportional ist.

Man bringt das zu prüfende Objektiv, dessen Brennweite f sein möge, zentrisch nahe vor das Objektiv eines Fernrohres von der Brennweite F . Hat dann irgend eine Marke vom Brennpunkt des ersten Objektivs den Abstand x und ihr Bild vom Brennpunkt des Fernrohrobjektivs den Abstand X , so besteht, wenn x und X sehr klein sind, die einfache Beziehung

$$x = \left(\frac{f}{F}\right)^2 X \dots \dots \dots 24)$$

Ist daher f merklich kleiner als F , so geht jeder in der Messung von X begangene Fehler nur mit dem kleinen Faktor $(f/F)^2$ multipliziert in die Bestimmung von x ein.

Es ergeben sich zwei Wege, um unter Anwendung dieser Beziehung die fokalen Eigenschaften eines kleinen Objektivs zu untersuchen. Man kann entweder zuerst

¹⁾ Diese Zeitschr. **23**. S. 82. 1903.

²⁾ Diese Zeitschr. **23**. S. 292. 1903.

³⁾ Diese Zeitschr. **20**. S. 57. 1900.

das Fernrohr genau auf unendlich einstellen und dann die Marke so lange verschieben, bis ihr Bild möglichst scharf erscheint, oder man stellt zunächst die Marke genähert in den Brennpunkt des kleinen Objektivs und verschiebt dann den Okularauszug des Fernrohrs so lange, bis das Bild der Marke mit der Fadenebene zusammenfällt; man liest dann den Betrag von X an der Teilung des Auszugs ab und berechnet daraus x nach Formel 24).

Bei dieser Beobachtungsart wird also das Verfahren der Einstellung auf scharfes Bild angewendet, und wegen der bekannten Mängel desselben wird es nicht möglich sein, hierbei die Genauigkeit der extrafokalen Messungen zu erreichen. Das ist jedoch auch nicht der Zweck derartiger Beobachtungen. Dieselben sollen vielmehr nur in allen denjenigen Fällen angewendet werden, wo es darauf ankommt, ein Urteil über die Gesamtwirkung der vollen Objektivöffnung zu erlangen. Ich werde weiter unten bei der Besprechung einer optischen Bank noch mehrfach auf die Anwendung dieses Verfahrens zurückkommen.

47. Noch eine andere, wie mir scheint recht brauchbare Methode zur scharfen Messung der Zonenfehler, zu deren praktischer Prüfung ich bisher jedoch noch keine Gelegenheit hatte, will ich hier kurz erwähnen. Dieselbe scheint mir aus dem Grunde beachtenswert zu sein, weil ihre Genauigkeit mit *abnehmender* Brennweite des Objektivs immer größer wird, sodaß sie eine nützliche Ergänzung der extrafokalen Messungen bilden wird.

Bringt man in den Fokus eines Objektivs eine punktförmige Lichtquelle, so treten die Strahlen, falls keine Zonenfehler vorhanden sind, aus allen Teilen der Linse parallel aus. Sind dagegen Aberrationen vorhanden, so werden die austretenden Strahlen Richtungsunterschiede haben, durch deren Messung die Zonenfehler zu ermitteln sind. Die Beobachtungen nach diesem Verfahren würden sich sehr gut mit dem nach Lummers Angaben gebauten größeren Modell des Abbeschen Fokometers¹⁾ ausführen lassen. Dasselbe besteht aus einem durchbrochenen Tisch, auf welchen das zu prüfende Objektiv gelegt wird. An der senkrechten, unter dem Tische befindlichen Stange wird eine Marke (feine Öffnung) so eingestellt, daß sie im Brennpunkte des Objektivs liegt. Das über dem Objektiv auf zwei horizontalen Schienen verschiebbare Fernrohr wird mit einem Schraubenmikrometer ausgerüstet und bleibt dauernd auf unendlich eingestellt. Liegt die Marke dann genau im Fokus, und hat das Objektiv keine Zonenfehler, so wird bei horizontaler Verschiebung des Beobachtungsrohres das Bild der Marke seine Lage im Gesichtsfeld nicht verändern. Liegt die Marke nicht im Fokus, so wandert das Bild gleichförmig nach einer Seite; sind Zonenfehler vorhanden, so macht es hin- und hergehende Bewegungen, deren Größe mit dem Mikrometer gemessen wird. Die Öffnung des Beobachtungsrohres ist hierbei so klein zu nehmen, daß sie der Größe der Löcher in den bei den extrafokalen Messungen benutzten Blenden entspricht.

Die wichtigste Bedingung bei der Ausführung dieser Messungen ist die absolut strenge Parallelverschiebung des Beobachtungsrohres. Um diese scharf zu kontrollieren, wird vor dem Objektiv des senkrecht nach unten gerichteten Beobachtungsrohres ein unter 45° geneigter Spiegel so angebracht, daß er horizontale, parallel der Schlittenführung einfallende Strahlen in das Rohr reflektiert; nur die Mitte des Spiegels hat die oben erwähnte kleine Öffnung zur Messung der Marke. Rüstet man dann

¹⁾ Vgl. Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 9. Aufl. Bd. 2: Optik. 1897. S. 877; auch diese Zeitschr. 15. S. 338. 1895.

das Beobachtungsrohr mit einem Gaußschen Okular aus, welches die Belichtung des Fadenkreuzes vom Auge des Beobachters her ermöglicht, und stellt den aus dem Rohre austretenden und zur Schlittenführung parallel reflektierten Strahlen am Ende dieser Führung einen feststehenden Planspiegel gegenüber, der dieselben in ihrer eigenen Richtung zurückwirft, so erblickt der Beobachter neben dem Fadenkreuz noch das Spiegelbild desselben, und letzteres wird bei Verschiebung des Beobachtungsrohres längs der Führung nur dann an seinem Platze bleiben, wenn die optische Achse sich selbst genau parallel bleibt. Diese Benutzung der Autokollimation zur Kontrolle der Parallelführung ist bequemer, als das von Lippmann¹⁾ angegebene Verfahren, welches außer dem Beobachtungsrohr noch zwei weitere Fernrohre erfordert, und es besitzt außerdem die doppelte Genauigkeit.

48. Auch für den Optiker, der bei der Herstellung und Prüfung großer astronomischer Objektive mit langer Brennweite zur Ausführung der extrafokalen Messungen die punktförmige Lichtquelle in etwa 100 m Entfernung aufstellen müßte, wird in vielen Fällen die Anwendung des eben beschriebenen Verfahrens wesentlich bequemer erscheinen, da dasselbe nur einen Raum von der Länge der Brennweite beansprucht. Die Anordnung des Apparates ist aus Fig. 32 ersichtlich. Vor dem vertikal aufgestellten Objektiv O , in dessen Brennpunkt eine punktförmige Lichtquelle angebracht wird, läßt sich das gebrochene

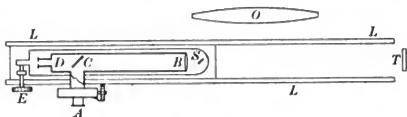


Fig. 32.

Fernrohr AB auf der Schlittenführung L parallel verschieben. Mitten vor dem Objektiv B befindet sich der kleine 45° -Spiegel S , der die aus O austretenden Strahlen in das Fernrohr reflektiert; nach einer zweiten Reflexion an der unbelegten Spiegelscheibe C gelangen dieselben zum Mikrometerokular A . Die Kontrolle der Parallelverschiebung erfolgt wieder durch Autokollimation. Das Rohr enthält bei D im Fokus des Objektivs B ein zweites, festes Fadenkreuz, welches von links her beleuchtet wird; die Strahlen fallen, durch B parallel gemacht, auf den festen Spiegel T und gelangen, auf ihrem Rückwege bei C reflektiert, ebenfalls in das Auge des Beobachters. Führt bei der Schlittenverschiebung das Fernrohr eine geringe Drehung aus, so bewegt sich das Bild des Fadenkreuzes D um den doppelten Winkel, und der Beobachter führt dasselbe mittels der Schraube E , welche eine Drehung des Fernrohrs um eine unter dem Spiegel S liegende Achse bewirkt, wieder an seinen früheren Ort zurück. Wird die Parallelverschiebung in dieser Art immer streng berichtigt, so muß bei einem fehlerfreien Objektiv das Bild der Brennpunktmarke während der Verschiebung des Fernrohres unverändert auf dem Faden des Mikrometers bleiben.

C. Eine neue Form der optischen Bank.

49. Obwohl sich fast alle hier besprochenen Methoden der Objektivprüfung mit sehr einfachen Hilfsmitteln ausführen lassen, so ist es in Anstalten, wo derartige Prüfungen häufiger vorkommen, doch angenehm, einen besonderen Apparat zur einheitlichen Durchführung aller dieser Arbeiten zu besitzen. Auf besonderen Wunsch des Hrn. Hofrat Prof. Eder habe ich daher vor zwei Jahren eine optische Bank, die mir

¹⁾ *Compt. rend.* **134**, S. 17. 1902; Referat in *dieser Zeitschr.* **22**, S. 258. 1902.

zur Ausführung aller Objektivprüfungen geeignet erschien, entworfen, und da dieser Apparat inzwischen in mehreren Exemplaren ausgeführt worden ist, so soll hier eine Beschreibung und Gebrauchsanweisung desselben gegeben werden. Fig. 33 zeigt eine Gesamtansicht, Fig. 34 den Grundriß des von der Firma O. Toepfer & Sohn in Potsdam gebauten Instrumentes.

Von einer eisernen Säule, deren Fuß durch die Kreislinie *A* begrenzt ist, wird ein in einem Stück gegossener horizontaler Tisch getragen, auf welchem sich

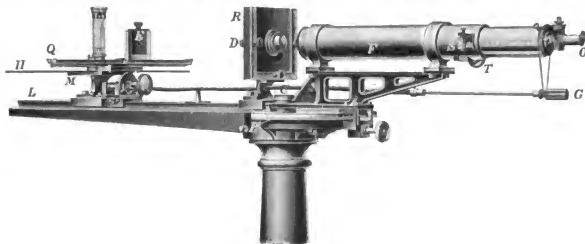


Fig. 33.

links die 1 m lange Schlittenführung *LC* befindet, während er rechts in den Kreis-sektor *B* von etwa 120° ausläuft. Auf diesen Sektor stützt sich mit zwei Friktionsrollen ein kräftiger, um das Zentrum *C* drehbarer Arm, der das astronomische Fernrohr *F* trägt. Der Arm kann in jeder Lage durch eine Klemmschraube fest mit dem Sektor verbunden werden, und seine Stellung ist an einer Kreis-teilung mit Nonius auf drei Bogenminuten genau abzulesen; einzelne Minuten können noch geschätzt

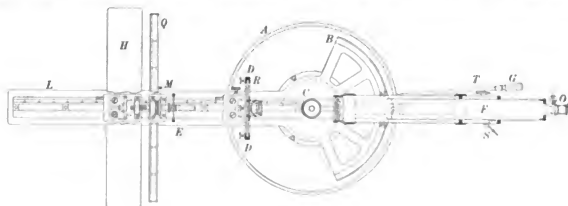


Fig. 34.

werden. Das Fernrohr von etwa 1 m Länge hat einen 40 cm langen Okularauszug, der durch den Triebknopf *T* bewegt, und dessen Stellung auf 0,1 mm genau mit Hilfe des Spiegels *S* abgelesen wird. An dem Auszug kann durch Bajonetverschluss entweder, wie in der Figur ersichtlich, ein Fadennikrometer *O* oder ein Rahmen zum Einschieben von Kassetten oder endlich ein kleiner Spaltspektrograph mit einem 60°-Prisma angesetzt werden. Alle diese drei Apparate können in zwei um 90° verschiedenen Stellungen angewendet werden, also z. B. das Mikrometer bei horizontaler und vertikaler Richtung der Schraube. Vor dem Okular befindet sich eine Revolver-

scheibe mit verschiedenfarbigen Gläsern; auch kann ein kleiner Prismensatz mit gerader Durchsicht an demselben befestigt werden.

Auf der schwalbenschwanzförmigen Schiene *LC* gleiten die Träger *R* (für das zu untersuchende Objektiv) und *M* (für das Prüfungsobjekt). Fig. 35 zeigt den senkrechten Durchschnitt dieser Teile. Der Objektivträger ist hier ganz einfach ausgeführt; es ist ein kräftiger, gußeiserner Rahmen, in welchen von oben her ein quadratisches Brett eingeschoben wird, auf dem das Objektiv mittels eines Ringes, genau wie auf dem Objektivbrett der Kamera, befestigt wird. Durch die Schrauben *D* kann das Brett befestigt und das Objektiv zentriert werden.

Der Objektivhalter *M* besteht aus zwei auf der Schiene *LC* gleitenden Teilen, von denen der in Fig. 35 rechts sichtbare als festes Lager für den Kopf der Mikrometerschraube *P* dient, deren Drehung durch eine biegsame Welle, die in dem Handgriffe *G* endigt, vom Okular des Fernrohrs aus bewirkt werden kann. Hat man diesen rechten Schlittenteil fest an die Schiene *LC* geklemmt, so wird bei Drehung der Schraube der linke Schlittenteil mikrometrisch verschoben. Letzterer trägt die schwalbenschwanzförmige Querschiene *Q*,

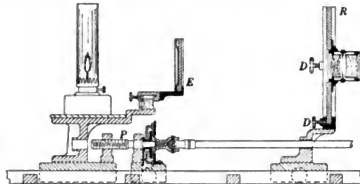


Fig. 35.

auf welcher der Rahmen *E* verschiebbar ist; hinter der Schiene *Q* befindet sich zur Aufstellung einer Lichtquelle der Tisch *II*. Die beiden Schienen *Q* und *LC* tragen Millimeter-Teilungen, an denen die Stellung der beweglichen Teile auf $0,1\text{ mm}$ genau abzulesen ist. Kleine Unterschiede in der Entfernung des Objektes vom Objektiv lassen sich dagegen mit der Mikrometerschraube *P*, welche 1 mm Ganghöhe hat, auf $0,001\text{ mm}$ genau bestimmen.

50. Bevor der Apparat zur Prüfung anderer Objektive in Benutzung genommen werden kann, muß er selbst in allen seinen Teilen untersucht und justiert werden. Die Untersuchung des Fernrohrobjektivs ist nach dem früher eingehend besprochenen Verfahren durchzuführen, und die in den Abschn. 17 bis 36 als Beispiel aufgeführten Zahlenangaben beziehen sich eben auf das Fernrohr dieser, im Besitze des Astrophysikalischen Observatoriums befindlichen Bank.

Bei der Justierung geht man in folgender Weise vor. Zuerst wird der Nullpunkt des Mikrometers *O* bestimmt. Nach Entfernung einer Anschlagsschraube kann man dasselbe um die optische Achse ganz herumdrehen. Man stellt den Mikrometerfaden scharf auf irgend ein Objekt ein, liest die Stellung der Schraube ab und wiederholt die Einstellung nach Drehung des Mikrometers um 180° . Das Mittel s_0 beider Ablesungen entspricht der „Nullstellung“ der Mikrometerschraube.

Die zweite Aufgabe besteht darin, die optische Achse des Fernrohrs der Schiene *LC* parallel zu richten. Man stellt das Fernrohr ungefähr auf unendlich ein und setzt vor das Objektiv eine dem Apparat beigegebene Blende, die nur eine genau zentrierte Öffnung von 2 mm Durchmesser hat; eine eben solche Blende wird in den Rahmen *E* eingeschoben. Das Justierungsverfahren beruht nun darauf, daß das unscharfe Bild, welches im Okular erscheint, wenn man die letztere Blendenöffnung durch eine auf den Tisch *II* gesetzte Lampe beleuchtet, bei Bewegung dieser Marke

längs der Schiene LC nur dann unverändert seine Lage im Gesichtsfeld beibehält, wenn erstens die optische Achse des Fernrohrs der Schiene genau parallel gerichtet ist und zweitens die Marke mit ihrem Rahmen E eine solche Stellung auf der Schiene Q einnimmt, daß die Marke sich auf der Achse des Fernrohrs befindet. Diese beiden Teile der Justierung werden somit gleichzeitig erledigt. Ein Beispiel wird das Verfahren am besten erklären.

Es sei q die Ablesung an der Schiene Q , l diejenige an LC und β die an dem Kreisbogen B . Da die Mitte von Q etwa bei $q = 300 \text{ mm}$ liegt, wurde der Rahmen E zunächst auf $q = 295,0$ eingestellt. Bei der Stellung $l = 500$ wurde dann das unscharfe Bild durch Drehung des Fernrohrs um C auf den in der Nullstellung befindlichen Mikrometerfaden gebracht. Es ergab sich $\beta = 65^\circ 43'$. Wurde nun der Objektträger auf $l = 1100$ gerückt, so ergab sich $\beta = 64^\circ 39'$. Weiterhin wurden noch folgende Ablesungen gemacht:

$q = 300,0$	$l = 1100$	$\beta = 64^\circ 19'$	Diff. = $-31'$
300,0	500	64 50	
305,0	500	63 55	
305,0	1100	64 1	Diff. = $+6'$

Die Interpolation ergab nun als richtigen Wert $q = 304,2$, nach dessen Einstellung man erhielt

$q = 304,2$	$l = 500$	$\beta = 64^\circ 4'$
304,2	1100	64 4.

Diese der zentrierten Stellung entsprechenden Ablesungen mögen mit q_0 und β_0 bezeichnet werden.

Ist auf diese Weise die horizontale Komponente der Zentrierung erledigt, so hat ebenso die Berichtigung im vertikalen Sinne zu erfolgen. Man stellt q_0 und β_0 ein und dreht das Mikrometer bis zur vertikalen Stellung der Schraube. Ist letztere auf s_0 eingestellt, so soll wieder das unscharfe Bild der Blendenöffnung genau auf dem jetzt horizontalen Faden bleiben, an welche Stelle der Schiene LC auch die Blende geschoben wird. Die Berichtigung der Blende in vertikaler Richtung (entsprechend der früheren Verschiebung in q) muß, falls sie nötig sein sollte, durch Abfeilen der unteren Kante der Steckblende oder durch Auflöten von Zinntröpfchen erfolgen. Die der früheren Ablesung von β entsprechende Messung geschieht jetzt mit der Mikrometerschraube. Hat man auf diese Art wieder die definitive Stellung der Blende erreicht, und entspricht diese nicht schon der früheren Schraubenablesung s_0 , so muß man nunmehr diese Ablesung s_0 einstellen und durch Unterlegen von Stanniolblättchen unter eine der Fernrohrstützen die Neigung der optischen Achse so lange ändern, bis die Marke auf dem Faden erscheint.

Ferner sollen die Rahmen E und R , insbesondere aber die Querschiene Q , auf der optischen Achse des in der Nullstellung befindlichen Fernrohrs senkrecht stehen. In den Rahmen R legt man eine gute Spiegelscheibe und beobachtet das an derselben reflektierte Bild des Mikrometerfadens, den man vom Okular her durch eine zwischen Okular und Auge gehaltene Glasplatte (Gaußsches Okular) beleuchtet. Man dreht den Rahmen nach Lockerung seiner Befestigungsschrauben so, daß das Spiegelbild des Fadens mit diesem selbst zur Deckung kommt. Um den Rahmen E zu justieren richtet man ihn zuerst parallel zur Schiene Q . Zu diesem Zwecke legt man in denselben die dem Apparat beigegebene einfache Rasterplatte, mit der Teilung dem Fernrohr zugewendet. In den Rahmen R setzt man ein Objektiv mit kurzer Brennweite ein und bringt die Rasterteilung in den Fokus desselben. Mittels des Okular-

auszugs stellt man dann das Fernrohr so ein, daß die Rasterstriche scharf in der Fadenebene erscheinen. Verschiebt man nun den Rahmen E auf der Schiene Q seitlich, bis die Randpartie des Rasters ins Gesichtsfeld kommt, so wird, falls die Rasterebene der Schiene Q nicht genau parallel ist, das Bild unscharf, und durch neue Einstellung am Auszug erhält man nach der Formel 24) den Betrag, um welchen die Neigung von E korrigiert werden muß. Ist auf diese Art E genau parallel zu Q gemacht, so wird der Raster umgekehrt, und seine Rückseite dient nun in der beim Rahmen R beschriebenen Weise dazu, um zuletzt durch Bewegung der Schiene Q diese zusammen mit E senkrecht auf die optische Achse zu stellen.

Endlich hat man noch die Fokusdifferenz für die drei an den Okularauszug anzusetzbaren Teile, also die Unterschiede des Abstandes der Ebene der photographischen Platten, der Spaltebene des Spektrographen und der Fadenebene des Mikrometers von der Anschlagfläche genau zu bestimmen. Daran, daß man auch den Spektrographen durch Aufnahme von Linienspektren scharf zu fokussieren hat, braucht wohl kaum erinnert zu werden.

51. Nachdem der Apparat in der beschriebenen Weise justiert und das Objektiv untersucht ist, kann derselbe zur Prüfung anderer Objektive benutzt werden. Die Anwendungen desselben sind außerordentlich mannigfaltig, und die meisten der früher besprochenen Untersuchungen lassen sich mit demselben vorteilhaft ausführen.

Die Befestigung des zu prüfenden Objektivs wird wie folgt vorgenommen. Man stellt das Fernrohr auf β_0 ein und markiert dann mit dem auf dem Deckel desselben zentrisch angebrachten Dorn den Ort der optischen Achse auf einem der dem Apparate beigefügten Objektivbretter. Nach Ausschneiden der betreffenden Öffnung wird das Objektiv mit seinem Ring auf das Brett geschraubt. In Anstalten, wo häufig derartige Untersuchungen vorkommen, wird man am bequemsten einen Satz von Zwischenringen benutzen, um verschiedene Objektive auf dasselbe Brett schrauben zu können. In dem Rahmen R verschiebt man nun durch die seitlichen Schrauben das Objektiv so, daß im Okular das Bild der in der Nullstellung q_0 befindlichen Blendenöffnung genau zentrisch erscheint; alsdann geht die optische Achse des Fernrohrs durch die Mitte des Objektivs. Um nun auch noch eine etwaige Neigung des letzteren fortzuschaffen, beobachtet man die von den Linsenflächen reflektierten Bilder der hell beleuchteten Blendenöffnung, die ebenfalls in die optische Achse des Apparates zu bringen sind. Endlich schiebt man den Halter R so weit nach dem Fernrohr hin, daß das Objektiv mit seiner ersten Fläche senkrecht über die Drehungsachse C zu liegen kommt.

In den Fällen, wo es auf eine kräftige Beleuchtung der Blendenöffnung im Rahmen E ankommt, stellt man die Lichtquelle, wenn dieselbe auf dem Tische II nicht Platz finden kann, am Ende L der Bank so auf, daß sie sich genau auf der optischen Achse befindet, und projiziert dann deren Bild auf die Blendenöffnung.

52. Schon die *Vorprüfung* eines Objektivs mit diesem Apparate ist sehr interessant und vermag ein gutes Urteil über den Korrektionszustand zu geben. Man stellt das Fernrohr auf unendlich ein und verschiebt nach Zentrierung des Objektivs die Marke, bis ihr Bild möglichst scharf im Okular erscheint. Da nach Abschn. 46 alle Fehler im Verhältnis der Quadrate der Brennweiten vergrößert werden, so sind dieselben sehr leicht am Aussehen des Bildes zu erkennen. Bei einem Objektiv von mäßig guter Korrektion kann man den Auszug des Fernrohrs um mehrere Zentimeter verschieben und erblickt dabei doch immer im Okular ein von einem ausgedehnten

Hofe umgebenes scharfes Bild der Öffnung; dieses wird bei den verschiedenen Einstellungen der Reihe nach von den einzelnen Zonen des Objektivs entworfen. Durch Anwendung der im Abschn. 46 besprochenen Umkehrmethode kann man in wenigen Minuten den Gesamtbetrag der sphärischen Längenabweichung und bei Benutzung verschiedenfarbigen Lichts auch die Farbenkurve genähert ermitteln. Auch die Fokusunterschiede bei Benutzung der verschiedenen dem betreffenden Objektiv beigegebenen Blenden lassen sich auf dieselbe Art schnell bestimmen. Bei einem gut korrigierten Objektiv erscheint dagegen nur bei einer ganz bestimmten Fokussierung ein scharfes Bild der Öffnung, und nach einiger Erfahrung kann man schon bei einem Blick in das Okular ein zutreffendes Urteil über die achsiale Korrektion des Objektivs abgeben. Es setzt dieses natürlich voraus, daß die Fehler des Fernrohrobjektivs selbst bei dieser ersten Näherung zu vernachlässigen sind.

Ein zweiter Punkt, auf den man bei der Vorprüfung zu achten hat, ist die Lage der Reflexbilder von den Linsenflächen. Man kann dieselben sehr gut sichtbar machen, wenn man im verdunkelten Zimmer die Lochmarke *E* kräftig beleuchtet. Bei schrägem Aufblicken auf das Objektiv sieht man dann alle diese Bilder, deren Zahl bei zusammengesetzten Objektiven sehr groß ist, frei auf der optischen Achse liegen; man kann ihre Lage auch mittels einer seitlich aufgestellten Kamera photographisch aufnehmen, und besonders gewährt eine stereoskopische Aufnahme derselben ein lehrreiches Bild.

53. Zur exakten Bestimmung der Zonenfehler und der Farbenkurve durch extrafokale Messungen ist die optische Bank auf drei verschiedene Arten zu benutzen. Man kann erstens, nachdem das Fernrohr zur Seite gedreht ist, nur die beiden auf der Schiene gleitenden Träger zur Aufnahme des Objektivs und einer photographischen Platte verwenden, diesen Teil also direkt als Kamera benutzen, wobei die genaue Teilung und Parallelverschiebung die schärfste Messung aller Strecken erlaubt. Der Balg der Kamera, dessen Konstruktion auf große Schwierigkeiten geführt hätte, wird bei den im verdunkelten Zimmer auszuführenden Aufnahmen durch ein übergehängtes schwarzes Tuch ersetzt, und auch von der Anwendung einer Kassette kann man Abstand nehmen und die Platte direkt in den Rahmen *E* einlegen. Diese Anwendungsart setzt voraus, daß man vor dem Objektiv (rechts in Fig. 34) in hinreichender Entfernung die punktförmige Lichtquelle für die extrafokalen Aufnahmen aufstellen kann.

Ist der hierzu nötige Raum nicht vorhanden, so wendet man die Bank in der zweiten Art an, nämlich so, daß das Fernrohr als Kollimator benutzt wird. Zu diesem Zwecke wird in die Kassette eine beigegebene Metallplatte eingelegt, die eine sehr feine Öffnung enthält; man bringt letztere genau in den Fokus und beleuchtet sie von außen. In dieser Art der Anwendung dient der Apparat auch zu der in den Abschn. 38 bis 44 besprochenen extrafokalen Prüfung außerhalb der Achse.

Die dritte Anwendungsart besteht in einer Verbindung der extrafokalen Messungen mit der Umkehrmethode. Man bringt die punktförmige Marke in den Fokus des zu prüfenden Objektivs und macht dann mit dem Fernrohr unter Benutzung des Mikrometers, des Spektrographen oder der Kamera die extrafokalen Messungen in genau derselben Weise, als ob man die Fehler des Fernrohrobjektivs selbst bestimmen wollte. Da die Reduktion dieser Messungen hier etwas anders zu erfolgen hat, so will ich sie durch ein Beispiel erläutern.

Zur Ermittlung der Zonenfehler eines Zeisschen Apochromat-Planars von 51 mm Öffnung wurden bei den Auszugseinstellungen $A_1 = 100,0$ und $A_2 = 230,0$ zwei

extrafokale Aufnahmen gemacht. Hierbei stand der Objektivhalter auf 90,0 mm, der Objekthalter auf $l = 514,6$ mm. Die Beleuchtung erfolgte mit Licht von der Wellenlänge 436 μ . Es ergibt sich die folgende Rechnung:

r	A_{436}^r	$-l_{\infty}$	X	x	l	f_{436}^r
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
5,5	168,56	165,85	+ 2,71	+ 0,28	514,88	313,53
9,0	168,14	165,35	+ 2,79	+ 0,29	514,89	313,54
12,5	167,94	165,01	+ 2,93	+ 0,30	514,90	313,55
16,0	168,56	164,79	+ 3,77	+ 0,39	514,99	313,64
19,5	169,50	164,76	+ 4,74	+ 0,49	515,09	313,74
23,0	170,42	164,91	+ 5,51	+ 0,57	515,17	313,82

Die Werte A_{436}^r , d. h. die Auszugslängen, bei welchen der Fokus der betreffenden Zone liegt, ergeben sich in der früheren Weise. Von diesen Werten sind nun die A_{∞} , die den Fokus des Fernrohrobjektives allein darstellen, abzuziehen, um die in Formel (24) mit X bezeichnete Größe zu erhalten. Die A_{∞} erhält man aus Tafel VII oder noch bequemer aus Tafel IV durch Interpolation mittels der Kurve Fig. 8 unter Abzug der Konstanten $A_0 = 813,85$. Mit den Brennweiten $F = 979,0$ (Mittelwert der benutzten Zonen) und $f = 313,6$, deren Bestimmung gleich noch folgt, erhält man $(F/f)^2 = 9,75$ und hiermit nach Formel (24) die Werte x . Diese Zahlen zeigen in ihrem Verlauf schon den Gang der Zonenfehler, und man sieht, daß dieses Objektiv in Anbetracht seiner großen Öffnung (1:6) ganz hervorragend gut korrigiert ist; dasselbe ist sphärisch ein wenig überkorrigiert, indem die Vereinigungsweite der Randstrahlen 0,29 mm länger ist, als die der Mittelstrahlen. Für Strahlen von der Wellenlänge 578 μ ist die Strahlenvereinigung noch vollkommener, indem die Zonen-differenz im ganzen nur 0,06 mm beträgt; das ist bei einem so lichtstarken Objektiv eine außerordentlich anerkennenswerte Leistung. Die Werte von x addiert man zu der abgelesenen Einstellung $l = 514,6$ der Lochmarke und erhält so die in der vorletzten Spalte aufgeführten l , welche die Einstellung angeben, bei welcher sich die Marke genau im Fokus der betreffenden Zone befinden würde.

In gleicher Weise lassen sich die Zonenfehler auch durch optische Messung mit dem Mikrometer, sowie die chromatische Aberration nach den früher besprochenen Methoden bestimmen.

54. Die Brennweitenbestimmung erfolgt wieder nach dem Prinzip der völligen Lostrennung von der Einstellung auf das scharfe Bild. Man stellt das Fernrohr (in Nullage) auf unendlich, also für optische Strahlen etwa $A = 163,35$ ein, legt in den Objekthalter E den Raster und verschiebt ihn mit Hilfe der Schraube P (Fig. 35) so lange, bis die Striche möglichst scharf in der Mikrometerebene erscheinen. Alsdann mißt man mit dem Fadenmikrometer die Größe des Bildes irgend eines Rasterintervalls, woraus man direkt den Abstand b des Rasters vom ersten Knotenpunkt des Objektivs erhält.

Es sei J der Abstand zweier Rasterstriche, S der Schraubenwert des Mikrometers, n die Anzahl der gemessenen Rasterintervalle und s die entsprechende Zahl der Schraubenumdrehungen. Ist dann B der Abstand der Mikrometerebene vom zweiten Hauptpunkte des Fernrohrobjektivs bei der gewählten Einstellung auf unendlich, so erhält man b aus

$$b = \frac{nJB}{sS}$$

Hierin sind nun J , B und S Konstanten, und zwar im vorliegenden Falle

$$\begin{aligned} J &= 0,18734 \text{ mm} \\ S &= 0,24943 \text{ " } \\ B &= 977,20 \text{ " (vgl. Abschn. 23).} \end{aligned}$$

Man erhält daher einfach

$$b = [2,86566] \frac{n}{s},$$

wo der Logarithmus des Koeffizienten in Klammern eingeschlossen ist.

Zur Bestimmung der Brennweite des Planars wurden in dieser Weise folgende Messungen ausgeführt. Bei den Einstellungen $R = 90,0$, $l = 514,7$ und $A = 163,35$ ergab sich

n	s
10	23,401 Umdreh.
10	23,420 " "
8	18,762 " "
28	65,583 Umdreh.

Hiermit erhält man aus obiger Formel $b = 313,35 \text{ mm}$. Setzt man, ähnlich der früheren Definition von A_0 , nun allgemein

$$b = l - l_0,$$

so ist demnach

$$l_0 = 201,35 \text{ mm},$$

und hiermit ergeben sich in der Tabelle im vorigen Abschnitte aus den unter l aufgeführten Zahlen die Werte f_{496}^* der Brennweite selbst, also des Abstandes des Brennpunktes vom Knotenpunkte.

Will man nur einen Näherungswert der Brennweite haben, wie ihn die Einstellung auf das scharfe optische Bild zu liefern vermag, so braucht man die extrafokalen Messungen nicht zu benutzen, sondern erhält direkt durch obige, in wenigen Minuten ausgeführte Messung den Wert $f = 313,35 \text{ mm}$ als Brennweite der optischen Strahlen. Letzteres Verfahren ist zweifellos das zuverlässigste und dabei gleichzeitig das denkbar einfachste, um den für die volle Öffnung eines Objektivs geltenden Mittelwert der Brennweite zu bestimmen.

55. Auch für die Bestimmung der *Bildwölbung* und der *astigmatischen Flächen* ist die optische Bank unter Anwendung der Umkehrmethode sehr geeignet. Man verfährt hierbei ähnlich wie bei der Brennweitenmessung, stellt also das Fernrohr fest auf unendlich ein, benutzt als Prüfungsobjekt die Rasterplatte und stellt diese durch Drehung der Schraube P scharf ein. Man verstellt das Fernrohr etwa von 5° zu 5° auf dem Kreissektor, schiebt jedesmal den Objektträger um ein entsprechendes Stück auf der Querschiene seitwärts und wiederholt die scharfe Einstellung auf die Rasterstriche. Nach jeder Einstellung wird die Teilscheibe der Schraube P abgelesen und man erhält so, indem der Raster in beiden Lagen, Striche horizontal und vertikal, benutzt wird, direkt die Lage beider astigmatischen Flächen für unendliche Objektdistanz. Die Fläche des scharfen Bildes, die mitten zwischen den astigmatischen Flächen liegt, kann man auch direkt bestimmen, indem man statt des Rasters die punktförmige Marke in den Rahmen E einschiebt. Die Veränderungen, welche das Bild dieser Marke außerhalb der Achse erleidet, geben auch sofort ein gutes Urteil über den außerachsialen Korrektionszustand der Linse, und man kann die astigmatischen Verzerrungen des Bildes, Koma und Farbenfehler auf einen Blick erkennen.

Um die Lage des Bildfeldes auch für endliche Distanzen zu bestimmen, verkürzt man den Auszug des Fernrohrs in der entsprechenden, durch Rechnung leicht

festzustellenden Weise. In allen Fällen, wo die Marken nicht im Brennpunkt der beiden Objektive liegen, also zwischen beiden Objektiven kein paralleler Strahlengang stattfindet, hat man das zu prüfende Objektiv mit seinem ersten Knotenpunkte über die Achse C einzustellen und es geht dann in die Rechnung stets der konstante Abstand des ersten Knotenpunktes des Fernrohrobjektivs von der Drehungsachse C mit ein.

Nur bei der Prüfung von Reproduktionsobjektiven, welche bestimmt sind, eine sehr nahe Ebene wieder eben abzubilden, empfiehlt es sich nicht, in dieser Weise zu verfahren; man wende bei diesen entweder die im Abschn. 42 gegebene Methode an oder stelle bei Ausführung der soeben beschriebenen Messungen das Fernrohr für jeden Bildwinkel der rechnerisch bestimmten Entfernung von einer Ebene entsprechend ein.

56. Zum Schlusse sei noch die Messung der *Verzeichnung* erwähnt. Man stellt das Fernrohr zuerst auf unendlich und bringt dann die punktförmige Marke, die in den auf q_0 eingestellten Rahmen eingesetzt ist, scharf in den Fokus. Sodann stellt man dieselbe durch Drehung des Fernrohrs um die Achse C auf den senkrechten Faden ein und liest den Wert von β ab. Man verschiebt alsdann den Objektivrahmen auf der Querschleife um Intervalle von etwa 50 mm und erhält durch jedesmalige Einstellung des Fernrohrs eine Reihe zusammengehöriger Werte von q und β . Ist das Objektiv frei von Verzeichnung, so besteht allgemein die Beziehung

$$q - q_0 = f \operatorname{tg}(\beta - \beta_0).$$

Ist Verzeichnung vorhanden, so besitzen die aus dieser Gleichung berechneten Werte von f einen Gang; man ermittelt dann den für $\beta = \beta_0$ geltenden Grenzwert f_0 der Brennweite f und erhält hiermit den Betrag der Distorsion V aus

$$V = q - q_0 - f_0 \operatorname{tg}(\beta - \beta_0).$$

Daß man alle in den letzten Abschnitten besprochenen Messungen an den außerrachialen Bildern durch Anwendung verschiedenfarbiges Lichtes wieder zur Bestimmung der betreffenden chromatischen Aberrationen verwenden kann, brauche ich kaum zu erwähnen.

Alle diese Beobachtungsmethoden sind so einfach, daß es nicht nötig ist, hier ein Beispiel dafür zu geben. An anderer Stelle werde ich noch Gelegenheit haben, über die Resultate, die an speziellen Objektiven unter Anwendung der besprochenen Prüfungsmethoden gefunden wurden, zu berichten. Ich bin überzeugt, daß es dem praktischen Optiker noch in manchen Punkten gelingen wird, diese Methoden weiter auszubilden, doch hoffe ich, durch die vorstehenden Untersuchungen teils zur Erleichterung, teils zur Vervollkommnung seiner Arbeiten einen kleinen Beitrag geliefert zu haben.

Quecksilberluftpumpe mit automatischer Steuerung.

Von

C. V. Schou und P. Bergsøe in Kopenhagen.

Die im folgenden zu beschreibende Quecksilber-Luftpumpe zeichnet sich dadurch aus, daß bei derselben kein Kautschukschlauch, durch welchen das Quecksilber verunreinigt werden kann, nötig ist, und ferner dadurch, daß die automatische Steuerung der Pumpe für beliebig lange Wartezeiten zwischen den einzelnen Hüben einstellbar ist, wodurch die Erzielung einer hohen Luftleere wesentlich beschleunigt werden kann.

Der Quecksilberbehälter *a* (vgl. die Figur) ist mit dem Behälter *b* durch ein Rohr *c* ohne Kautschukschlauch fest verbunden. Das Toepplersche Abzweigrohr *d* mit Ventil *e*, der Trockenapparat *f* und das zum Rezipienten führende Rohr *g* sind in der üblichen Weise angeordnet, ebenso das Kapillarrohr *h*, Vorvakuum *i*, Rohr *k* und Vakuumreservoir *l*; zwischen dem Rohr *k* und dem Reservoir *l* wird zweckmäßig ein Schwimmerventil *m* vorgesehen. An dem tiefsten Punkte des Rohres *c* sitzt ein Ablaßhahn *n*.

Der Quecksilberbehälter *a* ist durch das Rohr *o* mit einem Behälter *p* luftdicht verbunden. Zweckmäßig werden sämtliche bisher beschriebenen Teile einfach miteinander zusammengeblasen.

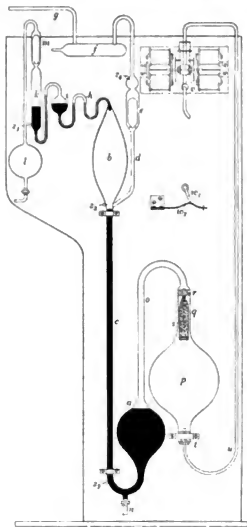
Der sich an den Behälter *p* unmittelbar anschließende Teil *q* des Rohres *o* wird ziemlich weit gestaltet und mit einem durchbohrten Stopfen *r* versehen, worin ein Chlorkalzium-Rohr *s*, das durch den Hals *t* des Behälters eingeführt werden kann, befestigt ist. In *t* steckt mittels eines durchbohrten Stopfens ein Bleirohr *u*, welches in dem Körper eines Hahnkes *v* endigt. Dieser Hahn ist so eingerichtet, daß er den Behälter *p* abwechselnd mit der Druckwasserleitung und mit einem Ablaufrohr in Verbindung setzen kann, und eine ganz geringe Drehung des Kükens genügt dazu, den Hahn umzusteuern.

Die Drehung des Hahnkükens wird durch Elektromagnete bewirkt. Auf dem Hahnkükens sind zu diesem Zweck zwei Arme befestigt, deren Bewegung durch einen Anschlagstift begrenzt wird. Dem Kükens gegenüber sind zwei Elektromagnete angebracht, deren bewegliche Anker mit Anschlagstiften versehen sind. Sobald einer der beiden Elektromagnete erregt wird, dreht sich der zugehörige Anker und schlägt mit seinem Anschlagstift gegen den zugehörigen Arm des Hahnkükens, wodurch das letztere in der Richtung des erregten Magneten gedreht wird.

Das benutzte Wasser fließt nach einem kleinen, auf der Rückseite angebrachten Behälter und von

diesem nach einem kleinen Kipptrog, der die Kontaktvorrichtung *w*, *w*₂ betätigt.

Um die Pumpe in Betrieb zu setzen, stellt man das Hahnkükens so, daß die Druckwasserleitung geöffnet wird. Das Druckwasser strömt durch das Rohr *u* und preßt die Luft im Behälter *p* zusammen, die ihrerseits nach dem Behälter *a* in getrocknetem Zustande strömt und das Quecksilber hochtreibt. Nachdem der Behälter *b* mit Quecksilber gefüllt und die Luft nach dem Behälter *l* getrieben ist, kommt das Quecksilber in Berührung mit dem eingeschmolzenen Platindraht *z*₁. Hierdurch wird ein Strom geschlossen, der von dem einen Pol einer kleinen Batterie aus durch den Draht *z*₂ und das Quecksilber nach dem Draht *z*₁, von diesem durch die Spulen des einen Elektromagneten und dann nach der Batterie zurückfließt. Der Elektromagnet zieht seinen Anker an und dreht dabei das Hahnkükens so, daß der Hahn die Verbindung zwischen dem Behälter *p* und dem Ablauf herstellt.



Das Wasser strömt nun aus und das Quecksilber sinkt bis in die Gleichgewichtslage zurück, wobei im Rohr k und im Vorvakuum Quecksilber für die Absperrung zurückbleibt. Nun fließt ein Teil des Wassers in die eine Abteilung des Kipptroges, bis derselbe nach einiger Zeit umkippt. Hierdurch wird der Kontakt w_1, w_2 einen Augenblick geschlossen und wieder unterbrochen, wobei ein Stromkreis von der Batterie durch den Kontakt w_1, w_2 nach den Spulen des zweiten Elektromagneten und nach der Batterie zurück geschlossen und wieder unterbrochen wird. Hierdurch wird das Küken wieder so gedreht, daß die Verbindung zwischen der Druckwasserleitung und dem Behälter p hergestellt wird. Das Quecksilber steigt wieder in die Höhe u. s. w. Solange noch ein Luftbläschen vom Behälter b nach dem Rohr k befördert wird, ist der Stromkreis durch eben dieses Luftbläschen unterbrochen; sobald es aber durch das im Rohr k befindliche Quecksilber aufgestiegen ist, wird die leitende Verbindung zwischen den Drähten z_1 und z_2 durch das Quecksilber hergestellt und das Wasser läuft wieder aus dem Behälter p aus. Man kann die Umsteuerung leicht so einstellen, daß zwischen zwei Entleerungen des Kippgefäßes soviel Zeit vergeht, wie für das Auf- und Absteigen des Quecksilbers nötig ist, einschließlich einer beliebigen Wartezeit, damit die Luft vom Rezipienten nach dem Behälter b übertreten kann, was bei sehr niedrigen Drucken ziemlich lange, etwa einige Minuten, dauern kann.

Sollte einmal, z. B. wegen Abnehmens des Wasserdrucks, das Aufsteigen des Quecksilbers verzögert werden, so kann es vorkommen, daß der Kipptrog kippt und der Umsteuerungshahn auf Druckwasser eingestellt wird, bevor das Quecksilber so weit gesunken ist, daß die Mündung des Toeplerschen Steigrohres freigelegt ist; das Quecksilber würde in diesem Falle unnütz steigen und der Hub wäre verloren. Um dies zu vermeiden, ist unmittelbar unter der Einmündung des Toeplerschen Rohres ein Platindraht z_3 eingeschmolzen. Eine Leitung führt von da zu der Kontaktfeder w_3 . Kippt nun der Trog, während das Quecksilber noch mit dem Drahte z_3 in Kontakt ist, so wird der eine Elektromagnet durch diese Leitung kurzgeschlossen, sodaß das Kippen des Troges ohne Einfluß auf die Umsteuerung bleibt. Die Umsteuerung des Hahnes kann erst dann erfolgen, wenn der Kipptrog nach dem vollständigen Zurücktreten des Quecksilbers aus dem Behälter b kippt.

Falls das Ventil in dem Toeplerschen Steigrohr nicht dicht halten sollte, könnte Quecksilber bis in den Trockenapparat gelangen. Um diese Möglichkeit zu verhindern, ist kurz über dem Ventil ein Draht z_4 eingeschmolzen. Dieser Draht ist mit dem Draht z_1 verbunden; falls nun Quecksilber durch das Ventil dringen und mit dem Draht z_4 in Kontakt kommen sollte, wird sofort der betreffende Elektromagnet betätigt, das Wasser fließt aus dem Behälter p , und das Quecksilber geht zurück, um erst dann wieder emporzusteigen, wenn der Kipptrog zum ersten Mal nach der Freilegung des Drahtes z_3 kippt.

An Stelle des Druckwassers kann auch Druckluft zum Hochtreiben des Quecksilbers Anwendung finden. In diesem Falle kann der Behälter p fortfallen; der Kipptrog wird dann von einer Wasserleitung mittels eines einstellbaren Hahnes gespeist.

Die Pumpe ist zum Patent angemeldet und ihr Vertrieb von Dr. H. Geisslers Nachf. Franz Müller in Bonn a. Rh. übernommen worden.

Kopenhagen, im Februar 1904.

Bemerkung zu einem Aufsatz des Hrn. H. Siedentopf: „Über eine neue Quecksilberbogenlampe“.

Von
E. Gumlich in Charlottenburg.

In dem in *dieser Zeitschr.* 24. S. 22. 1904 erschienenen Aufsatz von Hrn. H. Siedentopf „Über eine neue Quecksilberbogenlampe“ findet sich zur Motivierung der Neukonstruktion folgender Passus:

„Die bekannteren Konstruktionen von Hg-Lampen nach Gumlich, Lummer, Paschen, Straubel u. A. für wissenschaftliche Zwecke verwerten in der Regel das vom *Hg-Flammenbogen* ausgestrahlte Licht. Dieser Dampf besitzt aber geringere spezifische Intensität, als das von einer *Hg-Kraterfläche* ausgestrahlte Licht. Wenn auch der Unterschied zwischen der Lichtemission von Bogen und Krater nicht in dem Verhältnis von etwa 1:20 wie bei gewöhnlichen Kohlenbogenlampen steht, so ist doch der Unterschied in der spezifischen Intensität erheblich genug, um eine *neue, auf die Lichtemission eines Hg-Kraters gegründete Lampenkonstruktion*, wie die im folgenden näher beschriebene, vorteilhaft zu gestalten.“

Der Leser wird hieraus jedenfalls den Schluß ziehen, die Erkenntnis des stärkeren Emissionsvermögens des Kraters (Pols) und dessen praktische Verwertung zur Steigerung des Effekts sei neu. Offenbar hat nun Hr. Siedentopf beim Lesen meines Aufsatzes „Über die Herstellung von Aronsschen Bogenlampen mit Amalgamfüllung“ (*diese Zeitschr.* 17. S. 163. 1897; *Wied. Ann.* 61. S. 404. 1897) folgenden Absatz vollständig übersehen:

„Beim Auftreten des Bogens gerät nun hauptsächlich der eine Pol in starke Wallung, und es zeigt sich, daß die größte Helligkeit des Kadmiumlichtes von hier ausgeht. Da jedoch das Niveau des Amalgams gerade dort infolge von Verspritzen u. s. w. leicht etwas sinkt, so würde das von diesem Pol kommende Licht für die Beleuchtung zum größten Teil verloren gehen; ich habe deshalb an dem Winkel des Rohrs über der Kathode ein Stück Wand unter etwa 45° zur Röhrenachse geneigt anbringen lassen und dasselbe versilbert, sodaß auch das von unten kommende Licht in Richtung der Röhrenachse austritt; tatsächlich wird hierdurch die Intensität der Linien erheblich vermehrt.“

Hieraus geht hervor, daß das Prinzip der Siedentopfschen Neukonstruktion schon vor 7 Jahren von mir verwendet und veröffentlicht worden ist. Auch Fabry und Perot haben, wie das illustrierte Preisverzeichnis von A. Jobin in Paris zeigt, eine der Siedentopfschen ähnliche Lampe bereits ausführen lassen.

Selbstverständlich verkenne ich keineswegs, daß die Neukonstruktion in Bezug auf Bequemlichkeit der Handhabung, Regelmäßigkeit des Strahlengangs und namentlich im Hinblick auf die Lebensdauer der Lampen nicht zu unterschätzende Vorteile bieten wird. Es wäre deshalb erfreulich, wenn Hr. Siedentopf seine Konstruktion auch zur Herstellung von Amalgamlampen — insbesondere mit Kadmium-Amalgamfüllung — verwendete, welche den bei mir eingelaufenen Anfragen zufolge einem wirklichen Bedürfnis entsprechen.

Da es neuerdings der Firma Heraeus in Hanau gelungen ist, aus Quarz Quecksilberlampen herzustellen, welche keiner Wasserkühlung bedürfen, so würde wohl auch für die Amalgamlampen die Verwendung von Quarzgefäßen ins Auge zu fassen sein. Damit würde man einmal das Springen der Lampen vermeiden, man würde ferner viel höhere Temperaturen und somit auch eine viel größere Intensität des Kadmiumlichtes erzielen, und man würde schließlich auch die ultravioletten Strahlen von Kadmium bezw. Zink verwenden können.

Erwiderung auf vorstehende Bemerkung.

Von

H. Siedentopf in Jena.

Die vorstehenden Mitteilungen des Hrn. E. Gumlich machen mich auf die Möglichkeit einer Auffassung an einer Stelle meiner kurzen Beschreibung einer neuen Quecksilberbogenlampe aufmerksam, die von mir nicht beabsichtigt ist.

Meine Bemerkung über die höhere spezifische Intensität des Hg-Kraters ist nur im Sinne der Erwähnung einer Tatsache zu verstehen, die denjenigen wohlvertraut sein muß, welche häufiger mit Quecksilberbogenlampen zu experimentieren haben, aber nicht etwa als Bekanntgabe einer neuen Erkenntnis. Mit den Worten: „Die bekannteren Konstruktionen von Hg-Lampen nach Gumlich, Lummer, Paschen, Straubel u. A. für wissenschaftliche Zwecke verwerten in der Regel das vom *Hg-Flammenbogen* ausgestrahlte Licht“ habe ich bereits *implicite* zugegeben, daß gelegentlich eine *Mit-Verwertung* des Kraterlichts von Hg-Lampen bereits stattgefunden hat; aber auch im Falle des Hrn. Gumlich ist diese Benutzung nur sekundär, indem sie zwar „die Intensität der Linien erheblich vermehrt“, aber doch nicht wie in meiner Lampe geradezu den *Hauptbestandteil* derselben ausmacht und von vornherein zum Ausgangspunkt der Konstruktion gemacht ist.

Hauptziel war mir dabei neben der helleren Strahlung vor allem, die *Vorteile der festen, runden und einheitlichen Diaphragmierung* der primär strahlenden Fläche im Interesse der Erzielung eines geregelten Strahlenganges zu benutzen, wie ich ausdrücklich im Eingang meiner Beschreibung hervorgehoben habe. Es führte mich hierzu gerade die Tatsache, daß eine solche Regelung des Strahlenganges viel schwieriger wird, wenn man, ähnlich wie von Hrn. Gumlich angegeben, das mittels Spiegels entworfene Bild eines Kraters als *virtuelle zweite Lichtquelle* neben dem Flammenbogen *in räumlich getrennter Lage* mitbenutzt. In letzterem Fall erzielt man wohl eine Verstärkung der Gesamtstrahlung, aber fast immer auf Kosten einer gleichzeitig gleichmäßigen Helligkeit im Gesichtsfelde *und* in der Austrittspupille optischer Instrumente.

Zum Unterschiede von Hrn. Gumlich benutze ich ferner nicht die Strahlung des einen „in starker Wallung“ befindlichen Poles, sondern die Strahlung des positiven Poles, welcher sich nicht, wie der negative, in starker Wallung befindet und der infolgedessen eine relativ ruhige, hell leuchtende Fläche darbietet, entsprechend den Fig. 2 u. 3 meiner Beschreibung, welche „die richtige und die falsche Schaltung“ darstellen.

Es liegt übrigens das Charakteristische der von mir beschriebenen Quecksilberbogenlampe lediglich in ihrer ganzen konstruktiven Durchbildung, für welche außer der Benutzung der Strahlung des fest begrenzten positiven Kraters *vor allem die glatte Durchsicht mittels der oben aufgeschmolzenen Kugel*¹⁾ — eine Anordnung, die der optischen Werkstätte von C. Zeiss in Jena durch Gebrauchsmuster geschützt ist — und die außerhalb der eigentlichen Lampe verlegte Ablenkung der vertikal nach oben gerichteten Strahlung wesentlich ist.

¹⁾ Diese Einrichtung, sowie die des dritten konzentrischen Quecksilberniveaus fehlen der im übrigen ähnlichen, von A. Jobin in Paris nach den Angaben von Fabry und Perot konstruierten Lampe.

Referate.

Über das Auffinden von Umwandlungspunkten mit einem selbstregistrierenden Dilatographen.

Von R. v. Sahmen und G. Tammann. *Ann. d. Physik* 10, S. 879, 1903.

Die Kenntnis der Umwandlungspunkte kristallisierter Stoffe ist von großem Interesse und ihre Untersuchung in größerem Umfange, namentlich aber in weiteren Temperaturgrenzen, bisher noch nicht unternommen worden. Die beiden gebräuchlichsten Methoden, solche Punkte

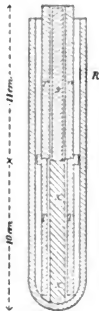


Fig. 1.

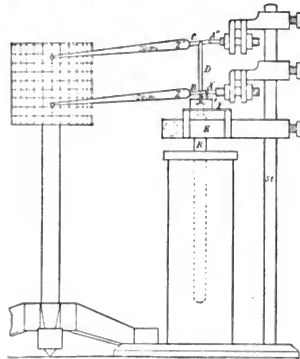


Fig. 2.

festzulegen, bilden die Messung der diesen Prozeß begleitenden Wärmetönung oder der Volumänderung. Die Verf. haben nun einen Apparat konstruiert, der zwar nicht, wie beim Dilatometer, die Volumänderung, sondern nur die Verlängerung in einer Richtung selbsttätig aufzeichnet.

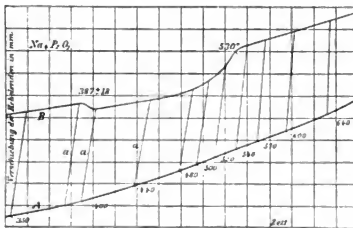


Fig. 3.

Der Apparat besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen. Ein weites, unten geschlossenes Porzellanrohr *R* (Fig. 1), das auf seiner unteren Hälfte mit Nickeldraht (zwecks elektrischer Heizung) bewickelt ist, enthält in seinem Inneren ein Silberrohr *TT* von der gezeichneten Form, in dem sich der zu untersuchende Körper in Gestalt einer Säule *xx* befindet. Auf beiden ruhen ein Rohr *rr* und ein Zylinder *s* aus Porzellan. Durch den aus Fig. 2 (*1/3* nat. Gr.) ersichtlichen einfachen Mechanismus wird die Längenänderung von Zylinder und Rohr auf je einen Hebel (*Z'* und *Z''*) übertragen, der auf einer rotierenden Walze der Ausdehnung des Silberrohrs und des zu untersuchenden Körpers proportionale Größen aufzeichnet. Das äußere Porzellanrohr *R* ist an seinem oberen Ende an ein Stativ *St* von unveränderlicher Länge angeklemt, an dem auch die Träger der Hebel befestigt sind. Hierdurch soll die Ausdehnung des inneren Porzellanrohres und

Zylinders eliminiert werden, was natürlich nur dann erreicht wird, wenn in gleichen Höhen innen und außen die gleiche Temperatur herrscht. Das Silberrohr, dessen scheinbare Ausdehnung bekannt ist, dient als Thermometer. Die Erwärmung wird durch sprunghafte Änderung des Stromes hervorgerufen.

Da beide Hebel nicht gleichmäßig ansteigen, so kommen zugehörige Punkte nicht unter einander zu liegen, wie man aus Fig. 3 ersehen kann, wo korrespondierende Punkte durch gerade Linien verbunden sind. Der Abstand der Kurven stellt die Differenz der Ausdehnung des Natriumpyrophosphats und des Silbers dar. Die beiden Knicke entsprechen zwei Umwandlungspunkten dieses Salzes. Die absolute Genauigkeit des Apparates ist recht gering, da die Fehler 10% leicht übersteigen können. Aus diesem Grunde und, da es sich häufig nur um undefinierte Längenänderungen handelt, kann der Apparat zur Bestimmung der Volumänderung nicht benutzt werden. Beträgt indessen die relative Längenänderung beim Umwandlungspunkt mehr als 0,05% und geht die Umwandlung nicht zu langsam vor sich, so kann der Umwandlungspunkt durch den Dilatographen mit Sicherheit festgestellt werden.

v. St.

Über die Barometerformel von Laplace.

Von L. Maillard. *Compt. rend.* 136. S. 1427. 1903.

Der Verfasser vergleicht die Berechnung *grosser*, barometrisch gemessener Höhen (durch in Trappes aufgestiegene Ballons) nach den Gleichungen von Halleyscher und von Laplacescher Form

$$Z = C_1 \log \frac{b_1}{b_2} \dots \dots \dots 1)$$

und

$$Z = C_2 (1 + \alpha r) \log \frac{b_1}{b_2} \dots \dots \dots 2)$$

mit den trigonometrisch bestimmten Höhen. Dabei wird, für Z in km , in 1) $C_1 = 18,4$ und in 2) $C_2 = 18,336$, $\alpha = \frac{1}{250}$ gesetzt [$r = \frac{1}{2}(r_1 + r_2)$ die „mittlere“ Lufttemperatur]; bei 2) wird also das Höhenkorrektionsglied vernachlässigt, was nicht gerechtfertigt erscheint. Die Formel 2) zeigte sich bei diesen Messungen umso mehr ungenauer als 1), je tiefer die obere Temperaturen wurden. Für sehr große Höhen gab 2) starke Abweichungen von den trigonometrisch bestimmten Höhen, die z. B. bei $13\frac{1}{2} km$ Höhe bis auf $1100 m$ anwachsen. Dagegen erhält man auch für die größten erreichten Höhen immer noch sehr gute Ergebnisse durch eine Gleichung von der einfachen Halleyschen Form, die auf die Lufttemperatur keine Rücksicht nimmt, wenn man die Konstante C_1 von $18,4$ auf $18,588$ vergrößert, also setzt

$$Z = 18,588 \log \frac{b_1}{b_2} \dots \dots \dots 3)$$

Bedeutet $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ die Fehler, die an den nach 1), 2), 3) berechneten, barometrisch gemessenen Höhen den trigonometrischen Höhen gegenüber sich zeigen, so erhält der Verfasser

aus allen	für Δ_1 , durchschn. 402 m " Δ_2 " 79 " zusammen " Δ_3 " 0,4 "	wenn nur die Höhen über 8,5 km berücksichtigt werden	für Δ_1 , durchschn. 853 m " Δ_2 " 117 " " Δ_3 " 3,4 "
Messungen			

Für sehr große aus Barometerablesungen zu berechnende Höhen in der freien Atmosphäre scheint also 3) die beste Formel zu sein. Für solche sehr großen Höhen war aber die Laplacesche Formel auch nicht bestimmt; er sagt ausdrücklich, daß „die Integrale nur auf ein im Vergleich mit der ganzen Höhe der Atmosphäre wenig beträchtliches Intervall ausgedehnt werden dürfen“. Daß die Laplacesche Formel für sehr große Höhen versagt, zeigt der Verf. auch, indem er die Formeln 1) und 2) auf die „ganze Höhe der Atmosphäre“ anwendet. Berthelot, Paulsen u. A. haben die bemerkenswerte Übereinstimmung der Linien des Spektrums des Nordlichts und des Kryptons gezeigt; die grüne Linie des Krypton-Spektrums bleibt nun noch sichtbar unter einem Druck von $0,000035 mm$. Setzt man für b_2 diese Zahl, so gibt 1) für die Höhe der Atmosphäre $135 km$, 2) aber, je nachdem r_2 an diesem obren Punkt zu -100° , -150° oder -250° angenommen wird, $107, 94$ und $67 km$, Werte,

die sicher zu klein sind. Nach den Messungen von Paulsen erscheint das Nordlicht in Höhen von 100 bis 200 km, manchmal aber auch viel mehr. Der Verf. wünscht, daß stets *trigonometrische* Messungen die Höhen des Ballons aus den Barometerangaben kontrollieren möchten; man würde dann für eine für *sehr* große Höhen anzunehmende Formel

$$Z = C_4(1 - \beta r) \log \frac{b_1}{b_2}$$

die Koeffizienten C_4 und β empirisch bestimmen können.

Hammer.

Über die elastische Nachwirkung bei Aneroid-Barographen.

Von E. Rosenthal. *Bull. Acad. Imp. Soc. de St. Pétersbourg* **19**, S. 115. 1903.

In der vorliegenden Arbeit werden die Fehler, welche die zu Ballonfahrten bestimmten Barographen infolge der elastischen Nachwirkung zeigen, studiert und ihrem numerischen Betrage nach ermittelt, um sie womöglich innerhalb der Grenzen der zufälligen Beobachtungsfehler vorausberechnen zu können. Bei Aneroiden für Gebirgsreisen kann man sowohl durch das Prüfungsverfahren — langsame Druckänderungen, häufige kurze Ruhepausen, mechanische Ersehtterung — als auch im Gebrauch diesen Fehler nahezu beseitigen, bei Barographen für Ballonaufstiege ist dies nicht möglich. Hier erwies es sich als praktikabel, die Versuche im Laboratorium mit möglichst gleichmäßigen Druckänderungen und nur einer Ruhepause nach Erreichung des tiefsten Druckes anzustellen. Diese Beobachtungen wurden dann unter symmetrischer Benutzung des auf- und absteigenden Astes der Registrierkurven berechnet, indem die halben Summen und die halben Differenzen der Abweichungen von der zugrunde gelegten Skale als einfache Funktionen von Druckintervall und Geschwindigkeit der Druckänderung dargestellt wurden. Das hierbei eingeschlagene Verfahren stützt sich im wesentlichen auf die Studie von C. Chree über Aneroid-Barometer (*Phil. Trans.* **191**, S. 411. 1898; Referat in *dieser Zeitschr.* **19**, S. 284. 1899). Die halben Summen wurden in der Form $ar + b \sin 2\pi r$, die halben Differenzen als Produkt $q \cdot m$ dargestellt, wobei r das Verhältnis des jeweiligen Druckintervalls zum Gesamtintervall des Versuchs bedeutet; a ist eine quadratische Funktion der Geschwindigkeit der Druckänderung, b eine Konstante, welche, ebenso wie die Koeffizienten von a , charakteristische Größen für jeden einzelnen Barographen sind und durch den Versuch bestimmt werden müssen; q ist eine Funktion von r ; m wächst dem Druckintervall proportional und ist ebenfalls eine charakteristische Größe für einen gegebenen Barographen.

Diese Prüfungen und Rechnungen sind an zehn Richardschen Barographen mit Vidikapseln ausgeführt und eingehend diskutiert worden. Wird der Einfluß der elastischen Nachwirkung in der geschilderten Weise berücksichtigt, so betragen nach Angabe des Verf. die übrig bleibenden Fehler nur etwa 0.5 bis 1,0 mm, sind also nicht größer als die Ablesungs-Genauigkeit der Barographen ohnehin. Außerordentlich günstige Resultate ergaben die Richardschen Barographen mit Bourdon-Röhren, wie sie für Reglstrierballons verwendet werden. Die meisten der untersuchten Instrumente zeigten so überraschend kleine Werte für alle den Effekt der Nachwirkung charakterisierenden Größen, daß damit sich ein Weg eröffnet zur Konstruktion möglichst nachwirkungsfreier Barographen. Die von Richard gewählte Metallkomposition scheint hierbei vor allem maßgebend zu sein, denn Bourdon-Röhren aus Messing zeigten ungefähr dieselbe Nachwirkung wie Vidli-Dosen.

Sg.

Über die Intensität des Sonnenlichts.

Von Ch. Fabry. *Compt. rend.* **137**, S. 973. 1903.

Bereits seit Bouguers Zeiten ist eine Vergleichung der Lichtstrahlung des Sonnenkörpers mit derjenigen künstlicher Lichtquellen von verschiedenen Physikern nach verschiedenen Methoden versucht worden. Aber bis heute gehen die von den einzelnen Beobachtern erhaltenen Angaben über die Intensität der von der Sonne herrührenden optischen Strahlung noch ganz beträchtlich auseinander, teils wegen der Unvollkommenheit der an-

gewendeten Messungsmethoden und Unsicherheit der benutzten photometrischen Einheiten, teils auch wegen der wechselnden atmosphärischen Zustände, die von vornherein eine Unsicherheit der Extinktionsreduktion mit sich bringen.

Im Prinzip auf die alte Bouguersche Methode zurückgreifend, hat nun Fabry neue Bestimmungen über die Strahlungsstärke des Sonnen-Lichtes zu erhalten versucht mittels Abschwächung der Beleuchtungsintensität des letzteren nach bekanntem Verhältnis: ein Bündel Sonnenstrahlen wird durch eine Linse von geringer Brennweite auf die eine Fläche des Schirmes eines Lummer-Brodhunschen Photometers geworfen; die andere Fläche empfängt eine konstante Beleuchtung von derselben Färbung wie das Sonnenlicht, durch eine kleine elektrische Glühlampe, deren Strahlung vorher durch ein Gefäß mit farbiger Lösung (Mischung von Kupfervitriollösung mit Ammoniak) hindurchging. Die durch die blaue Lösung hervorgerufene Lichtschwächung gegenüber reinem Wasser wird ein für allemal durch zahlreiche Messungen ermittelt; die Gleichheit der beiden Flächenbeleuchtungen am Photometer stellt man einfach durch Verschieben der Linse in dem einfallenden Sonnenstrahlen-Bündel her. Die Kenntnis einer Instrumental-Konstanten gestattet dann in einfacher Weise die Beleuchtungsintensität der vom Sonnenkörper herrührenden Lichtstrahlen zu bestimmen. Als Lichteinheit benutzt Fabry die französische Dezimalkerze (gleich 1,13 Hefnerkerze).

Die Messungen wurden im Niveau des Meeres in Marseille ausgeführt, bei einer Sonnenhöhe, die niemals 25° Zenitdistanz überschritt; die erhaltenen Zahlen sind auf die mittlere Distanz Sonne—Erde (und wegen der Extinktion) auf das Zenit reduziert. Selbstverständlich müssen die beobachteten Werte Funktionen der Himmelsbeschaffenheit sein; da aber Fabry lediglich die Messungen bei vollkommen reinem Himmel berücksichtigt hat, variieren die Zahlen nur um einige Hundertstel.

Aus den gewonnenen Beobachtungen läßt sich entnehmen, daß die Sonne im Zenit bei mittlerer Entfernung und im Niveau des Meeres eine Beleuchtungsstärke hervorbringt, die 100000-mal so groß ist, wie diejenige einer französischen Normalkerze in 1 m Abstand¹⁾. Vorausgesetzt dann, daß die scheinbare Helligkeit der Sonnenscheibe eine gleichmäßige wäre, würde daraus folgen, daß ein Quadratmillimeter der letzteren normal eine Lichtintensität aussendet, die nach Absorption durch die Atmosphäre derjenigen von 1800 Dezimalkerzen gleichkommt. In Wirklichkeit jedoch ist der Sonnenrand weniger hell als die Mitte der Scheibe, daher stellt die letztere Zahl einen Minimalwert dar. Zum Vergleich führt Fabry an, daß die Lichtintensität des positiven Kraters im elektrischen Flammenbogen 150 bis 200 Kerzen für 1 mm beträgt. Am Schlusse vergleicht Fabry noch die Lichtstrahlung der Sonne mit derjenigen ihrer totalen kalorischen Energie und berechnet, daß in dieser Strahlung, so wie wir sie nach der atmosphärischen Absorption empfangen, die totale Intensität 0,12 Watt für die Kerzenstärke beträgt. J. M.

Absolute Messung von Wellenlängen im Sonnen- und Eisenspektrum.

Von Ch. Fabry und A. Perot. *Ann. de chim. et de phys.* **25**, S. 98, 1902.

Die Arbeit enthält zunächst eine ausführliche Darstellung der von den Verfassern ausgearbeiteten Interferenzmethode zur absoluten Messung von Wellenlängen. Diese Methode beruht auf der Beobachtung der Haidingerschen Interferenzringe, die durch Luftplatten erzeugt werden. Über diesen Teil der Arbeit ist bereits nach *Compt. rend.* **131**, S. 700, 1900 in dieser Zeitschr. **20**, S. 339, 1900 referiert worden.

¹⁾ Bouguer gibt hierfür die Zahl von rund 75000 Kerzen in der Entfernung von 1 m, Wollaston 59881; dagegen erhält Thomson, ebenfalls mit Berücksichtigung der Extinktion in der Atmosphäre, für die Lichtwirkung der Sonne im Zenit nur 36104 Meterkerzen; endlich findet Exner (1886), daß die Sonne in mittlerer Entfernung im Zenit eine ebenso starke Beleuchtung hervorbringt, wie ungefähr 50000 Normalkerzen in der Entfernung von 1 m. Diese Zahl würde nach G. Müller (vgl. Photometrie der Gestirne, S. 311) noch um ungefähr 20% zu vergrößern, also durch 60000 zu ersetzen sein, wenn man die Gesamtabsorption unserer Atmosphäre in Rechnung bringt, also die Lichtwirkung der Sonne außerhalb derselben betrachten wollte. D. Ref.

Ein zweiter Teil enthält die Ausmessung von 33 Linien des Sonnenspektrums und einen Vergleich mit den von Rowland erhaltenen Werten für die Wellenlängen dieser Linien. Auch hierüber ist nach *Compt. rend.* **133**, S. 153, 1901 in dieser *Zeitschr.* **22**, S. 92, 1902 schon berichtet.

In einem dritten Teile werden schließlich einige Linien des Eisenspektrums bestimmt. Diese möglichst genau zu messen, hielten die Verf. für nützlich, weil gerade diese Eisenlinien sehr häufig bei relativen spektroskopischen Messungen als Vergleichsspektrum benutzt werden. Als Lichtquelle dient der elektrische Lichtbogen, der sich zwischen Eisenstiften von 1 cm Durchmesser in Luft von Atmosphärendruck bei etwa 8 Amp. bildet. Die folgende Tabelle enthält die Wellenlängen in $\mu\mu$ in Luft von 15° und 760 mm Druck, bezogen auf die grüne Kadmiumlinie (Wellenlänge 508,58240 $\mu\mu$ nach Michelson):

473,6785	523,2954	558,6775	623,0733
485,9763	530,2921	561,5657	649,1992
500,1887	543,4525	576,3023	
508,3345	550,6783	606,5489	

Es ist nicht angängig, diese Werte mit denen von Rowland zu vergleichen, weil diese sich fast sämtlich auf die Sonne beziehen. Die Wellenlängen eines Strahls in der Sonne und im Lichtbogen können nämlich merklich verschieden sein. *Schck.*

Saitenunterbrecher.

Von E. Orlich. *Elektrotechn. Zeitschr.* **24**, S. 502, 1903.

In einem Vortrage, den Ref. über „Selbstinduktionsnormale und die Messung von Selbstinduktionen“ im Elektrotechnischen Verein in Berlin gehalten hat, wurde ein neuer Saitenunterbrecher demonstriert, der auf einem von Arons angegebenen Prinzip beruht (Fig. 1 u. 2). Die Tonhöhe einer ausgespannten Kupfersaite *A* kann durch Spannen und durch Abgrenzen mittels zweier durch Schrauben *SS* festklemmbaren Stege in ziemlich weiten Grenzen ver-

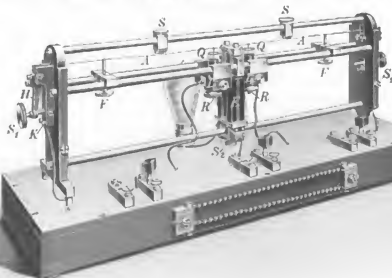


Fig. 1.

ändert werden. Die Spannung wird durch je eine Endschraube *S*₁ bewirkt, die in den um eine horizontale Achse *K* drehbaren Klotz (vgl. Fig. 1) geschraubt ist; dadurch ist es ermöglicht, die Schraube *S*₁ ganz herunterzuklappen, sodaß der in eine Gabel endigende Hebel *H* frei wird, eine Vorrichtung, die beim Einspannen der Saite sehr bequem ist. Eine sehr feine Regulierung der Tonhöhe ist durch die Schrauben *F* erreichbar, die in zwei auf den mittleren Stangen liegende Metallschlitzen eingeschraubt sind. Über jede Schraubenspitze von *F* ist eine Hülse lose aufgesetzt, die in der Endfläche eine Nut für die Saite *A* besitzt.

In der Mitte der vier Tragestangen ist ein Elektromagnet *E* angebracht, der sich mittels der Schraube *S*, so heben oder senken läßt, daß die Saite zwischen die in horizontaler Richtung breiten Polschuhe zu liegen kommt. Zu beiden Seiten des Elektromagneten sind an die Saite Platinstifte gelötet, welche Quecksilbernäpfen *Q* gegenüberstehen. Letztere sind auf den Tragestangen verschiebbar, sodaß die Platinstifte der Mitte der Näpfe gegenübergestellt werden können. Die Höhe des Quecksilberniveaus kann mittels der Regulierschraube *R* fein verstellt werden; schließlich läßt sich der ganze Napf nach Lösen der Schraube *L* leicht nach unten herausziehen und reinigen, ohne daß an der Justierung der Saite etwas geändert wird. Durch geeignete Zwischenlagen von Hartgummi sind die Saite *A* und die Quecksilbernäpfe *Q* von allen übrigen Teilen isoliert.

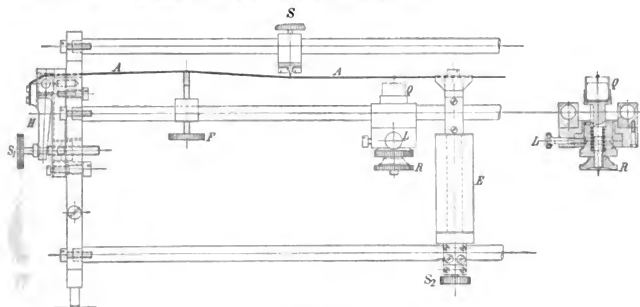


Fig. 2.

Um den Unterbrecher in Gang zu setzen, wird der Elektromagnet erregt, ein Gleichstrom von geeigneter Richtung durch den zwischen den Polen befindlichen Teil der Saite geschickt und durch den dahinter liegenden Platinstift in den zugehörigen Quecksilbernäpfe geleitet. Die stromführende Saite wird durch die Kraftlinien des Elektromagneten nach oben gedrückt, wodurch eine Stromunterbrechung verursacht wird. Es wird somit nicht der Strom des Elektromagneten, sondern nur derjenige der Saite unterbrochen, sodaß der unterbrochene Stromkreis nur eine verhältnismäßig geringe Selbstinduktion enthält. Ein zweiter Strom wird in üblicher Weise durch die zweite Unterbrechungsstelle geleitet und einem kleinen Transformator zugeführt, dessen sekundärer Wicklung der für die Messungen notwendige Wechselstrom entnommen wird. Der Apparat ist zur Erzeugung von Wechselströmen bis zu 500 Perioden pro Sek. benutzt worden. Er ist auf einem Holzkasten montiert, der außen die notwendigen Anschlußklemmen und Widerstände für die einzelnen Stromkreise (Glühlampen als Vorschaltwiderstand für den Elektromagneten *E* und Blechwiderstand für den die Saite *A* durchfließenden Unterbrecherstrom) und innen zwei Kondensatoren enthält, die in der üblichen Weise zur Abschwächung der Funken den Unterbrechungsstellen parallel geschaltet sind.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

Karl Friedrich Gauß' Werke. IX. Bd. Hrsg. v. der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. gr. 4°. 528 S. m. Fig. u. 1 Taf. Leipzig, B. G. Teubner in Komm. 1903. Kart. 26,00 M.

Auch die Leser dieser Zeitschrift mögen auf das Erscheinen des IX. Bands von Gauß' Werken hingewiesen werden. Er enthält, von Prof. Dr. Krüger in Potsdam bearbeitet, die

geodätischen Veröffentlichungen, soweit sie nicht bereits in den früher erschienenen Band IV aufgenommen worden waren, und sodann, in wie es scheint großer Vollständigkeit, den geodätischen Nachlaß, der sich fast ganz auf die Hannoversche Gradmessung und die darauf sich stützende Landesvermessung bezieht.

Die Aufzählung der einzelnen Stücke ist hier überflüssig. Aufmerksam gemacht sei nur im Sinn dieser Zeitschrift auf die gelegentlichen Bemerkungen über die geodätischen Instrumente und Erfahrungen bei ihrer Benutzung, wie sie besonders in den abgedruckten Briefen sich finden (vgl. z. B. den Brief an Olbers vom Juli 1825, S. 490—493: Erfahrungen bei der Repetitionsmessung in Beziehung auf den konstanten Fehler; „Messungen auf Heliotroplicht“ können „eine fast ungläubliche Feinheit erhalten“; Abwarten der günstigsten Zeiten für die Winkelmessung; „unsere Instrumente sind eigentlich, falls ihre Trefflichkeit ganz benutzt wird, zu gut für den habituellen Zustand der Atmosphäre“; Seitenrefraktion. Der Fehler der Repetitionsmessung wird auch eingehend behandelt in den Briefen an Schumacher vom 14. Aug. 1825 und an Bessel vom 29. Okt. 1843 und 15. Aug. 1844).

Doch es ist unmöglich, aus der gewaltigen Fülle einzelnes herauszugreifen, und es sei mit Rücksicht auf die in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsätze zur Geschichte des Heliotrops (von J. A. Repsold, *17. S. 1. 1897*; Hammer, *17. S. 201. 1897*) nur noch angeführt, daß man in dem Band bequem beisammen findet (S. 459—484), was, von gelegentlichen Bemerkungen an andern Stellen abgesehen, die Publikationen und der Nachlaß über das *Heliotrop* bieten. Bei der Messung eines Winkels im Oktober 1818 machte Gauss die Bemerkung: „Hamburg schlecht zu sehen; das westliche von der Sonne beleuchtete Fenster genierte das Pointieren“ und später setzte er hinzu: „NB. Diese Erfahrung ist die erste Veranlassung zu der im Herbst 1820 gemachten Erfindung des Heliotrops gewesen.“ Hammer.

F. P. Treadwell, Kurzes Lehrb. d. analyt. Chemie. In 2 Bdn. 1. Bd. Qualitative Analyse. 3., verm. u. verb. Aufl. gr. 8°. XIII, 444 S. m. 14 Abbildgn. u. 1 Spektraltaf. Wien, F. Deuticke 1904. 8,00 M.

R. Hartmann-Kempf, Über den Einfluß der Amplitude auf Tonhöhe und Dekrement von Stimmgabeln u. zungenförmigen Stahlfedern. 8°. XI, 255 S. Würzburg 1903. 5,00 M.

Abhandlungen, Wissenschaftliche, der Physikal.-Techn. Reichsanstalt. IV. Bd. 1. Hft. gr. 4°. 130 S. m. Fig. Berlin, J. Springer 1904. 8,00 M.

W. Nernst, Theoret. Chemie vom Standpunkte d. Avogadrosehen Regel u. der Thermodynamik. 4. Aufl. gr. 8°. XIV, 750 S. m. 36 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1903. 16,00 M.; geb. in Leinw. 17,60 M.

H. F. Wiebe, Tafeln üb. die Spannkraft des Wasserdampfes zwischen 76 u. 101,5 Grad bezogen auf das Luftthermometer, m. e. Beiblatt, enth. die Korrektion auf das Wasserstoff-Thermometer. Auf Grund der Ergebnisse neuer Versuche berechnet u. hrsg. 2., verm. Ausg. gr. 8°. IX, II, 30 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 2,00 M.

E. Rottok, Die Deviationstheorie u. ihre Anwendung in der Praxis. Ein Handbuch üb. die Deviation der Schiffskompassse u. ihre Behandlg. 2., neu bearb. Aufl. Lex. 8°. VIII, 215 S. m. 41 Fig. Berlin, D. Reimer 1903. 12,00 M.

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. In 3 Bdn. Durchgesehen u. bearb. v. Prof. Dr. C. Reihertz. gr. 8°. Stuttgart, J. B. Metzler 1904.

1. Bd. Ausgleichsrechng. nach der Methode d. kleinsten Quadrate. 5. Aufl. 1. Lfg. S. 1—320. 7,00 M. — 2. Bd. Feld- u. Land-Messg. 6., erweit. Aufl. XIV, 863 u. 47 S. m. Holzschn. 17,80 M.

Notiz.

Auf S. 85 des laufenden Jahrgangs muß es in *Zeile 3 r. u.* heißen „Tachymetrie“ anstatt Topographie.

Nachdruck verboten.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

Mai 1904.

Fünftes Heft.

Registriervorrichtung zum Zöllnerschen Photometer.

Von

Dr. H. Clemens in Friedenau bei Berlin.

Vorrichtungen, um dem Beobachter das jedesmalige Ablesen der Einstellung zu ersparen und es durch Markieren auf einem Papierstreifen zu ersetzen, wie sie seit langer Zeit z. B. an Keilphotometern gebräuchlich sind, haben an Zöllnerschen Photometer meines Wissens bislang noch keine Anwendung gefunden. Es sei daher gestattet, im folgenden eine einfache Konstruktion dieser Art zu beschreiben, die in längerem Gebrauche als zweckentsprechend erprobt ist. Wenn auch bei der Schätzung der Gleichheit des künstlichen und des zu messenden Sterns das Auge nicht derartig gegen störende Lichteindrücke geschützt werden muß, wie bei der Beobachtung des Verschwindens eines Lichtpünktchens in Keilphotometer, so ist es doch unzweifelhaft von Vorteil, ihm die Arbeit beim Ablesen des Intensitätskreises und beim Aufschreiben abzunehmen und ihm durch Schließen bis zur nächsten Einstellung Erholung zu gönnen. Außerdem wird die Geschwindigkeit der Einstellungen dadurch bedeutend vermehrt. Gerade dieser Umstand wurde die erste Veranlassung zur Konstruktion des Apparates, da der lebhafte Straßenverkehr in der Nähe des von mir benutzten Bambergischen Observatoriums in Friedenau oft die vollständige Einstellung und Ablesung aller vier Quadranten des Intensitätskreises durch aufgedrungene Pausen unliebsam unterbrach.

Die Fig. 1a u. 1b zeigen das Photometer auf seinem Stativ. Das mir zur Verfügung stehende Exemplar ist ein älteres Instrument von Ausfeldt in Gotha, an dem nur für einige unbrauchbar gewordene Teile neue angebracht sind, wie die Lampe mit dem Aluminiumzylinder, das Okular u. s. w. Mittels der Platte *S* wird es am Fernrohr befestigt.

Die Registriervorrichtung besteht nun aus zwei Scheiben *R* und *R*₁, die durch die sechs in Fig. 1b sichtbaren Schrauben an den Speichen des Intensitätskreises *J*, konzentrisch mit diesem, befestigt sind. Die Scheibe *R* trägt an ihrem Umfange 200 spitze Zähne, deren gegenseitiger Abstand somit einem Doppelgrad der Zentesimalteilung des Quadranten entspricht. Zur leichteren Abzählung ist jeder fünfte und zehnte Zahn um einen Bruchteil eines Millimeter aus der gemeinsamen Ebene aller bei Seite gebogen, und um dies zu ermöglichen, sind vor und hinter jedem solchen die in Fig. 1a angedeuteten Sägeschnitte in der ziemlich starken Scheibe *R* angebracht. In Fig. 1b sind diese Einschnitte durch die aufgeschraubte Kreisplatte *R*₁ verdeckt, welche die Bezifferung der Teilung trägt. Dem zehnten Zahne auf *R* im Quadranten *I*, von der Nullstellung bei gekreuzten Nicols an gerechnet, also entsprechend 20°, steht auf *R*₁ ein einzelner Zahn zur Seite, dem zwanzigsten bei 40° eine Gruppe von

zwei, dem dreißigsten bei 60° von drei, dem vierzigsten bei 80° von vier, und dem fünfzigsten, um einen rechten Winkel von der Nullstellung entfernten, eine solche von fünf. In gleichen Abständen folgen dann im Quadranten *II* mit der abnehmenden Bezifferung weitere Gruppen von vier, drei, zwei und einem Zahn bei bzw. 120° , 140° , 160° und 180° . Für die beiden Nullpunkte 0° und 200° war eine Bezeichnung auf *R*₁ nicht nötig, da die entsprechenden Zähne 0 und 100 einfach nach der entgegengesetzten Seite ausgebogen sind, wie sonst jeder fünfte und zehnte, und somit schon selbst ins Auge fallen. Die Quadranten *III* und *IV* entsprechen ganz den Quadranten *I* und *II*. Die Gruppen von vier und fünf Zähnen auf *R*₁ bei Abständen von 80° bzw. 100° vom Nullpunkt kommen übrigens kaum jemals zur Verwendung und können zur Vereinfachung auch ganz wegbleiben, da die Einstellungen bekanntlich zweckmäßig auf das Intervall von etwa 10° bis 50° beschränkt bleiben.

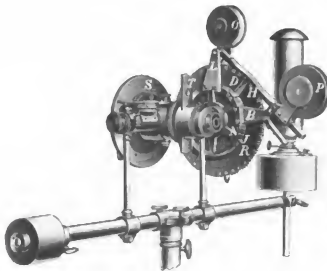


Fig. 1a.

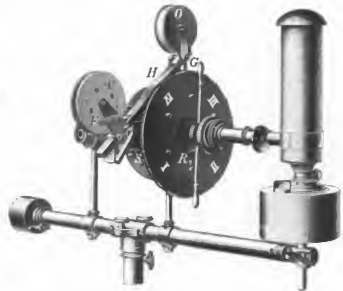


Fig. 1b.

Als Index dient eine Spitze *D*, die an dem die Nonien zum Intensitätskreise *J* tragenden festen Kreise *N* angeschraubt ist. Um möglichst dicht neben den Zähnen von *R* zu stehen, ist *D* in der aus Fig. 1a ersichtlichen Weise über *J* hinübergebogen, ohne jedoch die freie Bewegung von *J* zu beeinträchtigen.

An demselben Kreise *N* ist das Lager *L* für den Druckhebel *H* befestigt. *H* trägt in der allgemein gebräuchlichen Weise die beiden Rollen *O* und *P* für den Registrierstreifen, der von *O* ab- und auf *P* aufgewickelt wird. Es wäre leicht gewesen, die Verschiebung des Streifens automatisch durch das Niederdrücken von *H* erfolgen zu lassen. Ich halte indessen derartige Vorrichtungen für eine ziemlich überflüssige Komplikation, da nach ganz kurzer Übung die Hand von selbst nach jedem Niederdrücken die Rolle *P* dreht und den Streifen vorzieht. Um ein Maß für die Drehung dieser Rolle zu haben, schnappt nach jeder Vierteldrehung die Feder *F* leicht in eine kleine Vertiefung auf *P*. Der Hebel *H* ist etwas gekrümmt und preßt den Papierstreifen mittels einer elastischen Zwischenlage auf etwa 3 cm gegen die gezahnten Scheiben, sodaß immer mindestens eine der Bezifferungsgruppen von *R*₁ mit abgedrückt wird. Eine kleine Spiralfeder *G* hält den Druckhebel in der Ruhelage von den Spitzen entfernt, und ein Schlitz in der Platte *B*, die wie *L* am Nonienkreis *N* festgeschraubt ist, begrenzt seine Bewegung. *B* trägt noch ein kurzes Stück Rohr als Griff und Widerlager beim Niederdrücken von *H*, um den dabei ausgeübten Druck

nicht auf das ganze Instrument zu übertragen. Zur Auswechslung des Streifens läßt sich *H* leicht von *L* abnehmen. Auch steht nach der Abnahme von *H* nichts der bequemen Benutzung der Teilung auf *J* und des Nonius auf *N* im Wege, falls dies einmal ausnahmsweise erwünscht sein sollte.

Eine Registrierung der vier in einer Umdrehung des Intensitätskreises gemachten Einstellungen ist in Fig. 2 (in $\frac{3}{4}$ der nat. Gr.) dargestellt.

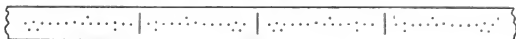


Fig. 2.

Über der von *R* herrührenden Punktreihe, in der jeder fünfte Punkt kenntlich hervorspringt, steht der Indexpunkt von der Spitze *D*, unter ihr die Bezifferung von *R*. Die Ablesungen sind 13,4, 13,9, 13,3, 13,6, deren Summe durch einfache Halbierung, da die Teile Doppelgrade sind, das Mittel in Zentesimalgraden liefert, 27,1°. Die Ablesung erfolgt sehr schnell und sicher und ihre Genauigkeit, etwa 0,2°, übersteigt bei weitem die der Einstellung des zu messenden und des Photometer-Sterns. Infolge der einfachen Konstruktion ist die Registriervorrichtung, die nach meinen Angaben in der Bambergischen Werkstätte ausgeführt wurde, jeden Augenblick betriebsbereit. An Photometern neuerer Konstruktion, wo der zur Anbringung disponible Raum etwas beschränkter ist, lassen sich ihre Dimensionen ohne Nachteil bedeutend verringern.

Der Schieber *T* besitzt mehrere Öffnungen verschiedener Größe und Gestalt, um das Gesichtsfeld zu beschränken und störend helle Nachbarobjekte abzublenden. Auch läßt sich in den Strahlenkegel des zu messenden Sterns eine planparallele Platte aus Rauchglas von bekanntem Absorptionsvermögen von außen leicht einführen, wodurch erforderlichenfalls das Meßbereich um etwa 2 bis 3 Größenklassen erweitert wird.

Friedenau bei Berlin, im März 1904.

Über einen lichtstarken Universal-Spektralapparat.

Von

Dr. Hans Lehmann in München.

(Mitteilung aus der optisch-astronomischen Werkstätte von C. A. Steinheil Söhne.)

Der äußere Bau dieses Apparates ist in den Fig. 1 und 2 dargestellt; er gleicht im wesentlichen dem unseres Goniometers¹⁾. Im übrigen ist die optische und mechanische Ausstattung wie bei unserem älteren lichtstarken Universal-Spektralapparat²⁾.

Von den mehrfach angebrachten Neuerungen sind folgende bemerkenswert:

Der Teilkreis ist innen und außen geteilt, sodaß außer der Drehung des Beobachtungsfernrohres auch die des Prismenstückes abgelesen werden kann. Es sind demnach acht Nonien vorhanden, welche 10'' abzulesen gestatten. Die Justierung des Prismenstückes geschieht nicht mehr durch sechs Zug- und Druckschrauben, sondern einfacher durch drei Schrauben mit Druckfedern.

¹⁾ C. A. Steinheil Söhne, Preisliste über Instrumente für Astronomie und Physik. 1894. S. 36.

²⁾ Preisliste von 1900. S. 15.

Das (außer dem 3-fachen Rutherford-Prisma *R*) beigegebene einfache Flintprisma *P* besitzt einen Flächendurchmesser von 90 mm, sodaß die Projektion der Fläche die lichtstarken Objektive ($O/F = 47/190$ mm) vollständig ausfüllt. Die

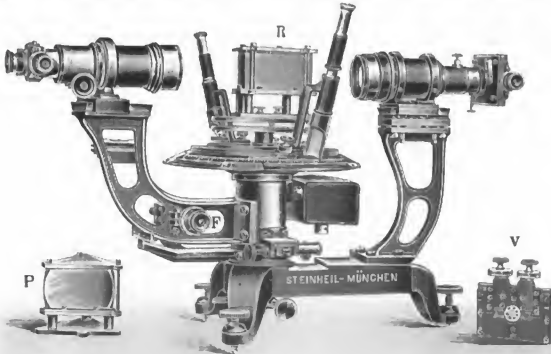


Fig. 1.

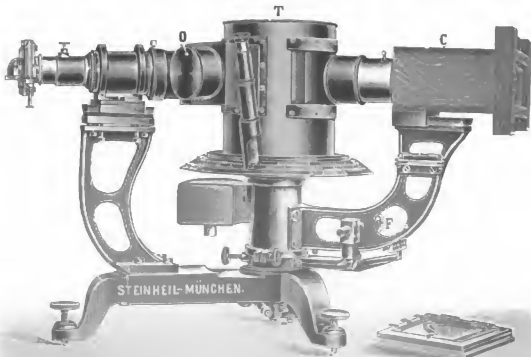


Fig. 2.

Prismen werden in zweckentsprechenden Fassungen auf den Tisch aufgeschraubt (siehe Fig. 1).

Um auch Rowlandsche Gitter größter Art verwenden zu können, ist die optische Achse des Apparates um ein Beträchtliches höher über den Prismentisch gelegt worden, als bei den gewöhnlichen Apparaten.

Zur Abschließung des Tageslichtes dient eine lichtdichte Trommel, welche über den Prismatisch gesetzt wird, und die noch eine hinreichende Drehung des Fernrohres gestattet. Die verschließbare Öffnung O (Fig. 2) dient bei Benutzung eines Reflexionsgitters zum Ansetzen des Fernrohres und ist so angebracht, daß Spalt- und Beobachtungsfernrohr einen möglichst kleinen Winkel bilden (etwa 20°).

Besondere Sorgfalt ist auf die Vermeidung des diffusen Lichtes im Innern des Apparates und von störenden Reflexbildern verwendet worden.

Um das Spektrum photographieren zu können, ist das Fernrohr mit einer Kamera auswechselbar, welche mit einem neuen, sehr lichtstarken photographischen Objektiv unserer Werkstätte (Unofokal¹⁾ $O/F = 1/4,5$ ausgestattet ist.

Demnach hat dieser Universal-Apparat folgende Verwendbarkeit:

1. als *Goniometer* zur Bestimmung von Brechung und Zerstreuung verschiedener Medien und zum Messen von Prismenwinkeln u. s. w.; 2. als *Spektroskop* zur qualitativen und (mit Hilfe des Vierordtschen Spaltes V) zur quantitativen Analyse, besonders lichtarmer Spektren, phosphoreszierender Körper, sowie als *Spektrophotometer* u. s. w.; 3. als *Spektrograph* mit sehr lichtstarker Optik.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1903²⁾.

Abteilung I.

Die Versuche über die Ausdehnung des Wassers bei Temperaturen zwischen 50° und 100° sind berechnet und veröffentlicht worden (Anh. Nr. 2)³⁾. Ihre Genauigkeit würde sich bei einer Wiederholung vergrößern lassen. Denn das warme Bad, dessen ursprünglich für eine Wasserzirkulation bestimmte Einrichtung aus der früheren Versuchsreihe beibehalten war, wurde bei der Heizung mit Dämpfen in seinem unteren Teile überhitzt, und dieser Umstand verminderte die Genauigkeit der Temperaturbestimmung.

Zur Darstellung der Resultate aller Beobachtungen zwischen 0° und 100° genügt nahezu dieselbe Formel, mit nur wenig veränderten Konstanten, nach welcher die Beobachtungen zwischen 0° und 40° berechnet worden waren; zur endgültigen Berechnung diene aber eine etwas erweiterte Formel, in der die beiden hinzutretenden Faktoren der absoluten und der kritischen Temperatur entsprechen, also keine weiteren aus den Versuchen zu bestimmenden Konstanten einführen.

Der Apparat für gleichartige Versuche zwischen 100° und 200° ist fertig gestellt worden.

Die im vorjährigen Tätigkeitsbericht angedeutete Methode zur Vergleichung von Schallgeschwindigkeiten verschiedener Gase oder desselben Gases in verschiedenen Zuständen wurde durch Vorversuche so weit durchgebildet und geprüft, daß ihre Durchführbarkeit und Brauchbarkeit gesichert erscheint. Insbesondere gelingt es leicht, mit den vorhandenen Elektromotoren kleinsten Modells konstante und gut meßbare Rotationsgeschwindigkeiten von in weiteren Grenzen beliebiger Größe zu erzielen. Dagegen wird man auf die an sich wünschenswerte kugelförmige Gestalt der Resonatoren verzichten müssen, da die hohen

1. *Wärmelchre und Mechanik*⁴⁾.
1. *Ausdehnung des Wassers*⁵⁾.

2. *Spezifische Wärme der Gase*⁶⁾.

¹⁾ Spezialpreisliste vom Dezember 1903.

²⁾ Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1904 erstatteten Tätigkeitsbericht.

³⁾ Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes aufgeführt.

⁴⁾ Die Hinweise beziehen sich auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen am Schluß des Berichtes.

⁵⁾ Thiesen.

⁶⁾ Thiesen, v. Steinwehr.

Temperaturen wohl nur durch elektrische Heizung bei zylindrischer Gestalt des Resonators genügend konstant zu erreichen sein werden.

3. *Platinthermometer*¹⁾.

Eine ältere Untersuchung über die Verwendung von Widerstandsthermometern zur Temperaturmessung war seinerzeit nicht zum Abschluß gekommen. Jetzt ist eine Beschreibung der damals benutzten Platinthermometer veröffentlicht worden, da deren Konstruktion auch heute noch von Interesse schien (Anh. Nr. 1).

4. *Wärmeleitung*²⁾.

Verschiedene Versuche, welche früher angestellt waren, um die bei Zimmertemperatur und bei 100° ausgeführte Messung der Wärmeleitung auf höhere und tiefere Temperaturen auszudehnen, hatten zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt. Die Schwierigkeiten erschienen so groß, daß die Arbeit unterbrochen und dafür die Messung an Stäben von sehr kleinen Dimensionen in Angriff genommen wurde, die zu den im vorjährigen Tätigkeitsbericht dargelegten Ergebnissen führte. Im letzten Jahre sind die Versuche an den großen Stäben wieder aufgenommen. Es ist auf Grund der bisherigen Erfahrungen eine Neukonstruktion des Wärmeleitungsapparates entworfen, von der sich erwarten läßt, daß sie die Ausdehnung der Messungen auf beträchtlich weitere Temperaturgrenzen gestattet.

5. *Kalorimetrische Arbeiten*³⁾.

Im Anschluß an die im vorigen Bericht (*diese Zeitschr.* 23. S. 117. 1903) erwähnte Bestimmung des Wasserwertes eines Berthelotschen Kalorimeters auf elektrischem Wege (Anh. Nr. 6) wurde versucht, die Meßgenauigkeit dadurch zu erhöhen, daß an Stelle von Quecksilberthermometern Platinwiderstände benutzt wurden, welche für diesen Zweck von vornherein als sehr geeignet erschienen, besonders, wenn die kalorimetrischen Messungen mit großen Wassermengen und kleiner Temperaturerhöhung ausgeführt werden (Anh. Nr. 7). Die Thermometer sind so konstruiert, daß sie eine möglichst große Abkühlungskonstante besitzen; dies ist erforderlich, damit man bei der Messung dieser Widerstände auf nicht zu kleine Stromstärken angewiesen ist, weil sonst die Meßgenauigkeit nicht ausreicht. Das Thermometer (vgl. Fig. 1) besteht in seiner letzten Form aus einem mit Seide umspinnenen Platindraht von etwa 0,1 mm Durchmesser, der in ein feines Messingrohr eingezogen ist und an dessen Enden je zwei, ebenfalls umspinnene Kupferdrähte sich abzweigen, welche zur Stromzuführung bzw. Spannungsabnahme dienen. Das obere Ende des Instruments besteht aus einem Ebonitkästchen, an dem die 4 Kupferklappen sitzen. In dieser Form ist das Thermometer handlich und wenig zerbrechlich. Die Meßstromstärke betrug bei den angestellten Versuchen 0,01 Amp. und bewirkte eine Erwärmung des Platindrahtes von zwei tausendstel Grad. Die Genauigkeit der kalorimetrischen Messungen wurde durch Anwendung dieses Thermometers bei Benutzung desselben Temperaturintervalls wie bei den Quecksilberthermometern (1° bis 2° C.) etwa verzehnfacht, sodaß Aussicht vorhanden ist, die kalorimetrischen Messungen, welche die Auswertung der Wasserkalorie in internationalen elektrischen Einheiten zum Zweck haben, auf einige Zehntausendstel auszuführen.

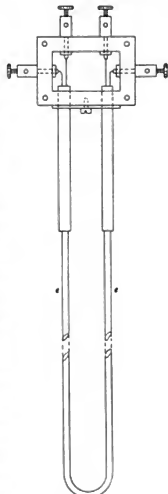


Fig. 1.

6. *Spezifische Wärme der Gase in hoher Temperatur*⁴⁾.

Die im vorigen Bericht angegebene Methode ist weiter ausgearbeitet worden. Es wird zunächst beabsichtigt, die spezifischen Wärmen von Luft und Kohlensäure bei höherer Temperatur miteinander zu vergleichen. Als Ofen dient vorläufig ein elektrisch geheiztes

¹⁾ Thiesen.

²⁾ Jaeger, Düsselhorst.

³⁾ Jaeger, v. Steinwehr.

⁴⁾ Holborn, Austin.

Nickelrohr; die notwendigen Ansätze sind mit Silber angelötet, sodaß der Ofen bis 800° brauchbar sein wird. Um die in Stahlflaschen käuflichen Gase verwenden zu können, wird die Gasmenge nach ihrem Austritt aus dem Kalorimeter gemessen. Hierfür dient ein Gasometer mit Gummibeutel, ähnlich wie ihn E. Wiedemann benutzt hat. Versuche mit Luft sind bis 800° ausgeführt worden. Bei dieser Temperatur wird die Isolation des Thermoclements, die durch Kapillaren aus Quarzglas geschieht, von dem durch den Luftstrom mitgerissenen Nickeloxyd schnell zerstört. Bevor zu der Verwendung einer Platinröhre übergegangen wird, soll die Isolationsfähigkeit des Quarzglases in hoher Temperatur untersucht werden.

Im Anschluß an die absoluten Messungen des Quarzringes wurden die Ausdehnungen mehrerer Materialien relativ zum Quarzring bestimmt. Die Resultate sind veröffentlicht (Anh. Nr. 3 u. 4). Es ergaben sich zwischen Zimmertemperatur und 100° folgende Werte für die absolute Ausdehnung, die Temperaturen nach der Wasserstoffskale gemessen:

Platin	$l_t = l_0 (1 + 8,806 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,00195 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Palladium	$l_t = l_0 (1 + 11,612 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,00323 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Amorpher Quarz	$l_t = l_0 (1 + 0,322 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,00147 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Berliner Porzellan	$l_t = l_0 (1 + 2,721 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,00306 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$
Jenaer Borosilikatglas 59 ¹¹¹	$l_t = l_0 (1 + 5,608 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,00290 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

7. Arbeiten
mit dem Fizeau
Abbeschen
Dilatometer¹⁾.

Die Werte sind in guter Übereinstimmung mit anderen einwandfreien Beobachtungen. Unter anderem ist die Formel für die Ausdehnung des amorphen Quarzes zwischen Zimmertemperatur und 100° auch durch eine gleichzeitige Untersuchung von Chappuls bestätigt worden.

Erwähnung verdient, daß, während Holborn und Henning in einem Intervall bis 1000° für den amorphen Quarz einen nahezu konstanten Wert des Ausdehnungskoeffizienten $0,54 \cdot 10^{-6}$ fanden, in dem kleineren Bereich bis 100° die Ausdehnungskurve dieses Körpers eine Krümmung aufweist. Diese Krümmung ist von derselben Größenordnung wie bei Metallen und hat nahezu denselben Betrag wie bei Platin, während der lineare Teil der Ausdehnung nur wenig mehr als ein Dreißigstel des gleichen Gliedes bei Platin beträgt.

Ähnliches gilt auch für Berliner Porzellan.

Die Ausdehnung der Versuche mit dem Fizeau-Abbeschen Dilatometer auf ein Intervall bis zur Temperatur der flüssigen Luft abwärts ist vorbereitet.

Für die Ausdehnung verschiedener Materialien sind früher Formeln für hohe Temperaturen abgeleitet worden. Es soll jetzt geprüft werden, ob diese Formeln näherungsweise bis -190° gelten. Zu diesem Zweck wird die relative Ausdehnung der verschiedenen Stäbe gegen Jenaer Glas 59¹¹¹ zwischen Zimmertemperatur und flüssiger Luft gemessen.

8. Ausdehnung
in tiefer
Temperatur²⁾.



Fig. 2.

In einem 74 cm langen Rohr aus Jenaer Glas 59¹¹¹ steht auf einer eingeschmolzenen Spitze S der untersuchende Stab S (Fig. 2) von 50 cm Länge. Auf ihm ruht ebenfalls mit einer Spitze ein 23 cm langer Glasstab G aus dem Material des Rohres. Das obere Ende dieses Glasstabes trägt ebenso wie das Rohr auf einer durch die Achse gehenden angeschliffenen Ebene eine Teilung. Durch kleine Führungsringe sind seitliche Bewegungen der ungleich dicken Stäbe vermieden. Die Verschiebung der beiden Teilungen zwischen den angegebenen Temperaturen wird mikrometrisch bestimmt. Die Messungen haben begonnen.

Die Untersuchung über die innere Reibung von Salzlösungen, die bezüglich ihres elektrischen Leitvermögens gut bekannt sind, ist experimentell zu einem gewissen Abschluß gebracht. Es wurde die Reibung (18°) relativ zum Wasser nach der Poiseuilleschen

9. Innere Reibung
von Salz-
lösungen³⁾.

1) Scheel.

2) Henning.

3) Grüneisen.

Methode von Normallösungen an abwärts bis zu Verdünnungen von 0,02 normal bestimmt. Der Übergang zu größeren Verdünnungen würde zwecklos gewesen sein, weil die Genauigkeit der Messung nur bis zu einigen Zehntausendsteln des Reibungswertes ging.

Daß der Viskositätsunterschied äquivalenter Lösungen gegen Wasser eine additive Eigenschaft der Komponenten des zugesetzten Salzes ist¹⁾, tritt bei verdünnten Lösungen deutlicher hervor, als bei konzentrierten.

Zugleich zeigt sich eine bisher nicht beobachtete Eigentümlichkeit, daß dieser Viskositätsunterschied, berechnet pro Grammäquivalent, mit zunehmender Verdünnung ein Minimum erreicht und von da an wieder langsam anwächst. In der letzteren Tatsache kommt zum Ausdruck, daß in großer Verdünnung die Reibung des Wassers durch den Salzzusatz stärker geändert wird, als man nach der Extrapolation von höherer Konzentration aus geschlossen hat. Da diese Erscheinung bei Lösungen von Zucker, dem einzigen untersuchten Nicht-elektrolyt, ausbleibt, hat man sie vielleicht dem Einfluß der Ionisierung zuzuschreiben. Die unter dieser Annahme aufgestellte Formel für die Abhängigkeit der relativen Reibung von der Konzentration stellt die Beobachtungen innerhalb der Versuchsfehler dar. Sie lautet, wenn η die relative Reibung einer Lösung, m ihre Äquivalentkonzentration, A, B, C Konstanten des Salzes bedeuten und für den Ionisationsgrad $\alpha = f_m \cdot f_0$ (f = Leitfähigkeit) gesetzt wird,

$$\eta - 1 = A \cdot m + B \cdot m \cdot \alpha + C \cdot m^2.$$

Der Gültigkeitsbereich der Formel erstreckt sich auf starke Konzentrationen, wie sich an den Messungen von Sprung nachweisen ließ⁷⁾.

Die additive Eigenschaft der pro Äquivalent berechneten Viskositätsänderung bei großer Verdünnung, $[(\eta - 1)/m]_{m=0}$, gestattet nach Zuordnung eines willkürlichen Reibungswertes für irgend ein Ion, z. B. K, für die übrigen Ionen die entsprechenden Reibungswerte zu berechnen und mit ihrer elektrolytischen Beweglichkeit zu vergleichen. Es zeigt sich, daß die von H. Euler²⁾ ausgesprochene Beziehung, wonach das Produkt aus Reibungswert und Beweglichkeit konstant sein soll, nicht allgemein gültig ist. Sie gilt innerhalb der einwertigen Ionen, aber mit Ausnahmen z. B. von J und NO₃; ferner angenähert innerhalb der zweiwertigen Ionen. Dagegen ist jenes Produkt für zweiwertige Ionen von der Größenordnung des doppelten Produktes für einwertige.

An diese Untersuchungen schloß sich eine kritische Prüfung der Poiseuilleschen Methode auf Grund Poiseuillescher und eigener Versuche, die folgendes Ergebnis hatte: Die Dimensionen der geraden Kapillaren sind mit Vorsicht zu wählen. Zu jedem Durchmesser gehört eine bestimmte Länge, unterhalb deren die Ausflußgeschwindigkeit langsamer wächst als der Druck. Die „kritische“ Länge wächst bei gleicher Durchflußgeschwindigkeit schneller als der Durchmesser. Diese schon Poiseuille³⁾ bekannten Bedingungen sind häufig nicht genügend beachtet, sie lassen sich z. B. in der folgenden, rein empirischen Formel zusammenfassen. Ist l die Länge, d der Durchmesser der Kapillaren (in cm), ω die mittlere Geschwindigkeit $\left(= \frac{\text{Volumen}}{\text{Querschnitt} \times \text{Zeit}} \text{ in cm/Sec.} \right)$, so hat man, damit das Poiseuillesche Gesetz für Wasser innerhalb 1 Promille gültig bleibt,

$$l \geq 630 \cdot d^{1,57} \cdot \sqrt{\omega}$$

zu wählen. Für andere Flüssigkeiten ändert sich dieser Grenzwert im gleichen Sinne wie ihre Dichte und ihre Fluidität.

Gewundene Kapillaren, welche allerdings den Vorteil bieten, bei nicht zu kleinem Querschnitt und beträchtlicher Länge wenig Raum einzunehmen, bringen das andere, noch mehr zu beachtende Bedenken mit sich⁴⁾, daß in ihnen das Poiseuillesche Gesetz oberhalb

¹⁾ Vgl. J. Wagner, *Zeitschr. f. phys. Chem.* **5**, S. 45, 1890.

²⁾ *Pogg. Ann.* **159**, S. 12, 1876.

³⁾ *Zeitschr. f. phys. Chem.* **25**, S. 540, 1898.

⁴⁾ *Mémoires présentés par divers savants à l'Académie etc.* **9**, S. 495, 1846.

⁵⁾ Vgl. G. Haffner, *Physik, Zeitschr.* **2**, S. 739, 1901.

einer sehr niedrig liegenden Geschwindigkeitsgrenze, die von Durchmesser und Krümmung abhängt, seine Gültigkeit verliert

Von großer Bedeutung, besonders für astronomische Zwecke, ist die Frage nach der Konstanz gemauerter Fundamente oder Pfeiler. Vergleichende Messungen an verschiedenen Arten von Mauerwerk sind auf Grund eines entsprechenden Vorschlages von Dr. Repsold vorbereitet worden.

10. Versuche über das Setzen von Mauerwerk¹⁾.

Im Januar des Berichtsjahres wurden die Drahtnormale der Abteilung II mit denjenigen der Abteilung I verglichen (II. Anschluß); es zeigte sich dabei keinerlei relative Änderung der Widerstände. Im Zusammenhang mit diesen Messungen wurden im März 1903 die Quecksilbernormalrohre von 1 Ohm (Nr. XI, XIV und 114) unter einander und mit den vier Manganinnormalen von Abteilung I verglichen. Die Resultate dieser Vergleichung sind veröffentlicht worden (Anh. Nr. 15 u. 16); die relative Änderung zwischen dem Mittelwert der vier Manganinnormalen (Nr. 148a, 149a, 150a, 151) und dem Mittelwert der drei Quecksilbernormalen unter Zugrundelegung ihrer durch geometrische Ausmessung gefundenen Werte beträgt danach in sechs Jahren nur etwa ein halbes Hunderttausendstel, liegt also völlig innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler.

II. Elektrische Arbeiten.

1. Normalwiderstände²⁾.

Die Konstanz des Mittelwertes M der erwähnten vier Manganinnormalen für einen Zeitraum von 10 Jahren unter Zugrundelegung der Vergleichung mit den Quecksilbernormalen geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Nov. 1893	$M = 1,001737$	bei 18° C.
Juni 1895	37	" "
Juni 1897	44	" "
März 1903	48	" "

Die zeitliche Änderung von M ist also so klein, daß sie sich durch Vergleichung mit den Normalrohren nicht mit Sicherheit konstatieren läßt. Die einzelnen Manganinwiderstände haben sich in dem ganzen erwähnten Zeitraum rund um folgende Beträge geändert:

Nr. 148a	um + 2	Hunderttausendstel
Nr. 149a	" - 2	"
Nr. 150a	" + 4 ₃	"
Nr. 151	" - 4	"

Die Messungen sind zum Teil in der Thomsonschen Brücke, zum Teil mit dem Differentialgalvanometer nach der Kohlrauschschen Methode des übergreifenden Nebenschlusses ausgeführt.

Die Untersuchungen über das Verhalten des Merkursulfats und über die Polarisationserscheinungen sind vor kurzem wieder aufgenommen worden.

Über die Anwendbarkeit der Drehspulengalvanometer bei verschiedenen Meßmethoden und über die Empfindlichkeit derselben sind Mitteilungen veröffentlicht worden (Anh. Nr. 18 u. 19).

So wie früher die Salze mit einwertigen Ionen, wurden von normaler Konzentration bis zu großer Verdünnung einige Salze mit den Ionen Ba, Sr, Ca, Mg, Zn, Cu, Pb, Cd und SO₄, CrO₄, C₂O₄ untersucht.

25 ccm Wasser, durch eine Glaswand hindurch dauernd von einem Radiumpräparat bestrahlt, erfuhren hierdurch eine sehr langsame Zunahme ihres Leitvermögens, in zwei Tagen anfangs $0,01 \cdot 10^{-6}$, später noch weniger betragend. Ein Zuwachs von gleicher Größe wie der anfänglich beobachtete würde entstehen, wenn in jener Wassermenge innerhalb einiger Jahrzehnte sich allmählich 1 mg eines Salzes löste (Anh. Nr. 13).

2. Normal-elemente³⁾.

3. Galvanometer⁴⁾.

4. Leitvermögen wässriger Lösungen⁵⁾.

5. Wasser und Becquerelstrahlen⁶⁾.

1) Scheel.

2) Jaeger, Diesselhorst.

3) v. Steinwehr.

4) Jaeger.

5) Kohlrausch, Grüneisen.

6) Kohlrausch.

6. Kathodenzerstäubung¹⁾.

Die Zerstäubung der Glimmstrom-Kathode wurde in Luft und Wasserstoff unter 1 mm Druck beobachtet. Die kreisförmigen Kathoden hatten 1 cm Durchmesser und befanden sich in Ansätzen eines Entladungsrohrs, die etwa 2 cm weit waren. Bei Innehaltung dieser räumlichen Anordnung wuchs in Luft der Gewichtsverlust, den Kathoden vieler Metalle bei gleichem Entladungsstrom erlitten, in einem großen Bereich des Kathodenfalls V linear mit diesem an.

Ferner lassen sich die Metalle in Gruppen einteilen, innerhalb deren die zerstäubten Mengen verschiedener Metalle bei demselben Kathodenfall sich wie ihre Äquivalentgewichte A/n verhalten. Zu der einen Gruppe, deren Gewichtsverlust y nach halbstündiger Entladung bei einer Stromstärke von $0,6 \cdot 10^{-3}$ Amp. für Kathodengefälle zwischen 600 und 2500 Volt durch die Gleichung

$$y = 0,00163 \frac{A}{n} (V - 495) \text{ mg} \cdot 10^{-2} \dots \dots \dots \text{Ia}$$

dargestellt wird, gehören Platin, Iridium, Kupfer und Nickel. Die zweite Gruppe, deren Glieder der Formel

$$y = 0,00187 \frac{A}{n} (V - 495) \text{ mg} \cdot 10^{-2} \dots \dots \dots \text{Ib}$$

folgen, umfaßt Wismut, Palladium, Antimon und Rhodium. Silber kann der einen oder der anderen Gruppe angehören; die Ursache für das verschiedene Verhalten wurde bisher nicht aufgefunden.

Gold kann man bei kleinem Kathodenfall (bis 1000 Volt) der ersten Gruppe als einwertiges Metall anreihen. Bei größeren Spannungen jedoch fallen die Gewichtsverluste zu klein aus. Ob diese Abweichung auf eine Änderung der Wertigkeit zu schelen ist, worauf auch einzelne Beobachtungen an Platin und Wismut deuten, oder auf eine Einwirkung des Quecksilberdampfes der Pumpe, bedarf noch näherer Untersuchung.

Rechnet man die Beobachtungen, die Granqvist²⁾ über die Zerstäubung von Gold, Silber, Platin und Kupfer mit etwa viermal stärkerem Strom in Entladungsrohren von ähnlicher Weite angestellt hat, unter der Annahme, daß die Zerstäubung der Stromstärke proportional ist, auf den Strom von $0,6 \cdot 10^{-3}$ Amp. um, so ergibt sich

$$y = 0,00146 \frac{A}{n} (V - 350) \text{ mg} \cdot 10^{-2} \dots \dots \dots \text{II}$$

Der Unterschied zwischen den Gleichungen II) und Ia) erklärt sich zur Genüge aus der verschiedenen Anordnung der Kathode im Entladungsrohr. deren Form, wie besondere Versuche ergaben, von großem Einfluß ist.

Bei den Entladungen im verdünnten Wasserstoff ließ sich keine solche Gesetzmäßigkeit nachweisen. Die Gewichtsverluste steigen anfangs ebenfalls mit wachsendem Kathodenfall an, scheinen sich aber bald einem Grenzwert zu nähern. In quantitativer Beziehung wahren die Metalle im allgemeinen dieselbe Reihenfolge wie in Luft, nur Iridium und Rhodium treten an das Ende der Reihe (Anh. Nr. 10).

7. Störungsfreies Torsionsmagnetometer³⁾.

Es wurde ein tragbares Instrument konstruiert, mit dem die Beobachtungen fortgesetzt wurden. Während die Magnete des astatischen Systems bei dem früheren Apparat, der eine Aufhängung an der Zimmerdecke verlangte, 1,92 m voneinander entfernt waren, betrug der Abstand jetzt 1,26 m. Der Aufhängefaden war so gewählt, daß die Empfindlichkeit der freien Nadel im Erdfelde gleich kam. In der Reichsanstalt, wo die Straßenbahnstörungen die freie Nadel bis 4' ablenken, bleibt das astatische System in Ruhe. Dieselbe Unveränderlichkeit der Ruhelage zeigte das Torsionsmagnetometer bei Beobachtungen im Reichstagsgebäude, wo die Straßenbahnstörungen bis 8' betragen. Dagegen konnte in dem um 350 m davon entfernten Berliner Physikalischen Institut, wo Störungen bis zu einem

¹⁾ Holborn, Austin.

²⁾ G. Granqvist, *Oefvers. af K. Vetenskaps-Ak. Förhandl.* 1898. S. 709.

³⁾ Kohlrusch, Holborn, Henning.

haben Grad vorkamen, auch bei einem Magnetabstand von 0,5 m noch keine ausreichend konstante Ruhelage erzielt werden.

Mit dem neuen Instrument wurden noch besonders Untersuchungen darüber angestellt, wie die Empfindlichkeit des astatischen Systems von dem Azimut abhängt. Es ergab sich dabei eine einfache Methode für die genaue Astasierung.

Die optischen Arbeiten zerfallen in zwei Gruppen, von denen die eine sich mit der Temperaturstrahlung und der Untersuchung der gebräuchlichen Lichtquellen beschäftigt, die andere mit dem Studium des Leuchtens infolge von Lumineszenz, welches neuerdings gleichfalls Eingang in die Leuchttechnik gefunden hat (farbige Bogenlampen, Quecksilber-Lichtbogen). Hierbei sollte zunächst das Leuchten der Gase systematisch untersucht werden, um Anhaltspunkte zur ökonomischeren Lichtbereitung bezw. Aufschluß über die Mechanik des Leuchtens zu erhalten.

Die mit dem schwarzen Kohlekörper angestellten Versuche hatten gezeigt, daß die schwarzen Strahlungsgesetze noch bis zu Temperaturen von 2300° abs. ihre Gültigkeit behalten. Weitere Versuche haben ergeben, daß die Kohleröhre bis gegen 2800° abs. erhitzt werden können, daß sich aber mit dieser und jeder weiteren Steigerung der Temperatur die Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten in hohem Maße steigern. Schon bei den früher erreichten Temperaturen ist die Entwicklung giftiger Gase so lästig, daß im Beobachtungsraum eine Abzugsvorrichtung angebracht werden mußte, welche die vom Kohlekörper ausgehenden Gase an allen jenen Stellen des Raumes abzusaugen gestattet, an denen der Körper während der Messungen stehen muß.

Es wurden daher Vorbereitungen zur Herstellung von schwarzen Körpern hoher Temperatur getroffen, welche ein bequemeres Arbeiten gestatten sollen. Zu diesem Zwecke sind Vorversuche mit Hohlräumen aus Nernst-Masse und Röhren aus Iridium im Gang.

Es wurde eine systematische Untersuchung in Angriff genommen, um die Temperatur einiger wichtiger Lichtquellen nach einer Reihe verschiedener, teils neuer, teils auf den verschiedenen Strahlungsgesetzen beruhender Methoden zu messen. Aus der Vergleichung der verschiedenen Resultate sollen einerseits möglichst richtige Werte für die gesuchten Temperaturen ermittelt, andererseits sollen Schlüsse gezogen werden auf die Strahlungseigenschaften der in den Lichtquellen leuchtenden Substanzen und auf die Natur der in ihnen stattfindenden Leuchtprozesse.

Zu diesem Zwecke sind Glühlampen mit breiten Kohlebändern und Nernstlampen mit ausgedehnten Leuchtflächen bestellt worden, welche die Öffnung der Meßapparate (Flächenbolometer, Spektrobolometer und Spektraiphotometer) auszufüllen imstande sind.

Es steht zu erwarten, daß diese Versuche die Abweichung zwischen der Strahlung des schwarzen Körpers und des blanken Platins nicht nur bis zum Schmelzpunkt, sondern noch weiter darüber hinaus festzustellen erlauben. Die Kenntnis dieser Strahlungsdifferenz ist wichtig für die optische Pyrometrie.

Nachdem sich die pianparallele Platte bei streifender Inzidenz außerordentlich leistungsfähig erwiesen hat in Bezug auf die Auflösung der Spektrallinien in ihre einzelnen Komponenten, konnte die Aufgabe angegriffen werden, das Interferenzspektroskop als besonderen Apparat endgültig ausführen zu lassen. Das für die Ausstellung in St. Louis bestimmte Instrument ist von Fr. Schmidt & Haensch in Berlin gebaut worden und wird später in dieser Zeitschrift ausführlich beschrieben werden. Bei der Konstruktion war maßgebend, leicht nacheinander die verschiedenen Linien eines Gasspektrums in das Gesichtsfeld bringen und für jede Linie die verschiedenen zur Verfügung stehenden pianparallelen Glasstreifen untersuchen zu können.

III. Strahlung.

A. Temperaturstrahlung.

1. Festlegung und Erweiterung der strahlungstheoretischen Temperaturskale¹⁾.

2. Temperaturbestimmung von Lichtquellen²⁾.

B. Leuchten infolge von Lumineszenz.

1. Auflösung von Spektrallinien³⁾.

¹⁾ Lummer, Pringsheim.

²⁾ Lummer, Pringsheim.

³⁾ Lummer, Gehrcke.

Um in der Auflösung selbst weiter zu kommen, bedarf es vor allem noch vorzüglicherer Platten als es die bisher untersuchten sind. Es wurde darum mit den bedeutendsten Firmen wegen der Herstellung planparalleler Platten verhandelt und das Interesse derselben durch Bestellung von Glasplatten geweckt, welche bei einem kleinen „Öffnungsverhältnis“ (Dicke zur Länge des Glasstreifens) auf der ganzen Länge bis auf $\frac{1}{10}$ Wellenlänge gleich dick und möglichst plan sind.

2. *Apparat zur Untersuchung planparalleler Platten¹⁾.*

Zur genaueren Untersuchung der beim Interferenzspektroskop benutzten planparallelen Platten wurde ein Apparat konstruiert, welcher auf bequeme Weise die Platten sowohl nach der von Lummer²⁾, als auch nach der von Perot und Fabry³⁾ angegebenen Methode zu untersuchen gestattet. Bei dieser ist die Platte beiderseitig durchsichtig versilbert, wodurch die Interferenzringe eine abnorme Schärfe erhalten. Die dadurch erreichte hohe Empfindlichkeit läßt sich wenigstens bei relativ dünnen Platten noch steigern, wenn man nur die eine Seite durchsichtig, dagegen die andere Seite undurchsichtig versilbert und in geeigneter Weise mit Öffnungen (feine Löcher) versieht, damit das Licht Zutritt hat.

3. *Das Leuchten der Gase in seiner Abhängigkeit von der Temperatur, vom Druck und der Weite des Rohrs⁴⁾.*

a) Um den Einfluß der Temperatur auf die Emission zu untersuchen, wurden die Geißlerschen Rohre in flüssige Luft gebracht. Die bisherigen an Quecksilberdampf und Wasserstoff angestellten Beobachtungen haben noch zu keinem definitiven Resultate geführt. Es ist zu erwarten, daß die neuen von Heraeus aus Quarz hergestellten Quecksilberbogenlampen diese Frage besser zu beantworten erlauben, da man bei ihnen einen Teil des leuchtenden Kapillarrohres bis etwa 1200° C. erhitzen kann.

b) Um den Einfluß des Druckes studieren zu können, ist eine Bogenlampe in Auftrag gegeben worden, bei der man den Druck von 0 bis etwa 8 Atmosphären steigern kann. Es soll das von gefärbten Kohlen ausgesandte Bogenlicht mittels des Interferenzspektroskops untersucht werden. Um ein sicher begründetes Urteil über die Verwendbarkeit der einzelnen Typen von Interferenzapparaten, Prismensystemen, Gittern u. s. w. zu erhalten, ist eine genaue theoretische Diskussion aller dieser Apparate hoher Auflösungskraft angestellt worden (Anh. Nr. 20), welche dartut, daß die versilberte dicke Platte bei senkrechter Luizidenz die kleinste Wellenlängendifferenz, die unbelegte Platte bei streifender Inzidenz dagegen die größte Anzahl von Trabanten zu zeigen erlaubt und dem Stufengitter an Leistungsfähigkeit mindestens ebenbürtig ist.

c) Bei Gelegenheit der unter a) angestellten Versuche wurde vermutet, daß die Wände von Einfluß sind, sowohl auf das Leuchten, wie auf die Leitung des eingeschlossenen Gases, insofern die Erscheinungen in engen Kapillaren anders verlaufen als in weiten Röhren. Um den Einfluß der Rohrweite genauer zu studieren, wurde die *geschichtete* Entladung des Wasserstoffs unter Anwendung einer Hochspannungsbatterie von 11000 Volt an verschieden weiten, hinter einander zu einem Rohr verschmolzenen Röhren untersucht. Die bisherigen Messungen haben ergeben, daß dieser bisher wenigstens nicht zahlenmäßig bestimmte Einfluß der Rohrwand in bedeutendem Maße existiert und einen gesetzmäßigen Verlauf zeigt.

4. *Anomale Dispersion der Gase⁵⁾.*

Um die für die Theorie der Lichtbrechung und Lichtemission wichtige *anomale* Dispersion der Gase untersuchen zu können, muß man den dispergierenden Dampf in die Form eines Prismas bringen. Diese Aufgabe ist relativ leicht beim Natriumdampf zu erfüllen, wenn man die Flamme eines Knallgasgebläses in geeigneter Weise über einen kleinen Tiegel aus Eisenblech streichen läßt, in dem sich geschmolzene Soda befindet. Sehr viel einfacher gelang es, die anomale Dispersion beim Natrium, Strontium, Thallium und einer großen Anzahl von Metalllinien nachzuweisen, indem man die Kohlen der neuen „farbigen“ Bogenlampen mit den betreffenden Substanzen imprägnierte und ein geeignetes Stück des Flammenbogens, bei welchem die Dampfdichte in regelmäßiger Weise von Stelle zu Stelle

1) Lummer, Gebrcke.

2) *Wied. Ann.* **23**, S. 49. 1884.

3) *Ann. de chim. et de phys.* **12**, S. 459. 1857.

4) Lummer, Gebrcke.

5) Lummer, Pringsheim.

variiert, als dispergierendes Prisma benutzt. Die Resultate dieser Untersuchungen, welche für Sonnenphänomene eine Bedeutung haben, sind zum Teil publiziert (Anh. Nr. 21). Um wenigstens eine Annäherung an die auf der Sonne herrschenden Bedingungen zu erreichen, sollen diese Versuche mit der unter 3b) erwähnten Bogenlänge fortgesetzt werden, welche erlaubt, den Flammenbogen in einer Atmosphäre von Wasserstoff (wichtig für die Eisenlinien) oder anderer Gase unter vermindertem oder erhöhtem Druck zu erzeugen.

Abteilung II.

Die wesentlichen Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten sind im folgendem zusammengestellt:

Längenmessungen:	Anzahl
Teilungen auf Silber, Platin und Stahl	42
Endmaße	18
Bolzen, Ringe u. dgl.	10
Meß- und Teilschrauben	2
Normale für Mechanikergewinde	26
„ „ Wassermessergewinde	3
Andere Gewinde	1
Stimmgabelprüfungen:	
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	48
„ „ anderer Tonhöhe	1
Meßmaschine	1

I. Präzisionsmechanische Arbeiten¹⁾.
Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten.

Eine der oben aufgeführten Schrauben war 3 m lang. Da keiner der zur Verfügung stehenden Komparatoren hierfür an Länge und Tragfähigkeit ausreichte, wurde die Spindel auf einer festen Konsole durch aufgesetzte Marken mittels eines Kathometers nivelliert und darauf eine größere Anzahl von geeignet gewählten Gängen auf ein gespanntes Stahlband überkopiert. Die so erhaltenen Marken wurden alsdann unter gleicher Spannung des Stahlbandes auf einem Komparator ausgemessen.

Die oben genannte Meßmaschine, von Pratt & Whitney (Hartford, Conn.) gebaut, soll zum Messen von Endmaßen von Längen bis 600 mm dienen. Diese werden zwischen zwei Stempel mit ebenen Endflächen geklemmt, von denen der eine durch eine 25 mm lange Meßschraube bewegt wird; der andere Stempel ist durch eine Feder gegen das Endmaß gepreßt. Eine konstante Pressung des Endmaßes soll hierbei dadurch gewährleistet werden, daß der erwähnte zweite Stempel bei der Bewegung der Meßschraube so lange zurückgedrückt wird, bis er einen zwischen 2 Ansätzen eingeklemmten Fallkörper (*gravity piece*) losläßt. Die Meßschraube ist in einem Bock gelagert, der sich auf einem Bett verschieben läßt und zwar um Beträge, welche mittels Mikroskopes und Maßstabes gemessen werden. Dem Prüfungsantrage gemäß sollten Meßschraube, Führung des beweglichen Bockes und Empfindlichkeit des Fallkörpers gesondert untersucht werden.

Die in dem Jahre 1903 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

I. Meßapparate.

a) Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	Anzahl
der Spannung	52
„ Stromstärke	47
„ Spannung und Stromstärke	19
„ Leistung	24
„ Arbeit (Elektrizitätszähler)	203

II. Elektrische Arbeiten.
A. Starkstromlaboratorium.
1. Übersicht der Prüfungsarbeiten²⁾.

¹⁾ Leman, Blaschke.

²⁾ Für Gleichstrom: Kurlbaum, Reichardt, Schulze, Zimmer, Malmström, Vollhardt; für Wechselstrom: Orlich, Kühns, Janzen.

b) Mit Wechselstrom oder Drehstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	Anzahl
der Spannung	16
„ Stromstärke	10
„ Leistung	16
„ Arbeit (einphasiger Wechselstrom)	15
„ Arbeit (dreiphasiger Wechselstrom)	13
c) Sonstige Meßapparate	
Strommeßwiderstände (für 10 000 Amp.)	1
Vorschaltwiderstände	17
Isolationsmesser	3
Induktionsnormale	8
Kondensatoren	7
optische Pyrometer	22
II. Motoren und Transformatoren.	
Gleichstrommotoren	2
Wechselstrommotoren	1
Transformatoren	1
III. Materialien.	
a) Untersuchung auf Isolation	
feste Materialien	11 Sorten
Lacke und Öle	23 „
Porzellanisolatoren und Isolierrohre	41 Stück
Leitungen	19 Sorten
b) Untersuchung auf Selbstinduktion und Kapazität	
Drahtsorten	9
Kabel	1
IV. Sonstiges.	
3 Sorten Sicherungen	
6 Proben von Eisenbahnschienen.	

Unter den oben genannten Apparaten befinden sich 26 für elektrische Prüfümter bestimmte Zeigerapparate.

Außer den in der vorigen Tabelle enthaltenen laufenden Arbeiten sind vier Systemprüfungen in Angriff genommen bzw. abgeschlossen worden.

2. Systemprüfungen.
3. Verhalten der Zähler im praktischen Betriebe.

Die Messungen an Zählern im praktischen Betriebe wurden fortgesetzt. Es sind im Berichtsjahr Messungen an 101 Apparaten (vier verschiedene Zählertypen für Gleichstrom und Wechselstrom) mehrfach ausgeführt und z. T. abgeschlossen worden; die Zähler sind jetzt z. T. seit 3 Jahren im Betriebe und wurden dauernd beobachtet. Das bisherige Beobachtungsmaterial hat manche Aufschlüsse über das Verhalten der Zähler im praktischen Betriebe gegeben, welche sowohl für die verschiedenen beteiligten Firmen wie für die Reichsanstalt von großem Werte sein dürften.

4. Kapazitätsmessungen.

Der im vorigen Tätigkeitsbericht (*dieſe Zeiſchr.* 23, S. 152, 1903) erwähnte rotierende Doppelunterbrecher hat sich für relative und absolute Kapazitätsmessungen bewährt. Die mit dem Unterbrecher zu erreichende Genauigkeit ist so groß, daß selbst kleine Kapazitäten bis herunter zu 0,00002 Mikrofarad noch gemessen werden können. Die Abweichungen der Einzelwerte vom Mittel betragen hierbei ungefähr 1 Prozent.

Nähere Angaben über die mit dem Unterbrecher gemachten Erfahrungen werden demnächst veröffentlicht werden.

5. Pyrometrische Untersuchungen.

Es wurden pyrometrische Untersuchungen an hocherhitzten Körpern sowohl mit Hilfe optischer Pyrometer, wie auch mit Hilfe spektraler Zerlegung angestellt. Der hierfür von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin zur Verfügung gestellte Hohl-

körper aus Nernst-Masse hat sich bei den absoluten Temperaturen 1800° bis 2400° gut bewährt.

In Ermangelung eines schwarzen Körpers, welcher zugleich sehr hohe Temperaturen verträgt und einen schnellen Wechsel der Temperatur gestattet, sind eine Anzahl von Nernst-Lampen als schwarze Körper geeicht, indem die zu verschiedenen Stromstärken gehörigen schwarzen Temperaturen mit Hilfe des Wienschen Gesetzes aus der Strahlungsintensität für eine Reihe von Wellenlängen bestimmt wurden. Ein Teil der Versuche ist veröffentlicht (Anh. Nr. 38).

Um den Anschluß an das städtische Elektrizitätswerk Charlottenburg (Drehstrom) ausgiebiger auszunutzen, wurden vier neue Maschinen beschafft, die, zu je zweien kombiniert, als zwei Drehstrom-Gleichstromumformer arbeiten können. Ferner wurde ein neues Schaltbrett aufgestellt, an das diese vier Maschinen, sowie ein bereits vorhandenes Aggregat (eine Drehstrom-, eine Gleichstrommaschine) geführt sind.

Der gesamte Maschinensatz dient folgenden Zwecken:

- a) Der von der Zentrale gelieferte Strom wird durch einen Drehstrom-Gleichstromumformer in Gleichstrom zum Laden der Akkumulatoren umgewandelt;
- b) Akkumulatoren treiben einen Gleichstrom-Drehstromumformer, dem Drehstrom zu Versuchszwecken entnommen wird;
- c) Die Zentrale treibt einen Synchrotraktor, der mit einer Gleichstrommaschine gekuppelt ist. Da die Periodenzahl des Drehstroms nur wenig schwankt, so ist der der Gleichstrommaschine entnommene Strom so ruhig, daß er für viele Zwecke den bisher dafür verwendeten Akkumulatorenstrom ersetzen kann (z. B. Heizung elektrischer Öfen);
- d) Der Stator eines Synchronmotors wird durch Drehstrom von 50 Perioden erregt. Wird der Rotor entgegengesetzt dem Drehsinn des Feldes mit normaler Periodenzahl durch eine zweite Maschine angetrieben, so kann dem Rotor Drehstrom von 100 Perioden entnommen werden.

6. Erweiterung der maschinellen Hilfsmittel.

Die im letzten Tätigkeitsbericht erwähnten elektrometrischen Untersuchungen sind zu einem gewissen Abschluß gebracht und veröffentlicht (Anh. Nr. 39), sind aber seither weiter fortgesetzt worden.

Arbeiten im Wechselstromlaboratorium.

Das Dolezaleksche Elektrometer erwies sich als brauchbar für Wechselstrommessungen, wenn man dafür sorgt, daß die Silberpapier-Nadel gut leitet und in leitender Verbindung mit dem die Nadel tragenden Aluminiumdraht steht. Der Quarzfaden ist hierzu durch einen Platinfaden zu ersetzen. Bei Benutzung eines Platindrahtes von 0,005 mm Durchmesser und 7 cm Länge wurden bei 2 Volt Spannung 130 Skalenteile kommutierter Ausschlag in idiostatischer Schaltung beobachtet (Skalenabstand 2 m).

7. Elektrometrische Untersuchungen.

Um aber bei einem derartig empfindlichen Elektrometer eine konstante Nullage zu erhalten, ist es unbedingt nötig, den Apparat gegen äußere Wärmestrahlen zu schützen. Verbindet man nämlich alle Elektrometerteile leitend miteinander und bestrahlt das Elektrometer einseitig mit einer Wärmequelle, so erhält man Ausschläge bis zu 100 Skalenteilen. Arbeiten zur Aufklärung dieser Erscheinung sind im Gange.

Die im letzten Tätigkeitsbericht beschriebene Methode zur Prüfung von Wechselstrommessern unter Verwendung des optischen Pyrometers ist weiter ausgearbeitet und bis zu einer Stromstärke von 800 Ampere erprobt worden. Die Resultate dieser Arbeit sind inzwischen in *dieser Zeitschr.* 24. S. 65. 1904 veröffentlicht worden.

8. Optische Strommessmethode.

Die in früheren Tätigkeitsberichten (1899, 1900) erwähnten Arbeiten über Selbstinduktionsmessungen sind in der Elektrotechnischen Zeitschrift (Anh. Nr. 52) zusammengestellt. Es wurde ein neues Selbstinduktionsvariometer mit dem Meßbereich 0,0005 bis 0,85 Henry konstruiert. Veranlaßt durch die Dolezalekschen Arbeiten über den Einfluß massiver Leiter auf Widerstand und Selbstinduktionskoeffizient von Spulen sind diese Arbeiten von neuem aufgenommen worden.

9. Aufnahme von Wechselstromkurven. Zur Aufnahme von Wechselstromkurven wurde ein Blondelscher Oszillograph beschafft; der Apparat wird z. Zt. einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Im Jahre 1903 wurden geprüft

10. Schwachstrom-Laboratorium¹⁾. Übersicht über die laufenden Prüfungsarbeiten.

- 10 Proben Leitungsmaterial (4 Anträge);
- 10 Proben Widerstandsmaterial (3 Anträge);
- 209 Einzelwiderstände;
- 50 Widerstandsätze (13 Kompensatoren, 7 Meßbrücken, 25 Widerstandskästen, 5 Verzweigungswiderstände) mit zusammen 1355 Abteilungen;
- 5 sonstige Widerstandsprüfungen;
- 4 verschiedene Galvanometer;
- 107 Clarksche Normalelemente;
- 50 Westonsche Normalelemente;
- 5 Akkumulatoren (2 Anträge).

1. Widerstände.

Von den geprüften Einzelwiderständen waren 143 Draht- und 66 Blechwiderstände. Bei 254 der oben angegebenen 259 Einzelwiderstände und Widerstandsätze wurde Manganin, bei einem, bereits im Jahre 1896 hergestellten und 1902 zur Nachprüfung eingereichten Widerstand, Konstantan verwendet; bei 4 Widerständen war das benutzte Material nicht angegeben.

Für 169 Apparate lagen Angaben der Verfertiger über den Besteller vor. Danach waren 111 Apparate für das Ausland bestimmt und zwar gingen 69 nach Amerika, 16 nach England, 12 nach Schweden, 6 nach Italien, 3 nach Holland, 2 nach Österreich-Ungarn und 1 nach Rußland.

Für die verschiedenen Laboratorien der Reichsanstalt wurden 26 Einzelwiderstände und 3 Widerstandskästen (mit 100 einzelnen Abteilungen) geprüft und 10 Metalluntersuchungen auf Temperaturkoeffizient und Leitfähigkeit ausgeführt.

2. Normalelemente.

Bei den Clark-Elementen lag die Abweichung vom Sollwert (1,432 Volt bei 15° C.)

bei 36 Stück	zwischen	0,0000	und	0,0004	Volt
" 48 "	" "	0,0004	"	0,0007	"
" 13 "	" "	0,0007	"	0,0010	"
" 5 "	über	0,0010	Volt;		
1 "	zeigte	veränderliche Werte.			

Vier Elemente mußten zurückgewiesen werden, da sie beschädigt eingingen. Von den 107 Elementen wurden 98 Stück beglaubigt. Erfreulicherweise hat die Zahl der wegen zu großer Abweichung oder Inkonzanz nicht beglaubigungsfähigen Elemente (nur 6 Stück) abgenommen.

Die Anzahl der geprüften Weston-Elemente (50 Stück) ist gegen das Vorjahr (71) zurückgegangen, jedoch immerhin noch höher geblieben als im Jahre 1901 (39). Die Prüfung der Elemente bei Zimmertemperatur lieferte folgende Werte:

bei 1 Stück	1,0188	Volt
" 19 "	1,0189	"
" 21 "	1,0190	"
" 8 "	1,0191	"
" 1 "	1,0193	"

Demnach stellt sich der Mittelwert der in diesem Jahre eingesandten Elemente wie im vorigen Jahre auf 1,0189 bis 1,0190 Volt.

3. Nachprüfung für die Prüfämter.

Im Frühjahr des Berichtsjahres wurden die Kontrollnormale der Prüfämter 1 bis 5 (von jedem Prüfamt 6 Widerstände und 2 Elemente) zum ersten Male zur Nachprüfung eingereicht. Praktisch in Betracht kommende Änderungen der Normale sind, wie zu erwarten war, nicht eingetreten.

¹⁾ Lindeck.

Die Widerstände wurden im September 1903 von neuem gemessen; wesentliche Änderungen sind auch diesmal nicht bemerkt worden.

Zunächst als Ausstellungsobjekt für die Gruppe „Wissenschaftliche Instrumente“ der Deutschen Unterrichts-Ausstellung auf der Weltausstellung in St. Louis 1904 dienend, wurden zwei Widerstandskästen hergestellt und in diese 14 genau gemessene Kundtsche Widerstandsrohre eingesetzt, welche den bereits seit Jahren beobachteten Widerständen entnommen wurden. Die Beträge zwischen den Klemmen sind bei dem einen Kasten, welcher sechs Unterabteilungen hat, etwa 50000; 50000; 100000; 100000; 250000; 500000 Ohm, zusammen rd. 1 Million Ohm. Der andere Kasten soll als Verzweigungskasten dienen; er hat vier Unterabteilungen, die etwa im Verhältnis 1:2:5:10 stehen und rd. 50000; 100000; 200000; 500000 Ohm haben. Die beiden Apparate sollen nach der Rückkehr von der Ausstellung in der Reichsanstalt, wo einzelne, unmontierte Spulen bereits mehrfach für Messungen gebraucht worden sind, benutzt werden.

Betreffs der pyrometrischen Arbeiten vgl. weiter unten.

Verhandlungen über die Errichtung eines neuen Prüfamtes wurden mit der Direktion der städtischen Elektrizitätswerke in Frankfurt a. M. geführt. Die Eröffnung desselben steht in Kürze bevor.

Die regelmäßige Besichtigung der bestehenden Prüfämter wurde im Mai und Juni ausgeführt. Die Besichtigungen zeigten, daß die Prüfämter im allgemeinen gut eingerichtet und sowohl mittels ihrer Ausrüstung, wie mittels des vorhandenen Personals eine große Zahl von Zählerprüfungen im Jahre durchzuführen in der Lage sind. Die Anzahl der Prüfungsanträge, welche bei den meisten Ämtern im Vorjahre eine sehr geringe war, hatte sich auch im laufenden Jahre nur unwesentlich gehoben. Der Zustand der zur Prüfung gekommenen Apparate aber zeigte, daß eine ausgedehnte Nachprüfung der bei der gewerbsmäßigen Abgabe elektrischer Arbeit benutzten Meßgeräte geboten erscheint.

Bei den Besichtigungen der Prüfämter zeigte sich ferner, daß bei zahlreichen Ausrüstungsgegenständen und Prüfgeräten Verbesserungen der zur Zeit im Handel befindlichen Modelle erwünscht sind. Es handelt sich dabei weniger um eine Erhöhung der Genauigkeit, als vielmehr um Verhütung von Abnutzungen und Beschädigungen durch anhaltenden Gebrauch, ferner um Sicherungen gegen falsche Ablesungen, unrichtige Schaltungen und Kurzschlüsse, sowie um Vereinfachung der Handhabung und um Abkürzung der Arbeitszeit.

Die im vorjährigen Berichte erwähnte Anmeldung einer Art von Strom- und Spannungsmessern zur Systemprüfung ist von dem Anmelder im Laufe der Verhandlungen fallen gelassen worden; dagegen sind außer den dort genannten drei Systemen von Elektrizitätszählern fünf weitere Systeme zur Prüfung angemeldet worden. Von diesen sind vier im Laufe des Jahres zur amtlichen Beglaubigung zugelassen worden. Es sind dies die folgenden:

1. System 1: Umschaltzähler für Gleichstrom, hergestellt von der Elektrizitätszähler-Fabrik H. Aron in Charlottenburg.
2. System 2: Umschaltzähler für ein- und mehrphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Elektrizitätszähler-Fabrik H. Aron in Charlottenburg.
3. System 3: Motorzähler für Gleichstrom, hergestellt von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals Schuckert & Co. in Nürnberg.
4. System 4: Flügelzähler für Gleichstrom, hergestellt von der Aktiengesellschaft Siemens & Halske in Berlin und von den Siemens-Schuckert-Werken in Nürnberg.

Die Zulassungen sind in dem Reichsanzeiger und dem Zentralblatt für das Deutsche Reich bekannt gemacht worden. Außerdem wurden sie in der Elektrotechnischen Zeitschrift veröffentlicht mit Anfügung einer eingehenden Systembeschreibung, welche nicht nur die Beschaffenheit und den Umfang der zugelassenen Systeme kennzeichnen, sondern auch den

¹⁾ Feußner.

Prüfämtern und dem Publikum eine Anleitung bezüglich der bei der Prüfung und Beachtung zu beachtenden Besonderheiten der verschiedenen Systeme liefern soll.

Über die vier außerdem noch angemeldeten Systeme sind die Verhandlungen mit den Anmeldern zur Zeit noch nicht abgeschlossen.

*D. Magnetisches
Laboratorium¹⁾.
1. Übersicht der
Prüfungsarbeiten.*

I. Meßapparate und Zubehör.

Geprüft wurden

ein Magnetisierungsapparat (nach Köpsel-Kath) der Firma Siemens & Halske,
eine magnetische Wage nach du Bois,
eine Normalspule.

II. Materialien.

Die Anzahl der Prüfungen betrug

für unmagnetisches Material	50
„ Stahlguß, Gußeisen u. s. w.	46
„ Magnetstahl	4
„ Dynamoblech	18

*2. Vergleichung
von Unter-
suchungsmethoden
für magnetische
Materialien.*

Die vom Verband Deutscher Elektrotechniker angeregte Frage nach geeigneten Methoden zur wattmetrischen Prüfung von Dynamoblech nahm den größten Teil der verfügbaren Zeit in Anspruch. Leider erwies sich im Laufe der Messungen die zunächst verwendete eisenlose Wechselstrommaschine der Reichsanstalt, welche ohne Belastung rein sinusförmige Spannungskurven liefert, wegen der bei der Belastung mit einem Eisenring auftretenden starken Verzerrungen der Spannungskurven als unbrauchbar für den vorliegenden Zweck, sodaß die gewonnenen Resultate nicht als maßgebend angesehen werden durften.

Die hierdurch entstandene Verlegenheit besetzte die Firma Siemens & Halske, indem sie in zuvorkommendster Weise eine geeignete Maschine für die Dauer eines Jahres leihweise zur Verfügung stellte, welche den erwähnten Übelstand nur noch bei verhältnismäßig hohen Stromstärken und auch da in geringem Maße aufweist. Der noch verbleibenden Unsicherheit konnte man durch Kurvenaufnahmen, sowie durch die Bestimmung des Formfaktors (Verhältnis der effektiven zur mittleren Spannung) nach der von Rose und Kühns angegebenen Methode (Anh. Nr. 40) Rechnung tragen, nachdem durch spezielle Versuche die theoretisch zu erwartende Abhängigkeit der „Verlustziffer“ (Wattverbrauch pro kg Eisen und 50 Perioden bei der Induktion 10000) vom Formfaktor experimentell bestätigt worden war.

Mit Hilfe der neuen Maschine wurden nun die Angaben der Apparate von Epstein, Richter und Brion mit den Angaben des direkt bewickelten Ringes verglichen, nachdem schon durch frühere Messungen feststand, daß der von Möllinger angegebene Apparat dieselben Angaben wie der Ring liefert. Die bisherigen Versuche, welche noch vervollständigt werden sollen, haben ergeben, daß die mit dem Epsteinschen Apparate gefundenen Werte für die Verlustziffer nahezu übereinstimmen mit denjenigen des Ringes, während die entsprechenden Werte beim Richterschen Apparat etwas höher, beim Brionschen Apparat aber beträchtlich tiefer liegen.

Dies Ergebnis rechtfertigt den auf dem Verbandstag zu Mannheim seitens des Verbandes Deutscher Elektrotechniker gefaßten Beschluß, für die wattmetrische Prüfung der Dynamobleche bis auf weiteres die Apparate von Epstein und Möllinger zu empfehlen, zumal der Richtersche Apparat nur die Untersuchung eines ganz bestimmten Blechformats gestattet, was für die Eisenhütten große Schwierigkeiten bietet. Auch in der Reichsanstalt werden die laufenden Prüfungen nach dem Wattmeterverfahren mit dem Epsteinschen Apparat ausgeführt.

Umfangreiche Untersuchungen über das Verhältnis zwischen der Magnetisierung durch Gleichstrom und durch Wechselstrom sind im Gang, gestatten aber noch kein abschließendes Urteil.

¹⁾ Gumlich, Rose.

Für die sämtlichen zur Prüfung eingesandten magnetischen Materialien in Stabform wurde neben den magnetischen Messungen auch die Bestimmung des elektrischen Leitvermögens durchgeführt. Es zeigte sich hierbei, daß es einzelnen Firmen gelungen ist, Materialien mit vorzüglichen magnetischen Eigenschaften herzustellen, die einen sehr großen elektrischen Widerstand besitzen (0,5 Ohm pro mm^2), was für den Bau von Transformatoren u. s. w. insofern sehr wichtig ist, als auf diesem Wege die Wirbelstromverluste beträchtlich verringert werden können.

Die „Anfangspermeabilität“, d. h. die Magnetisierbarkeit für sehr geringe Feldstärken, die u. a. beim Bau von störungsfreien Panzergalvanometern ausschlaggebend ist, wurde bei einer großen Zahl von Materialien für das Intervall $\phi = 0,01$ bis $\phi = 1$ auf ballistischem Wege bestimmt.

Die noch nicht abgeschlossenen Versuche lassen erkennen, daß es unrichtig ist, von der Maximalpermeabilität auf die Anfangspermeabilität zu schließen. Ein Zusammenhang zwischen beiden scheint nur insofern zu bestehen, als ein Material mit sehr geringer Maximalpermeabilität sicher auch keine hohe Anfangspermeabilität besitzt, während umgekehrt eine hohe Maximalpermeabilität nicht auch eine hohe Anfangspermeabilität bedingt; die letztere muß vielmehr in jedem Falle gesondert bestimmt werden.

(Fortsetzung folgt.)

3. Beziehung der magnetischen Eigenschaften der Materialien zum elektrischen Leitvermögen.

4. Bestimmung der Anfangspermeabilität.

Referate.

Über einige Verbesserungen an Schrauben-Mikroskop-Theodoliten.

Von A. Fennel. Zeitschr. f. Vermess. 32. S. 574. 1903.

Der Verf. gibt mehrere Abänderungen gegenüber den bisherigen Anordnungen an, z. T. an den Mikroskopkästen, z. T. an der Verbindung des Mikroskops mit den übrigen Teilen der Alhidade des Theodolits.

Fig. 1 stellt die neue Einrichtung des Mikroskopschlittens in Grundriß und Aufriß dar. Der in der Federbüchse enthaltene hohle Stift *e* wird gegen den Schlitten *i* gedrückt; an der gegenüber liegenden Stelle des Gehäuses *m* liegt in dem Sattel *a* die Schraubenbüchse *d* mit der Mikrometerschraube *s*, deren Gang durch die Klemmschraubchen *g* geregelt werden kann. Die Spitze der Schraube *s* und das polierte Stahlstückchen des Schlittens, gegen das sie drückt, sind vollkommen gehärtet.

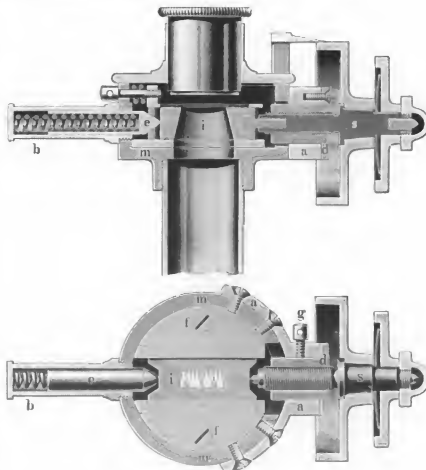


Fig. 1.

Von Vorzügen dieser Anordnung zählt Fennel auf: die lange Spiralfeder in *b*; genaue Gegenüberstellung der Druckpunkte von Federstift und Mikrometerschraube; längere Mutter

der Schraube und vollkommene Beseitigung ihres toten Gangs mit Hilfe von g ; am wichtigsten wird sein, daß bei der Linksbewegung des den Doppelfaden tragenden Schlittens dieser durch die Mikrometerschraube gegen die Spiralfeder gedrückt wird, während sonst in diesem Fall die Mikrometerschraube nachgelassen wird und die Spiralfedern die Schlittenbewegung zu besorgen haben, wobei diese Feder oder diese Federn nur wenig stärker genommen werden dürfen, als zur Überwindung der Reibung bei der Schlittenbewegung unbedingt erforderlich ist. Zweckmäßig würde mir auch noch scheinen, die Handscheibe der Mikroskoptrommel nicht aus Metall, wegen der Erwärmung der Schraube selbst, sondern aus Hartgummi o. dgl. zu machen, wie ich es kürzlich an Schraubenmikroskopen von Tesdorpf gesehen habe.

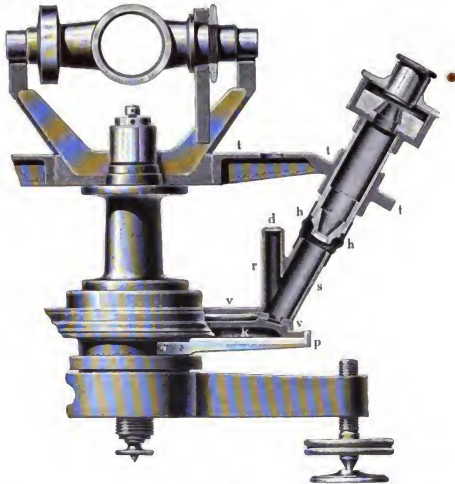


Fig. 2.

Fig. 2, einem 13 cm-Theodolit entsprechend, zeigt ferner die Neuerungen in der Verbindung des Mikroskops mit der Alhidade. Der Horizontalkreis k ist durch v verdeckt, die Beleuchtung geschieht von oben durch den Beleuchtungsstutzen r , den Fennel also auch hier verwendet wie an den Strichmikroskopen (vgl. diese Zeitschr. 22. S. 198. 1902); oben ist er mit dem Deckgläschen d überdeckt. Da der mit r aus einem Stück bestehende Rohrstutzen s und das Rohr des Mikroskops bei h durch ein Stück weichen Lederschlauches zusammenhängen, so ist das Mikroskop staubdicht mit dem Verdeck v verbunden. Der vorspringende äußere Rand des Teilkreises trägt eine grobe Teilung in ganze Grade, die durch den Index p abgelesen werden kann und zur Verdrehung des Kreises um beliebige Winkel dient.

Der Mikroskophalter t ist durchbrochen für den Beleuchtungsstutzen r , und Neigung des Silberstreifens des Teilkreises und Mikroskopneigung sind so gewählt, daß das von oben durch r einfallende Licht durch den Silberstreifen selbst in die Mikroskoprohrachse reflektiert wird. Auch an trüben Tagen sollen sich helle gute Bilder der Teilung zeigen und selbstverständlich sind die Phasen der Teilstriche bei der sonst üblichen seitlichen Beleuchtung, bald von links, bald von rechts, hier vermieden.

Hammer.

Das Hypsometer.

Von F. Morse. *Report of the U. S. Coast and Geodetic Survey for 1901/1902, Appendix Nr. 4. Washington 1903. S. 297.*

Der Verf., Assistent der *Coast and Geodetic Survey*, beschreibt unter dem oben angegebenen Namen einen Rechenkreis zur Bestimmung von Höhenunterschieden aus Horizontaldistanz und Höhenwinkel. Dabei sind diese horizontalen Entfernungen in Meter angegeben, der Höhenunterschied wird aber in englischen Fuß abgelesen, da die Höhenlinien auf den topographischen Karten der Vereinigten Staaten in Fuß angegeben sind. Es sind fünf konzentrische, geteilte Kreise vorhanden; auf dem äußersten, für sich drehbaren Randkreis, sind die Entfernungen einzustellen, die vier inneren Kreise auf dem Körper der Scheibe tragen die $\log \tan$ -Teilung mit angeschriebenem Winkelargument. Zur Einstellung an den inneren Kreisen ist eine drehbare radiale Zunge erforderlich. Genauigkeitsversuche, die bei der Beschreibung derartiger Instrumente nie fehlen sollten, sind nicht mitgeteilt.

Hammer.

Neues Modell eines selbstrechnenden Tachymeters.

Von M. Nassò. *Rivista di Topogr. e Catasto* 15. S. 1. 1902/03.

Der um die Herstellung selbstrechnender Tachymeter mehrfach bemühte Verf. beschreibt hier abermals ein neues Modell eines solchen Instruments, das bereits in Paris 1900 ausgestellt war; die Herstellung hat der Mechaniker der Turiner Sternwarte Collo übernommen, dabei wurden einige Teile eines alten englischen Tachymeters verwendet. Das Instrument soll auf dem Feld automatisch (d. h. ohne Ablesung des Höhenkreises oder anderer Teilungen am Instrument und ohne Rechnung) die Horizontaldistanz und den Höhenunterschied zwischen dem Standpunkt und dem Latzenstandpunkt liefern.

Der Verf. geht von den zwei Grundgleichungen aus (für die ich hier die bei uns üblichen Bezeichnungen benutze, l Latzenabschnitt zwischen den Distanzfäden, α Neigung der Mittelvisur, D Horizontalabstand der Latte vom vordern Brennpunkt des Fernrohrobjektivs, beim „anallaktischen“ Fernrohr von der Kippachse, f Brennweite des Objektivsystems, a Abstand der zwei Distanzfäden im Okular, h Höhenunterschied zwischen dem vordern Objektivbrennpunkt und dem Punkt der Latte, der dem Mittelfaden entspricht):

$$D = \frac{f}{a} \cdot l \cdot \cos^2 \alpha \quad \text{und} \quad h = \frac{f}{a} \cdot l \cdot \sin \alpha \cos \alpha \quad \dots \dots \dots 1)$$

Denkt man sich den Abstand der zwei Distanzfäden so veränderlich, daß er für den Höhenwinkel α sich von a auf $a \cdot \cos^2 \alpha$ verringert, so lautet, wenn a_1 eine Konstante vorstellt und $a = a_1 \cdot \cos^2 \alpha$ gesetzt werden kann, die erste der zwei Gleichungen 1)

$$D = l \cdot \frac{f}{a_1} = l \cdot \text{Konstante} \quad \dots \dots \dots 2)$$

und ebenso, wenn man sich die Entfernung der Fäden so mit α veränderlich denkt, daß $a = a_2 \sin \alpha \cos \alpha$ ist (a_2 ist wieder eine Konstante), die zweite Gleichung 1)

$$h = l \cdot \frac{f}{a_2} = l \cdot \text{Konstante} \quad \dots \dots \dots 3)$$

So weit ist also nichts Neues an dem Instrument. Neu ist nur die Art, in der der Verf. mechanisch und zwar automatisch seine zwei Paare beweglicher Fäden sich für den Höhenwinkel α auf die Entfernungen $a_1 \cos^2 \alpha$ und $a_2 \sin \alpha \cos \alpha$ einstellen läßt. Das eine Paar kann Distanzfäden, das andere Höhenfäden heißen; zu ihnen kommt noch der mittlere Horizontalfaden. Im Höhenwinkel soll (nicht überall genügend) nur bis 20° gegangen werden. Die mechanische, durch die Kippbewegung des Fernrohres sich vollziehende Vertikalbewegung der zwei im Okular vorhandenen Plattenpaare, auf denen die Fäden ausgespannt sind, scheint mir jedoch nicht genügend sicher wirkend, besonders auf längere Dauer, sodaß ich hier auf eine nähere Beschreibung nicht eingehe. Dieselben Gründe, die am gewöhnlichen distanzmessenden Fernrohr des alten Tachymetertheodolits und der alten Tachymeterkippregei dazu

geführt haben, die von Kern in Aarau u. A. eingeführte Beweglichkeit der „festen“ Distanzfäden (die dort nur zur Abstimmung der Hauptkonstanten auf ihren runden Sollwert vorhanden war) wieder aufzugeben, scheinen mir in verstärktem Maß gegen die Einrichtung des Verf. zu sprechen. Ich glaube nicht, daß ein Instrument dieser Art unter den tatsächlich bei der Tachymetermessung vorhandenen Verhältnissen (Wind, Staub; starke Erschütterungen des Instruments) für längere Zeit richtig funktionieren würde. Die Form der „guide“ (Führungen) für die Bewegungen genügend scharf richtig herzustellen wird schon schwierig, aber innerhinhin möglich sein, wie das Versuchsmodell zu beweisen scheint; wie steht es aber mit der *Abnutzung* dieser Lehren? Als Entfernungs- und als Höhenkonstante nimmt der Verf. die Zahlen 100 und 50, sodaß die Arbeit mit dem Instrument, das nur *horizontale* Fäden zur Ablesung darbietet, bequem wäre (die Höhenkonstante wird aber groß sein, ein Ablesefehler in h von 5 mm bringt bereits einen Fehler in h von 25 cm hervor); der Verf. gibt alle Zahlen fertig berechnet an, die für die Formung der „guide“ der zwei Paare von Fadenträgern erforderlich sind. Aber genügen die angeführten Ergebnisse einer Probemessung? (Unterschiede zwischen den direkt gemessenen Horizontalabständen und den mit dem Instrument bestimmten bei 10 Entfernungsmessungen 7-mal 0, 2-mal 0,1 m, 1-mal 0,2 m; Differenzen zwischen richtigen Höhenunterschieden und den mit dem Instrument bestimmten bei diesen 10 Versuchen 7-mal 0, 1-mal 5 cm, 2-mal 10 cm, sodaß der Fehler im Lattenabschnitt zwischen den Höhen-Fäden in diesen 10 Fällen 7-mal 0, 1-mal 1 mm, 2-mal 2 mm gewesen wäre; bei welchen Entfernungen, welchen Höhenunterschieden, welchen Höhenwinkeln?)

Der Verf. will dieses erste Modell seines Instruments, dem er die Vorzüge der Bequemlichkeit, der Schnelligkeit und der Genauigkeit beilegt, in verschiedenen Beziehungen wesentlich ausarbeiten; es wird also wohl später nochmals darauf zurückzukommen sein. Ich möchte aber schon jetzt, wie ich es bereits früher getan habe, nochmals meinem Zweifel darüber Ausdruck geben, ob *mechanische* Verschiebungen von Teilen im Okular oder sonstwie an einem automatischen Tachymeter *deurad* befriedigende Ergebnisse liefern können.

Hammer.

Über die Gestalt der Groma der römischen Feldmesser.

Von W. Schmidt. *Bibliotheca mathematica*. 4. S. 234. 1903.

Referat über „H. Schöne, Das Visierinstrument der römischen Feldmesser“.

Von M. Petzold. *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 418. 1903.

Die beiden Aufsätze sind durch die vor zwei Jahren erschienene wichtige Arbeit von Prof. Schöne über „Das Visierinstrument der römischen Feldmesser“ (*Jahrb. d. Kais. Deutsch. Arch. Inst.* 16. 1901) veranlaßt, die hier schon einmal, bei Gelegenheit der Schöneschen Heron-Ausgabe (*diese Zeitschr.* 24. S. 81. 1903), erwähnt ist.

Von der *groma*, dem Visierkreuz der römischen Feldmesser zum Abstecken rechter Winkel, hatten wir bis vor kurzem, außer den im ganzen dürftigen Angaben in den Schriften der *Gramatici* selbst, nur eine Abbildung auf dem Grabstein des Agrimensors L. Aebutius Faustus aus dem 1. Jahrhundert n. Chr. Deutlich ist auf dieser Darstellung das Paar rechtwinklig gekreuzter Schienen zu sehen, die die „*stella*“ bilden, ebenso zwei birnförmige Senkel; auch das „*ferramentum*“, auf das die *stella* aufzulegen war, ist nicht zu verkennen. Trotzdem war Einrichtung und Handhabung zweifelhaft, während neuerdings Schöne auf Grund des bekannten glücklichen Funds einer *groma* bei den Ausgrabungen am Limes (in der Sammlung des Gutsbesitzers Winkelmann in Pfünz bei Eichstätt befindlich) „in der Frage der Konstruktion zu einem sicheren Ergebnis, in der Frage der Handhabung wenigstens zu einer wahrscheinlichen Hypothese“ gelangt zu sein hofft.

Das gefundene Instrument besteht in *stella* und *ferramentum* aus plattiertem Eisen, die Enden der *stella*-Arme sind aber anders geformt, als auf dem Grabstein zu Ivrea: sie sind nach abwärts gebogen und tragen einen durchgesteckten starken Nagel mit umgeschlagener Spitze. Hieraus und aus der Form der Arme der *stella* schließt Schöne, daß die Enden des Armkreuzes durch einen starken quadratischen Holzrahmen verbunden waren. Das *ferra-*

mentum endigt unten in einen kräftigen Dorn, der ohne Zweifel auf dem Kopf eines Drei-fußes befestigt war. Die zwei Arme der *stella* sind im ganzen je 35 cm lang und ebenso hoch ist auch nur das *ferramentum*; es muß also sicher unter diesem ein längeres Stativ vorhanden gewesen sein. Wie ist nun aber mit Hilfe der von den Enden der vier Kreuzarme herabhängenden Lotfäden der rechte Winkel abgesteckt worden? Nach zwei Stellen in den Schriften der Agrimensoren (in dem sogenannten Marcus Junius Nipsus und besonders bei Frontinus) schließt Schöne, daß nicht, wie jedermann vermuten wird, die zwei Richtungen der *stella*-Arme die Scheitel des rechten Winkels abgaben, sondern daß die *groma* neben den Scheitel des rechten Winkels gestellt und das eine der vier Lote, das vom „*umbilicus soli*“ herabhängende über den Winkelscheitel durch Drehung des Oberteils der *groma* um das *ferramentum* zentriert worden sei; die Zeichnungen wären also von dem über den Winkelscheitel gebrachten Lotfaden nach den *benachbarten* Loten („über Eck“) gegangen; so scheint es allerdings der Text, falls er nicht verderbt ist, zu verlangen. Schöne weist noch nach, daß Herons Asteriskos-Notiz in seiner Beschreibung der Dioptra dieser Annahme nicht widerspricht.

W. Schmidt tritt in seiner Notiz diesen Ansichten Schönes durchaus bei, sodaß es nicht nötig erscheint, näher auf jene einzugehen; dagegen hält Petzold es nicht für erwiesen, daß die angedeuteten zwei Stellen der Feldmesserschriften so gedeutet werden müßten, daß „die Römer das an sich unzweckmäßige Instrument auch noch exzentrisch gebraucht haben“. Der „*umbilicus soli*“ könne auch ganz wohl das untere Ende des *ferramentum* gewesen sein (wie z. B. Rudorff annahm und überhaupt wohl stets vorausgesetzt wurde). Der Text des Nipsus und des Frontinus ist damit freilich kaum zu vereinigen; aber zugeben muß man, daß die zentrale Stellung des *ferramentum* das Zielen über die Lotfäden in der Richtung der Kreuzarme (also nicht über Eck) nicht, wie Schöne und Schmidt annehmen, zu verhindern brauchte, da die Lote sehr lang waren, wie wir durch Heron wissen; es konnte unter dem *ferramentum* durchgezweit werden. Entschieden scheint mir der Gebrauch der *groma* noch nicht zu sein, vielleicht ist Textverderbnis an den Zweifeln schuld.

Dagegen glaube ich mit Schöne als höchst wahrscheinlich annehmen zu dürfen, daß ein Holzrahmen von der durch ihn angedeuteten Art vorhanden war; Petzold erklärt ihn für überflüssig und die Nägel an den Enden des Armkreuzes zur Regulierung der Fadenabstände bestimmt, was zur Berichtigung notwendig gewesen sei. Jedenfalls ist aber die Annahme, daß ein Rahmen der von Schöne angegebenen Art aufgeschoben gewesen sei, eine recht ungezwungene Erklärung der auffallenden Form der Enden der *stella*-Arme und dieser Rahmen konnte sehr gut das Instrument vor dem Verbiegen u. s. w. beim Transport schützen. Er konnte freilich auch fehlen, wie Schöne selbst sagt; aber jedenfalls darf man aus dem Fehlen bei dem Instrument des Irvreaer Grabmonuments nicht darauf schließen, daß auch an dem bei Pfünz gefundenen Instrument der Rahmen nicht vorhanden gewesen sei.

Hammer.

Über eine Methode zur mechanischen Auswertung der hyperbolisch-trigonometrischen Funktionen.

Von T. H. Biakesioy. *Phil. Mag.* 4. S. 238. 1902.

Der Verf. beschreibt eine Methode, welche die mechanische Auswertung der hyperbolisch-trigonometrischen Funktionen mit Hilfe eines einfachen kurvimeterähnlichen Instruments gestattet. Es besteht aus einem geteilten, um den festen Pol O drehbaren und durch ihn verschiebbaren Radiusvektor ρ , dessen Ende in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise mit einem um ihn als Achse drehbaren Meßrädchen versehen ist. Wird der Berührungspunkt P des letzteren mit der Zeichenebene längs eines geteilten geradlinigen Maßstabs verschoben, so ist, wenn θ die Ablesung am Meßrädchen, ρ die am Radiusvektor, s die am Maßstab, gerechnet vom Fußpunkt des Poles, bedeutet,

$$\rho = \rho_0 \cosh \theta \qquad s = \rho_0 \sinh \theta,$$

unter ρ_0 den Anfangswert von ρ verstanden. Auf diese leicht herzuleitenden Relationen gründet sich der Gebrauch des Instruments.

Es ist vielleicht nützlich, darauf hinzuweisen, daß die Einfachheit des Instruments eine weit ausgedehntere Verwendung gestattet, als der Verf. demselben zuerteilt. Es ist klar, daß man das Instrument zur Auswertung jeder beliebigen Funktion benutzen kann, wofür nur die Gleitkurve des Meßrädchens (im Falle der vorliegenden Arbeit des Verf. eine Gerade) passend gewählt wird; denn ist $\rho = \rho(\varphi)$ ihre Gleichung in Polarkoordinaten, so läßt sich ihr

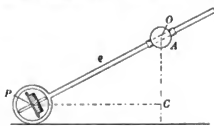


Fig. 1.

Bogenelement $ds = \sqrt{d\rho^2 + \rho^2 d\varphi^2}$ stets in der Art in die beiden rechtwinkligen Komponenten $d\rho$ und $d\theta$ zerlegen, daß

$$d\theta = \rho d\varphi$$

ist. Die mittels des Instruments auszuwertende Funktion ist also durch das Integral

$$\theta = \int_0^{\varphi} \rho d\varphi = \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{d\rho}{d\varphi} d\rho$$

dargestellt.

Im besonderen sei die Kurve ein Kreis mit dem Mittelpunkt M und dem Radius 1 (Fig. 2); wenn dann $OM = k$ gesetzt wird, so ist

$$\rho = k \cos \varphi \pm \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi},$$

wo das doppelte Vorzeichen der Tatsache entspricht, daß zu jedem Wert von φ zwei Punkte P_1 und P_2 des Kreises gehören. Die Angabe des Meßrädchens, vom Punkte $\varphi = 0$ aus gerechnet, wird daher

$$\theta = k \sin \varphi \pm \int_0^{\varphi} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi} \cdot d\varphi.$$

Das Integral auf der rechten Seite dieser Gleichung ist aber das bekannte elliptische Integral zweiter Gattung, welches die Quadratur der Ellipse bewirkt, auch sonst in physi-

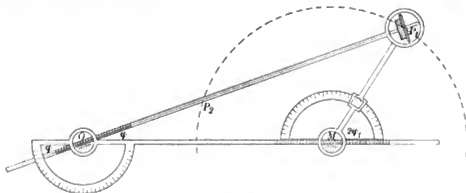


Fig. 2.

kalischen Anwendungen gebraucht wird und seit Legendre mit $E(\varphi, k)$ bezeichnet wird. Sind θ_1 und θ_2 die beiden, den Punkten P_1 und P_2 entsprechenden Werte von θ , so ist also

$$\frac{1}{2} (\theta_1 + \theta_2) = k \sin \varphi$$

$$\frac{1}{2} (\theta_1 - \theta_2) = E(\varphi, k).$$

Wird demnach am Instrument eine transportartige Vorrichtung mit Alhidade angebracht, um die Winkel φ zu messen (vgl. Fig. 2), so dient es zur Auswertung der Funktionen $\sin \varphi$, $\cos \varphi = \sin(90^\circ - \varphi)$ (für $k = 1$, d. h. wenn O auf die Peripherie des Kreises um M fällt) und $E(\varphi, k)$. Das ebenfalls häufig gebrauchte elliptische Integral erster Gattung

$$F(\varphi, k) = \int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}}$$

findet man nach der aus den obigen Relationen leicht abzuleitenden Formel

$$2F(\psi, k') = (1+k) \cdot E(\psi, k') - i\theta,$$

wo $k' = \frac{1-k}{1+k}$, $\sin \psi = \frac{\sin \varphi_1}{\sin(\varphi - \varphi_1)}$ gesetzt ist, und $2\varphi_1$ den Winkel bezeichnet, den der Radius MP mit der Richtung OM einschließt. $F(\psi, k')$ ist also durch wiederholte Messungen mit dem Instrument auszuwerten. Auf den Zusammenhang dieser Relation mit der bekannten Landenschen Transformation und auf weitere, die mechanische Auswertung der elliptischen Funktionen betreffende Folgerungen einzugehen, ist hier nicht der Ort.

Die Meßgenauigkeit würde, da das Instrument den Kurvimetern ähnlich konstruiert werden kann, nicht geringer sein als bei diesen.

Rt.

Einige Versuche mit der Salvionischen Mikrowage.

Von J. Giesen. *Ann. d. Physik* 10, S. 830. 1903.

Die Salvionische Mikrowage¹⁾ wird vom Verf. der vorliegenden Mitteilung wie folgt beschrieben:

„Die von Prof. Salvioni erfundene und benutzte Wage bestand aus einem feinen Glasfaden, den er an einem Ende festklemmte, während auf das andere mittels Siegelack eine dünne Nadelspitze aufgeklebt war. Auf dieser ruhte ein Platinhäkchen, an das die zu bestimmenden Gewichte gehängt wurden. Außerdem war nahe dem freien Ende des Fadens ein zweiter aufgeklittet, der mehrfach gebogen war und einen Spinnwebfaden trug. Die Anordnung wird am besten durch Fig. 1 klar. c ist die Ansatzstelle der Nadelspitze, b die des zweiten Fadens, s ist der Spinnwebfaden. Die Verbiegungen waren nirgends derart, daß der Faden aus der Ebene der Zeichnung heraustrat.“



Fig. 1.

Wurde nun ein Gewicht an den Platinhaken gehängt, so senkte sich der Spinnwebfaden. Seine Verschiebungen wurden mit einem mit Mikrometerokular versehenen Mikroskop beobachtet und gemessen.

Diese Wage wurde in einen luftdicht verschließbaren Glaskasten gebracht, in dessen eine Wand das Mikroskop eingelassen war. Durch einen komplizierten Mechanismus wurde der Spinnwebfaden von außen in das Gesichtsfeld des Mikroskopes gebracht. Ebenso wurden die Gewichte, die sich in dem Glaskasten befanden, von außen an die Wage gehängt.“

Verf. hat an dieser Salvionischen Anordnung einige unwesentliche Veränderungen vorgenommen, von denen folgende genannt sein mögen. Die erste bestand darin, das Mikroskop außerhalb des Wagekastens beweglich aufzubauen, sodaß der komplizierte Mechanismus zur Orientierung des Spinnwebfadens in die Visierichtung des Mikroskops überflüssig wurde. Ferner bog Verf. den oberen Glasfaden bei a senkrecht um, sodaß jetzt das Mikroskop in Richtung des Wageglasfadens, statt senkrecht dazu, aufgestellt werden konnte. Endlich dichtete er den Wagekasten derart ab, daß er ihn durch ein seitlich angebrachtes Loch mittels einer Quecksilberpumpe luftleer machen konnte.

Mit seiner Wage hat Verf. nach drei Richtungen hin Versuche angestellt:

1. *Spezifisches Gewicht der Gase.* Eine Glaskugel von 2 cm Durchmesser und 0,2 g Gewicht wurde mit verschiedenen Gasen O, CO₂, N (chemisch rein und aus der Luft erhalten) im Vergleich mit trockner Luft gewogen. Es ergaben sich dann Werte, welche den bekannten Konstanten nahe lagen.

2. *Wasserschichten auf Glas und einigen Metallen.* Es wurden im wesentlichen die Versuche von Warburg und Ihmori wiederholt und bestätigt gefunden. Statt einer Glaskugel wurde ein feines Glashäutchen an die Wage gehängt und der ganze Wagekasten abwechselnd

¹⁾ E. Salvioni, *Misura di masse comprese fra $g \cdot 10^{-1}$ e $g \cdot 10^{-6}$* . Messina 1901.

luftleer gepumpt und mit einem mit Wasser gefüllten Gefäße verbunden. Die Wasserschichten, die sich auf dem Wageglasfaden bildeten, wurden durch einen eigenen Versuch gesondert bestimmt und in Rechnung gesetzt. Metalle zeigten ähnliche Adsorptionserscheinungen wie Glas, wenn auch in geringerem Maße.

3. *Adsorption der Gase durch Kohle.* An einem erbsengroßen Stücke von Buchsbaumholzkohle wurde der zeitliche Verlauf der Adsorption von Luft, Kohlensäure, Ammoniak und schwefliger Säure ermittelt. Die Resultate sind z. T. graphisch dargestellt und mögen im Original nachgelesen werden.

Es ist nicht zu leugnen, daß die Salvionische Mikrowage, sei es in ihrer ursprünglichen, sei es in der Form, wie sie der Verf. der vorliegenden Mitteilung angibt, ein bequemes Mittel zum Wägen kleiner Substanzmengen darstellt, vorausgesetzt daß es möglich ist, den elastischen Nachwirkungen des Glasfadens in genügender Weise Rechnung zu tragen. Es darf dabei nicht unerwähnt bleiben, daß die Salvionische Mikrowage nicht neu ist; ein ähnliches, aber besseres Prinzip liegt bereits einer von H. Hertz¹⁾ beschriebenen Vorrichtung (*Verhandl. d. physikal. Gesellsch. zu Berlin* 1. S. 18. 1882; Referat in *dieser Zeitschr.* 2. S. 185. 1882) zugrunde. Hertz bestimmt nämlich die absolute Feuchtigkeit aus der Gewichtsänderung, welche ein mit Chlorkalziumlösung getränktes Stückchen Seidenpapier von 1 *qcm* Oberfläche durch Aufnahme oder Abgabe von Feuchtigkeit aus der umgebenden Luft erleidet. „Dasselbe war an einem ca. 10 *cm* langen Hebelarm (Glasfaden) befestigt, der seinerseits auf einem sehr dünnen, horizontal gespannten Silberdraht saß, dergestalt, daß das Ganze eine sehr empfindliche Torsionswaage bildete.“ Diese Vorrichtung kann also, eben weil sie eine Torsionswaage ist, leicht von den elastischen Eigenschaften des Glasfadens unabhängig gemacht werden, während bei der Salvionischen Mikrowage gerade die elastischen Eigenschaften in unkontrollierbarer Weise eingehen.

Die Giesensche Mitteilung enthält leider keine systematische Untersuchung über die Genauigkeit, welche die Mikrowage zu erreichen gestattet; die Mitteilung, daß ihre Empfindlichkeit leicht so weit zu treiben sei, daß man 0,001 *mg* wiegen könne, kaum nach dieser Richtung hin nicht als befriedigend angesehen werden.

Im Anfang seiner Veröffentlichung sagt der Verf.:

„Die besten Wagen gestatten bei einer Belastung von 1 *kg* noch 0,1 bis 0,01 *mg* zu wiegen, d. h. eine Größe bis auf ein Zehnmillionstel ihres Betrages zu bestimmen. . . . Das Verhältnis ändert sich aber, wenn wir nicht 1 *kg*, sondern 1 *g* oder noch kleinere Gewichte zu bestimmen haben; da die erreichbare Grenze von 0,1 *mg* bestehen bleibt, sinkt die relative Empfindlichkeit mit dem Gewichte, und für die Wägung von 1 *mg* ist die Waage ein außerordentlich unempfindliches Instrument.“

Diese Behauptung entspricht bekanntlich in keiner Weise den tatsächlichen Verhältnissen und ist wohl nur auf mangelnde Erfahrung des Verf. zurückzuführen. Zum Beweise dessen sei u. a.²⁾ auf eine von P. Stückrath in Friedenau bei Berlin gebaute kurzarmige Waage für kleine Belastungen hingewiesen, welche seit etwa 20 Jahren in mehreren Exemplaren, so in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, in der Normal-Eichungs-Kommission, sowie im *Bureau international des Poids et Mesures* bei Paris in Benutzung ist. Eine eingehende Beschreibung dieser Waage ist von Loewenherz im „Bericht über die Wissenschaftlichen Instrumente auf der Berliner Gewerbeausstellung 1879“ S. 192 (Verlag von

¹⁾ Es bietet Interesse zu konstatieren, daß die kürzlich von Nernst beschriebene Waage zur Wägung kleiner Substanzmengen (*Zeitschr. f. Elektrochemie* 9. S. 623. 1903; *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* 36. S. 2086. 1903) sich von der Hertz'schen Waage nur unwesentlich, nämlich nur durch den Ersatz des Silberdrahtes durch einen Quarzfaden, unterscheidet. Die Hertz'sche Konstruktion scheint also s. Z. wenig Beachtung gefunden zu haben.

²⁾ Die bloße Einsichtnahme in Kataloge der größeren Firmen, welche sich mit dem Bau feiner Wagen beschäftigen, hätte den Verf. belehrt, daß seine Behauptung unhaltbar ist. Beispielsweise enthält das Preisverzeichnis von P. Bunge in Hamburg eine Waage für 20 *g* Belastung, die für 0,01 *mg* 1 Skalenteil Ausschlag gibt.

Julius Springer, Berlin) gegeben. Ein kurzer Hinweis findet sich auch in dem „Sonderkatalog der Deutschen Kollektivausstellung für Mechanik und Optik auf der Weltausstellung in Paris 1900“ S. 19, welchem die hier wiedergegebene Abbildung (Fig. 2) entnommen ist. Als besondere Eigentümlichkeit besitzt diese Wage ein überaus leichtes schwingendes System (nur etwa 5 g) aus Aluminium; ferner sind die Mittel- und die Endschnitten durch je zwei Achat-Spitzen ersetzt, welche nach Lösung der Arretierung auf ebenen Achatpfannen aufsitzen.

Als Beispiel einer Wägung mit dieser Wage sei die vom Ref. gelegentlich ausgeführte Ausgleichung einer aus den Stücken 100 mg, 200 mg, 300 mg, 400 mg, 500 mg bestehenden Dekade mit Anschluß an die nächst höhere Einheit (1000 mg) hier wiedergegeben. Die zwölf möglichen Wägungen ergaben folgende Einzelresultate, denen die berechneten Differenzen auf Grund der nach der Methode der kleinsten Quadrate gefundenen fünf Unbekannten und die übrigbleibenden Fehler zugefügt sind.

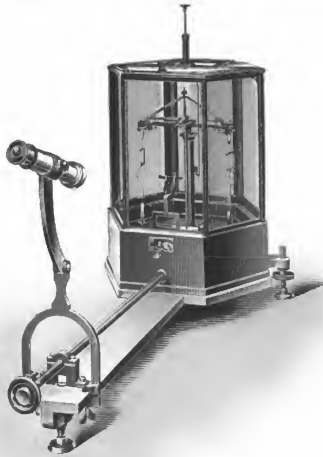


Fig. 2.

	Beobachtet	Berechnet	Beobachtung minus Rechnung in 0,0001 mg
$(500) + (400) + (200) - (1000) - (100) = + 0,1165 \text{ mg}$	$+ 0,1165 \text{ mg}$	$+ 0,1160 \text{ mg}$	$+ 5$
$(500) + (400) + (300) - (1000) - (200) = + 0,1547 \text{ „}$	$+ 0,1547 \text{ „}$	$+ 0,1557 \text{ „}$	$- 10$
$(400) + (300) + (200) + (100) - (1000) = + 0,2166 \text{ „}$	$+ 0,2166 \text{ „}$	$+ 0,2173 \text{ „}$	$- 7$
$(500) + (400) + (100) - (1000) = + 0,1445 \text{ „}$	$+ 0,1445 \text{ „}$	$+ 0,1430 \text{ „}$	$+ 15$
$(500) + (300) + (200) - (1000) = + 0,1518 \text{ „}$	$+ 0,1518 \text{ „}$	$+ 0,1521 \text{ „}$	$- 3$
$(500) + (200) - (400) - (300) = - 0,0770 \text{ „}$	$- 0,0770 \text{ „}$	$- 0,0779 \text{ „}$	$+ 9$
$(500) + (100) - (400) - (200) = - 0,0379 \text{ „}$	$- 0,0379 \text{ „}$	$- 0,0382 \text{ „}$	$+ 3$
$(500) - (400) - (100) = - 0,0655 \text{ „}$	$- 0,0655 \text{ „}$	$- 0,0652 \text{ „}$	$- 3$
$(500) - (300) - (200) = - 0,0757 \text{ „}$	$- 0,0757 \text{ „}$	$- 0,0743 \text{ „}$	$- 14$
$(400) + (100) - (300) - (200) = - 0,0081 \text{ „}$	$- 0,0081 \text{ „}$	$- 0,0091 \text{ „}$	$+ 7$
$(400) - (300) - (100) = - 0,0365 \text{ „}$	$- 0,0365 \text{ „}$	$- 0,0361 \text{ „}$	$- 4$
$(300) - (200) - (100) = + 0,0144 \text{ „}$	$+ 0,0144 \text{ „}$	$+ 0,0127 \text{ „}$	$+ 17$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} (500) &= 0,5 \cdot (1000) + 0,0389 \text{ mg} \\ (400) &= 0,4 \cdot (1000) + 0,0732 \text{ „} \\ (300) &= 0,3 \cdot (1000) + 0,0784 \text{ „} \\ (200) &= 0,2 \cdot (1000) + 0,0348 \text{ „} \\ (100) &= 0,1 \cdot (1000) + 0,0309 \text{ „} \end{aligned}$$

Die übrigbleibenden Fehler lassen erkennen, daß bei den Wägungen eine Genauigkeit von wenigen zehntausendstel Milligramm, oder, da die Wage eine Belastung bis zu 5 g verträgt, die von Giesens bestrittene Genauigkeit in der Bestimmung einer Größe bis auf 1 Zehn-

millionstel ihres Betrages selbst bei kleinen Belastungen tatsächlich erreicht ist. Mit wenigen zehntausendstel Milligramm dürfte man aber auch schon bei derjenigen Grenze angekommen sein, bis zu welcher man überhaupt noch von einer Konstanz von Massenteilen selbst während kürzerer Zeitintervalle im Hinblick auf Oxydations-, Adsorptions- und Absorptionsvorgänge u. dgl. praktisch noch sprechen kann. Ein Versuch, die Genauigkeit von Wägungen noch weiter zu treiben, dürfte also, ganz abgesehen davon, daß die Salvionische Mikrowage noch nicht einmal an die Stückrathsche Balkenwaage heranreicht, vollständig zwecklos sein.

Schl.

Ferromagnetische Eigenschaften von Legierungen unmagnetischer Metalle.

Von Fr. Heusler und — unter Mitwirkung von F. Richarz — von W. Starck und E. Haupt. Marburg, N. G. Elwert 1904.

Die interessante Entdeckung, welche in gewissem Sinne berufen zu sein scheint, die bisherige Kluft zwischen den para- und ferromagnetischen Körpern zu überbrücken und in bezug auf die Frage nach dem Wesen des Magnetismus neue Ausblicke zu eröffnen, verdanken wir allerdings zunächst einem Zufall: Hr. Heusler bemerkte, als er in der Isabellenhütte zu Dillenburg mit der Untersuchung von Manganbronzen beschäftigt war, daß eine Legierung von Mangan, Zinn und Kupfer an einem zufällig magnetisch gewordenen Werkzeuge haften blieb. Diese eigentümliche Erscheinung war der Ausgangspunkt von eingehenden Untersuchungen, deren Ergebnisse in der vorliegenden Abhandlung enthalten sind.

Zunächst wurde festgestellt, daß die als Grundsubstanz dienende und zu mancherlei technischen Zwecken verwendete Legierung von Kupfer mit 30% Mangan keinerlei ferromagnetische Eigenschaften zeigt, selbst wenn dieselbe bis zu 1,2% mit Eisen verunreinigt war. Diese Eigenschaften mußten also durch die Legierung mit Zinn hervorgerufen worden sein, und es entstand nun die Frage, ob nicht auch andere Substanzen das Gleiche bewirken könnten. Dies war nicht der Fall bei Kohle, Silizium, Phosphor, wohl aber bei Arsen, Antimon, dem diamagnetischen Wismut und in ganz besonderem Maße bei Aluminium, sodaß die weiteren Untersuchungen sich hauptsächlich auf die Mangan-Aluminium-Legierungen erstreckten, umso mehr, als die Legierungen mit Antimon und Wismut sich als schwer bearbeitbar erwiesen. Es ergab sich, daß der relativ größte Effekt erzielt wurde, wenn auf ein Atom Mangan ein Atom Aluminium, d. h. rund die Hälfte des Mangangewichts, zugesetzt wurde, und daß die Magnetisierbarkeit der Kupferlegierung mit wachsendem Gehalt an Mn Al beträchtlich zunahm, wie die folgenden Zahlen zeigen:

28,8% Mn Al	$\phi = 100$	$\mathfrak{B} = 3200$
36,6 - "	- "	- 4650
39,7 - "	- "	- 5300.

Bei noch höherem Prozentgehalt wurde das Material zu hart und spröde.

Kleinere Zusätze von anderen Metallen schaden meist nur wenig, ja, der Zusatz von etwas Blei brachte noch eine wesentliche Verbesserung; es stieg nämlich bei einer 36,1%-igen Mn Al-Legierung durch Einführung von etwas Blei die Induktion bei der Feldstärke 150 von 5600 auf 6500, während die günstigste Legierung mit Manganzinn (3 Atome Mangan auf 1 Atom Zinn) für dieselbe Feldstärke nur eine Induktion von etwa 1500 ergeben hatte.

Aber auch der Einfluß der Erwärmung erwies sich als ungemein wichtig. Zunächst zeigte es sich, daß jede derartige Legierung ebenso wie die uns bisher bekannten ferromagnetischen Metalle eine Umwandlungstemperatur besitzt, deren Überschreitung das Material unmagnetisch macht, und zwar liegt diese Temperatur im allgemeinen um so höher, je größer der Prozentgehalt an Mn Al ist, bei 39% beispielsweise noch über 300°. Diese Umwandlungstemperatur wird besonders stark herabgesetzt durch fremde Zusätze: ein geringer Bleizusatz setzt die Umwandlungstemperatur einer 24%-igen Mn Al-Legierung von 160° auf 60° bis 70° herab. Die Eigentümlichkeit, daß gerade bei dieser Legierung der Magnetismus bei abnehmender Temperatur sofort wieder auftritt, macht dieselbe besonders geeignet zu einem Vorlesungsversuch, da schon die Erhitzung eines Stückchens dieser Legierung in

einem Reagenzglaschen voll Wasser genügt, um die Einwirkung auf die Magnetnadel zu beseitigen, während die Einwirkung beim Abkühlen des Gläschens sofort wieder erscheint.

Bei einer durch Überhitzung verdorbenen Legierung kann man ferner wenigstens einen Teil der Magnetisierbarkeit wieder hervorrufen durch dauernde Erwärmung auf mäßige Temperatur, die auch die Magnetisierbarkeit von frisch bereiteten, nicht verdorbenen Legierungen ganz beträchtlich erhöht. Als günstigste Temperatur wurde die Siedetemperatur des Toluols (110°) festgestellt; die hier angegebenen Magnetisierungswerte beziehen sich sämtlich auf derartig verbesserte Legierungen.

Die den chemischen Untersuchungen parallel laufenden magnetischen Messungen wurden zunächst nach der magnetometrischen Methode an Stäben ausgeführt, die in einigen Fällen zum Ellipsoid abgedreht wurden, teilweise auch mit der magnetischen Wage von du Bois. In der folgenden Tabelle sind der besseren Übersicht halber einige Beobachtungsergebnisse von einer Legierung aus 58,9% Cu, 26,5% Mn und 14,6% Al zusammengestellt mit entsprechenden, in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gewonnenen Beobachtungsdaten für ungeglühtes und ausgeglühtes Gußeisen. Hierin bedeutet \oint die Feldstärke, \mathfrak{B} die Induktion, $\mu = \mathfrak{B}:\oint$ die Permeabilität, C die Koerzitivkraft, R die Remanenz und η den Steinmetzschens Koeffizienten, der mit der Energievergeudung E beim Ummagnetisieren verbunden ist durch die (nur angenähert richtige) Beziehung $E = \eta \cdot \mathfrak{B}^{1,6}$.

Manganlegierung			Gußeisen (ungeglüht)			Gußeisen (geglüht)		
\oint	\mathfrak{B}	μ	\oint	\mathfrak{B}	μ	\oint	\mathfrak{B}	μ
1,6	1140	700	2,9	170	60	2,6	1250	480
3,3	2280	690						
4,9	2780	570	5,1	560	110	5,5	3770	680
			15,8	2930	190	15,6	6000	390
18,3	4470	240						
27,6	4660	170	28,6	4960	170	27,9	6900	250
56,8	5150	90	61,2	7220	120	61,4	8310	140
147,0	5550	40	154,5	9920	60	155,0	10350	70
$R = 1700$			$R = 4400$			$R = 5200$		
$C = 2$			$C = 11,8$			$CK = 4,4$		
$\eta = 0,0055$			$\eta = 0,013_1$			$\eta = 0,0057$		

Hierbei ist zu bemerken, daß die Werte von R , C und η in der ersten Kolonne eigentlich zu einer etwas anders zusammengesetzten Legierung gehören, sie gestatten aber wenigstens der Größenordnung nach einen Vergleich. Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Magnetisierungs- und Hysteresiskurve der neuen Legierung ihrem ganzen Charakter nach angenähert derjenigen des ausgeglühten Gußeisens entspricht, wenigstens für niedrige Feldstärken, während allerdings für die höheren Feldstärken die Permeabilität μ wesentlich unter derjenigen des Gußeisens bleibt.

Hiermit ist aber auch eigentlich schon die Frage nach der technischen Verwendbarkeit des neuen Materials beantwortet. Die Eisenindustrie hat in den letzten Jahren in Bezug auf die Herstellung von Eisensorten mit hoher Permeabilität und geringem Hysteresisverlust sehr bedeutende Fortschritte gemacht — sind doch Stahlgußarten mit einer maximalen Permeabilität von 4000 bis 6000 und einem η von 0,0014 keine Seltenheit mehr — und wo die Technik auch heute noch gewöhnliches Gußeisen verwendet, da geschieht es lediglich aus pekuniären Gründen; die technische Verwendung des so viel kostspieligeren, dabei magnetisch noch minderwertigeren Materials wird sich also bis auf weiteres von selbst verbieten. Nun hat allerdings die neue Legierung noch den Vorzug eines sehr hohen spezifischen Widerstands, der bei den hochprozentigen Sorten ungefähr dem des Mangans (0,4 Ohm pro m/mm^2) gleichkommt, was bekanntlich für manche Zwecke sehr erwünscht ist, da hierdurch bei Transformatoren u. s. w. der Wirbelstrom-Verlust beträchtlich reduziert wird; aber auch

nach dieser Richtung hin wird die Legierung von verschiedenen neuen, hoch magnetisierbaren Stahlgußorten bereits übertroffen. Somit überwiegt fürs erste in Bezug auf das neue Material weitaus das rein wissenschaftliche Interesse.

Es mögen nun noch der Vollständigkeit halber zwei Punkte erwähnt werden, auf welche der Erfinder selbst hinweist, nämlich, daß bekanntlich die molekulare Suszeptibilität gewisser Mangansalze derjenigen der Eisensalze vollkommen gleichkommt; beispielsweise beträgt nach neueren Messungen die molekulare Suszeptibilität von Mangansulfat 0,01514, von Ferrisulfat 0,01515. Sodann, daß Hogg bereits vor Jahren (*Brit. Assoc.*, Edinburg 1892) durch Zusammenschmelzen von 25 kg Ferromangan (82% Mn) mit 2,8 kg Aluminium eine Legierung erzielte, deren Magnetisierbarkeit nicht wesentlich geringer war, als diejenige des reinen Eisens, während schon ein Gehalt von 12% Mn oder 20% Al für sich allein genügen würde, das Eisen unmagnetisch zu machen. Es ist somit die gelegentliche Beobachtung von Hogg, die wenig Beachtung fand und auch Heusler erst nachträglich bekannt wurde, als direkter Vorläufer der Heuslerschen Entdeckung zu betrachten, die dadurch natürlich nichts an Wert und allgemeinem Interesse einbüßt.

Glech.

Neu erschienene Bücher.

E. Abbe, Gesammelte Abhandlungen. I. Bd. Abhandlungen üb. d. Theorie des Mikroskops. gr. 8°. VIII, 486 S. m. 2 Taf., 29 Fig. im Text u. 1 Portr. d. Verfassers. Jena, G. Fischer 1904. 9,00 M.; geb. 10,00 M.

Dieser Band enthält 22 Abhandlungen aus den Jahren 1870—1890, die meisten bis 1882, darunter 9 aus dem Englischen übersetzt, welche Arbeit von Abbes Schülern Ambronn, Czapski, A. König und v. Rohr in sorgfältigster Weise besorgt wurde. Abbe hat nur gelegentlich publiziert; seine unermüdliche Schaffenskraft und der Reichtum seiner Ideen drängte ihn häufig von der ihm selbst stets bewußten Pflicht ab, die Resultate des geistigen Schaffens der Mitwelt zu vermitteln, und so bilden die vorliegenden Arbeiten nur ein unvollkommenes Bild von den Leistungen seines Genies. Aber dankbar erkennen wir an, was die Schüler pietätvoll ihrem Meister und uns gesammelt haben, und freuen uns, daß in weiteren Bänden unveröffentlichte Arbeiten, sowie die Vorträge und Reden des weitblickenden, erfolgreichen Sozialreformers zum Abdruck gelangen sollen. Abbes Bild aus dem Jahre 1884, das den vornehm ausgestatteten Band ziert, wird seinen Verehrern eine willkommene Gabe sein.

S. Finsterwalder.

Theorie der optischen Instrumente. Bearb. v. wissenschaftl. Mitarbeitern an der optischen Werkstätte v. C. Zeiß. I. Bd. gr. 8°. Berlin, J. Springer.

1. Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometr. Optik. Bearb. v. P. Culmann, S. Czapski, A. König, F. Löwe, M. v. Rohr, H. Siedentopf, E. Wandersleb. Hrsg. v. M. v. Rohr. XXII, 587 S. m. 133 Abb. im Text. 1904. 18,00 M.

Zu der nicht geringen Zahl wertvoller Veröffentlichungen aus dem Gebiete der geometrischen Optik, die uns das letzte Jahrzehnt bescherte, ist ein neues umfangreiches Werk gekommen, das dem genialsten und erfolgreichsten Optiker der Gegenwart, Ernst Abbe, gewidmet ist. Aber nicht nur äußerlich trägt es den Stempel dieses Meisters, es ist auch von seinem Geiste voll durchtränkt. Staunend betrachten wir die Fülle des Gebotenen, das aber immerhin nur einen Teil des Arbeitsgebietes Abbes und nicht einmal jenen, der seinen Namen am bekanntesten gemacht hat. unfaßt. Die Physiker arbeiten nun einmal in dem großen Bergwerk des Naturerkennens mit Vorliebe vor Ort; was dort erschlossen wird, steht hoch im Preise und wird mit dem Ruhm des Entdeckers belohnt, die Förder- und Aufbereitungarbeit gilt als minderwertig und lohnt sich schlecht mit idealer Münze. Aufbereitungarbeit wird uns nun auch in dem vorliegenden Buch geboten, sie verdient aber

umso mehr Anerkennung, als sie nicht nur wertvolle Produkte liefert, sondern auch ein nicht gewöhnliches Maß von Hingebung und Scharfsinn voraussetzt.

Das Buch entstand aus der Herstellung einer zweiten Auflage von Czapskis „Theorie der optischen Instrumente nach Abbe“. Die sieben Bearbeiter sammelten dabei soviel Material, daß der Rahmen des früheren Buches zu eng wurde und eine monographische Behandlung der einzelnen Gebiete durch die berufensten Vertreter des Zeißwerkes angezeigt erschien. Haben auch alle Mitarbeiter ihr Gebiet in der vorliegenden Darstellung kräftig gefördert, so sind doch die Herren König und v. Rohr am erfolgreichsten gewesen und haben in den Kapiteln V (Theorie der sphärischen Aberrationen von A. König und v. Rohr), VI (Theorie der chromatischen Aberrationen von A. König), VII (Die Berechnung optischer Systeme von A. König) und IX (Die Strahlenbegrenzung in optischen Systemen von v. Rohr) am meisten Neues gebracht. Auch nur das Wichtigere davon zu erwähnen, würde hier zu weit führen, ich beschränke mich auf einiges aus Kapitel V. Hier interessiert am meisten die Ableitung der von der zweiten Potenz des Öffnungswinkels abhängigen Aberrationen außerachsialer Punkte, nämlich der Fehler der Koma für *endliche* Strahlenneigungen. Mit Hilfe von Abbes Methode der optischen Invarianten und Anwendung infinitesimal-geometrischer Betrachtungen wird hier nicht nur die Bedingung für die Aufhebung der Koma im engeren Sinne, das heißt jenes in der Meridianebene gelegenen Stückes der Diakaustik aufgestellt, sondern es werden hier zum ersten Male die beiden anderen Glieder zweiter Ordnung, die sich außerhalb der Meridianebene bemerklich machen, berücksichtigt und als Rinnen- und Dreiecksfehler gekennzeichnet. Erst die Vernichtung dieser drei Glieder beseitigt die Koma vollständig und läßt den reinen Astigmatismus des Bündels der gebrochenen Strahlen hervortreten. Die angewandten Methoden lassen sogar noch eine Berechnung der von der dritten Potenz des Öffnungswinkels abhängigen Aberrationen (bei *endlicher* Neigung der Hauptachsen), deren es vier gibt, zu. Hervorzuheben ist noch als besonders erfreulich der Umstand, daß nicht nur die Resultate eigener Überlegungen und Rechnungen Platz finden, sondern ältere und neuere Autoren ausgiebig herangezogen werden. So finden wir die Seidelsche Theorie der Aberrationen 3. Ordnung für kleine Neigungen der Hauptachsen in der Kerberschen Ableitung aber auch noch ihre Ausdehnung auf den Fall brechender Rotationsflächen mit gemeinsamer Achse.

Einen besonderen Reiz gewähren die zahlreich eingestreuten historischen Notizen, welche der Herausgeber Hr. v. Rohr mit sichtlichster Liebe zusammengestellt hat. Ihm gebührt jedenfalls auch das Hauptverdienst an der Einheitlichkeit der Darstellung und Bezeichnung, der guten Anordnung der Formeln und dem fehlerfreien Druck. Ein ausführliches Verzeichnis der Abkürzungen, ein reiches Sachregister und ein Autorenregister mit vollständigen Zitaten der benutzten Arbeiten erhöhen die Brauchbarkeit des Werkes, dessen äußere Ausstattung durch den Verlag musterergütig ist.

Mit nicht geringen Erwartungen kann man der Fortsetzung der Theorie der optischen Instrumente entgegensehen, in welcher die Anwendung der im vorliegenden Bande entwickelten Lehren auf die praktischen Fälle ihren Platz finden soll. Möge sie gleich dem jetzt Gebotenen ein rühmenswertes Denkmal des Hochstandes deutscher Optik, wie er in der Zeißschen Werkstätte verkörpert ist, darstellen.

S. Finsterwalder.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 140 u. 142. 8°. Leipzig, W. Engelmann. Kart.

140. M. Faraday, Experimentaluntersuchungen üb. Elektrizität. Aus den *Phil. Trans. f. 1846, 1849 u. 1850*. Hrsg. v. A. J. v. Oettingen. XX. bis XXIII. Reihe. 174 S. m. 11 Fig. 1903. 3,00 M. — 142. W. Weber u. R. Kohlrausch, Fünf Abhandlungen üb. absolute elektr. Strom- u. Widerstandsmessung. Hrsg. v. F. Kohlrausch. 116 S. m. 2 Bildnissen u. 2 Fig. 1904. 1,80 M.

J. Ljznar, Die barometrische Höhenmessung. Mit 9 Taf., welche den Höhenunterschied ohne Zuhülfenahme v. Logarithmentafeln zu berechnen gestatten. gr. 8°. III, 48 S. m. Fig. Wien, F. Deuticke 1904. 2,00 M.

- P. Walden**, Wilhelm Ostwald. gr. 8°. VII, 190 S. m. 2 Heliogravüren u. 1 Bibliographie. Leipzig, W. Engelmann 1904. 4,00 M.
- Handbuch der Elektrotechnik**, hrsg. v. Prof. Dr. C. Heinke. I. Bd. 2. Abtlig. Lex. 8°. Leipzig, S. Hirzel.
- I, 2. C. Heinke u. H. Ebert, Die Elektrophysik u. die Theorie des Elektromagnetismus. 2. Abtlig. XX, 648 S. m. 355 Abbildgn. 1904. 20,00 M. — (2 und 3 in 1 Leinw.-Bd.: 25,00 M.).
- Jellinek** Psychrometer-Tafeln, erweitert u. vermehrt v. J. Hann, neu hrsg. u. mit Hygrometer-Tafeln versehen v. J. M. Pernter. 5. erweit. Aufl. gr. 4°. XIII, 108 S. Leipzig, W. Engelmann 1903. 5,00 M.
- H. C. E. Martus**, Astronomische Erdkunde. Ein Lehrbuch angewandter Mathematik. Große Ausg. mit üb. 100 Fig. im Texte. 3., neu durchgearb. Aufl. gr. 8°. XVI, 473 S. Dresden, C. A. Koch 1904. 9,00 M.; geb. in Halbfrz. 11,00 M.
- S. P. Thompson**, Mehrphasige elektrische Ströme u. Wechselstrommotoren. 2. Aufl. Übersetzt v. K. Strecker u. F. Vesper. Mit 395 in den Text gedr. Abbildgn. u. 15 Taf. 2. bis 10. (Schluß-)Heft. gr. 8°. VIII u. S. 49—546. Halle, W. Knapp 1904. Je 2,00 M.
- J. A. Fleming**, *Handbook for Electrical Laboratory and Testing Room*. Bd. II. 8°. 630 S. m. Fig. London 1903. Geb. in Leinw. 14,50 M.
- W. G. Hooper**, *Ether and Gravitation*. roy.-8°. 372 S. London 1903. Geb. in Leinw. 12,80 M.
- Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1904**. 12°. IV, 819 S. m. Fig. Paris 1904. 1,50 M. Cont.: Bouquet de la Grye, *Note sur la Conférence géodésique internationale tenue à Copenhague en août 1903*. — P. Hatt, *Explication élémentaire des Marées*. etc.
- Th. Ferguson**, *Automatic Surveying Instruments and their practical uses on land and water*. With an introduction by E. Hamner. schmal-8°. XII u. 87 S. m. Illustrat. 3,00 M.
- J. Bosscha**, *Leerboek der Natuurkunde en van hare voornaamste toepassingen*. Bd. V: *Magneetkracht en Electriciteit*. Tl. 1, bearb. von C. H. Wind. gr. 8°. XII, 396 S. m. 241 Fig. 10,50 M.
- J. F. Chamberlain**, *Field and Laboratory Exercises in Physical Geography*. 4°. 128 S. m. Illustrat. New York 1903. 2,50 M.
- E. Collignon**, *Traité de Mécanique*. 4. Ausgabe. Tl. II: *Statique*. 8°. 670 S. m. Fig. Paris 1904. 6,00 M.
- E. Estaunié**, *Traité pratique de Télécommunication électrique: Télégraphie et Téléphonie*. gr. 8°. 670 S. m. 528 Fig. Paris 1903. 16,50 M.
- D. C. Miller**, *Laboratory Physics. Students Manual for Colleges and scientific Schools*. 8°. 403 S. m. Fig. Boston 1903. Geb. in Leinw. 11,00 M.
- C. H. Pope**, *Solar Heat, its practical Applications*. 12°. 160 S. m. 1 Mappe u. Illustrat. Boston 1903. Geb. in Leinw. 5,00 M.
- Sammlung Götschen**. 53., 195., 196., 197., 201. Bdchn. 12°. Leipzig, G. J. Götschen. Geb. in Leinw. je 0,80 M.
53. B. Sporer, *Niedere Analysis*. 2., verb. Aufl. 2. Abdr. 179 S. m. 5 Fig. 1903. — 195. G. Lunge, *Technisch-chemische Analyse*. 128 S. m. 16 Abbildgn. 1904. — 196. J. Herrmann, *Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik*. 1. Tl. Die physikal. Grundlagen. 127 S. m. 47 Fig. 1904. — 197. Dasselbe. 2. Tl. Die Gleichstromtechnik. Kurze Beschreibg. der Gleichstromerzeuger, der Gleichstrommotoren und der Akkumulatoren. 114 S. m. 74 Fig. 1904. — 201. E. Wedekind, *Stereochemie*. 107 S. m. 34 Fig. 1904.
- Atomgewichtstabelle** 1904, hrsg. vom internat. Atomgewichts-Ausschuß. gr. 8°. 3 S. Berlin, R. Friedländer & Sohn in Komm. 0,40 M.
- Teubners Sammlung** v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathemat. Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. XIII. Bd. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.
- XIII. D. Seliwanoff, *Lehrb. d. Differenzenrechng.* VI, 92 S. 1904. Geb. 4,00 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

Juni 1904.

Sechstes Heft.

Über die Nutzbarmachung des Stereo-Komparators für den monokularen Gebrauch und über ein hierfür bestimmtes monokulares Vergleichs-Mikroskop.

Von

Dr. C. Pulfrich in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

Im folgenden werde ich über eine neuerdings von mir am Stereo-Komparator angebrachte Hülfeinrichtung berichten, durch welche die bekannten Vorteile, welche dieser Apparat für den Vergleich von Sternaufnahmen, insonderheit für das *schnelle Auffinden von Plattenfehlern, veränderlichen Sternen, Planetenspuren und Parallaxen* darbietet, auch denjenigen Personen zugänglich werden, welche nicht oder nur unvollkommen stereoskopisch sehen können und daher auf den Gebrauch nur eines Auges angewiesen sind. In der Tat sind diese Vorteile nicht ausschließlich an das stereoskopische Sehen gebunden, und man erhält sehr nahe die gleichen Vorteile auch im monokularen Sehen, sobald man das im folgenden näher beschriebene Verfahren, welches sich im wesentlichen auf eine alte, längst bekannte physiologische Erscheinung gründet, zur Anwendung bringt. Das hierzu dienende Mikroskop läßt sich jederzeit leicht am Stereo-Komparator anbringen. Im übrigen besteht, abgesehen von der verschiedenen Art der Beobachtung im stereoskopischen und im monokularen Sehen, keinerlei Unterschied in der Handhabung des Apparates. Alle am Stereo-Komparator befindlichen Hülfeinrichtungen haben sich auch für die vorliegende neue Art der Verwendung des Apparates als durchaus zweckdienlich erwiesen.

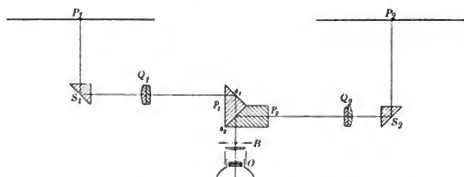
Um einen unmittelbaren monokularen Vergleich zweier Aufnahmen zu ermöglichen, hat man bisher entweder die Platten aufeinander gelegt oder dasselbe Sternbild nacheinander mit einem geringen Abstand der Einzelbilder auf eine und dieselbe Platte photographiert¹⁾. Hierbei stehen aber die miteinander zu vergleichenden Sterne sich und anderen mehr oder weniger im Wege, und es ist nicht immer leicht, diejenigen Objekte herauszufinden, welche nur auf der einen Aufnahme vorhanden sind, und darüber zu entscheiden, welcher Aufnahme das betreffende Objekt angehört. Immerhin bietet eine solche physische Vereinigung der beiden Aufnahmen zu einem Bilde wesentliche Vorzüge gegenüber der Einzelbetrachtung jeder der beiden Platten. Denn man braucht hier nicht mehr, wie dort, das Sternbild dem Gedächtnis ein-

¹⁾ Dieses Verfahren — mehrmalige Aufnahme desselben Sternbildes auf die gleiche Platte mit jedesmal halbjähriger oder vierteljähriger Zwischenzeit und Ausmessung des Abstandes identischer Punkte — ist im letzten Jahrzehnt ganz besonders von Hrn. Kapteyn angewandt und mit bestem Erfolg zu Parallaxenmessungen benutzt worden.

zuprägen, auch die Unbequemlichkeit, welche mit dem Übergang des Auges von einer Platte zur anderen verbunden ist, insonderheit der vom Auge außerordentlich lästig empfundene Wechsel in der Helligkeit und in der Akkommodation kommen ganz in Wegfall.

Aber es ist gar nicht notwendig, wenn man die beiden Platten nur im Bilde vereinigt sehen will, sie auch *physisch* miteinander zu vereinigen, man kann sie auf dem Stereo-Komparator getrennt neben einander liegen lassen und ihre Vereinigung *auf optischem Wege* bewerkstelligen. Man erreicht dann genau dasselbe, wie wenn man die Platten aufeinander legt, bezw. zwei Aufnahmen auf dieselbe Platte bringt, nur mit dem Unterschiede, *dafs die Platten jetzt der getrennten Beobachtung und Behandlung zugänglich bleiben.*

Die optische Vereinigung der beiden Platten kann in verschiedener Weise vorgenommen werden. Als besonders vorteilhaft für die vorliegende Aufgabe habe ich die Anwendung einer *halbdurchsichtigen Silberschicht* (s_2 in nachstehender Figur) gefunden. Die Einrichtung des Mikroskopes ist aus der Figur leicht verständlich.



Strahlengang im monokularen Vergleichs-Mikroskop.

P_1 und P_2 sind die beiden auf dem Stereo-Komparator liegenden Platten, S_1 , S_2 und s_1 sind total reflektierende Glasflächen, Q_1 und Q_2 die Objektive des Mikroskopes, jedes so gelegen, daß die in der Bildflehenebene B des Okulares O zustande kommenden Bilder von P_1 und P_2 unter sich genau gleich groß sind. Bezüglich der zwischen den beiden Glasprismen p_1 und p_2 befindlichen Silberschicht s_2 ist zu verlangen, daß sie die von P_2 kommenden Strahlen in gleicher Intensität reflektiert, wie sie die von P_1 kommenden Strahlen durchläßt, was praktisch keinerlei Schwierigkeit bereitet.

Die Versuche, welche ich mit einem probeweise zusammengestellten Mikroskop dieser Art angestellt habe, haben in jeder Hinsicht gute Resultate ergeben. Der Lichtverlust durch die Silberschicht ist bedeutungslos, er kann durch Wahl eines Objektivs von möglichst großem Öffnungsverhältnis und durch eine entsprechende Steigerung der Helligkeit der Lichtquelle, bezw. durch Einschalten eines Kondensors zwischen der Lichtquelle und der hinter der Platte befindlichen Mattscheibe, nötigenfalls mehr als ausreichend wieder ersetzt werden.

Je nachdem wir nun die eine oder die andere der beiden Objektivöffnungen oder beide — durch hier angebrachte, wegschlagbare Blendscheiben — für die Beobachtung frei geben, sind wir imstande, die Platten einzeln oder beide gleichzeitig zu betrachten. Der Anblick, den die Sternbilder bei Einzelbetrachtung der Platten darbieten, ist genau so wie bei einem einfachen Mikroskop. Betrachtet man die Platten gleichzeitig, so erhält man für den Fall, daß die zusammengehörigen Sternbilder genau zusammenfallen, ebenfalls dunkle Sterne auf hellem Grunde, mit Ausnahme der-

jenigen Objekte, die nur auf einer der beiden Platten vorhanden sind. Letztere sind von einem leichten *Lichtschimmer* überzogen, den auch alle übrigen Sternbilder zeigen, sobald man dieselben nicht vollständig zur Deckung bringt.

Das Auftreten eines solchen Lichtscheines bei sonst genau zusammenfallenden Sternbildern bedeutet an sich schon einen Indikator für die an der betreffenden Stelle vorhandenen Bildverschiedenheiten der beiden Platten. In dieser Hinsicht hat also die optische Vereinigung der beiden Platten einen bemerkenswerten Vorzug vor der physischen Vereinigung, da hier, wie leicht begreiflich, auch bei den Sternen, die nur auf einer Platte vorkommen, der Lichtschein nicht auftritt. In der gleichen Weise müssen sich veränderliche Sterne, Planetenspuren und Parallaxen bemerkbar machen¹⁾.

Ich lege aber auf die Beobachtung dieses Lichtscheines für die Zwecke des Auffindens der Bildverschiedenheiten zweier Sternplatten keinen allzu großen Wert, da, wie wir gleich sehen werden, das monokulare Vergleichs-Mikroskop noch eine andere, bessere Lösung unserer Aufgabe zuläßt.

Es ist eine bekannte physiologische Tatsache, daß *plötzliche Veränderungen und Bewegungen* in den uns umgebenden Dingen der Außenwelt, sowie das *plötzliche Verschwinden oder Wiederauftreten* solcher Objekte den Blick des Beobachters in hohem Maße auf sich ziehen. Beispiele dieser Art sind das Vorbeifliegen eines Vogels, das Aufspringen des Wildes, das Hin- und Herflattern eines Baumblattes im Winde, das Anzünden der Lichter abends, das Aufleuchten der Reklameschilder in Städten und der Blinkfeuer am Meere u. s. w.

Die gleichen Erscheinungen müssen sich nun auch in unserem Falle bei dem monokularen Vergleich der beiden Sternplatten kundgeben, sobald wir dafür Sorge tragen, daß der Wechsel der beiden Plattenbilder in angemessener Geschwindigkeit vor sich geht. Es müssen dann die auf den Platten vorhandenen Bildverschiedenheiten viel aufdringlicher in die Erscheinung treten, als bei gleichzeitiger Betrachtung der beiden Bilder durch den bei schwachen Objekten nicht immer in gleicher Deutlichkeit wahrnehmbaren Lichtschimmer. Wir sind sogar hier im Vorteil gegenüber den Vorkommnissen in der Natur, da wir das Aufleuchten und Wiederverschwinden der einzelnen Lichtpunkte — dieser Ausdruck trifft im wahren Sinne des Wortes bei Benutzung von Sterndiapositiven zu — beliebig oft und in beliebiger Periode wiederholen können. Bei Beobachtung des Verschwindens der dunklen Punkte kommt noch zu Gunsten der größeren Sichtbarkeit des Helligkeitswechsels in Anrechnung, daß diese Stelle infolge der bekannten Ermüdungserscheinungen der Netzhaut sofort nach dem Verschwinden des dunklen Sternes heller als die Umgebung aussieht.

Die Versuche haben die vorstehenden Überlegungen vollauf bestätigt. Nicht allein treten die Punkte, die nur auf der einen oder der anderen Platte sich befinden, sofort in die Erscheinung, auch die Größenunterschiede der zusammengehörigen Sternscheibchen sind durch das Hin- und Herspringen der Ränder deutlich erkennbar.

¹⁾ Eine interessante Modifikation des Verfahrens, zwei Sternaufnahmen optisch miteinander zu vereinigen, besteht darin, daß man die eine der beiden Aufnahmen durch das von ihr genommene Diapositiv ersetzt. In diesem Falle verschwinden nämlich alle auf den beiden Platten befindlichen Sterne in der das ganze Gesichtsfeld bedeckenden, gleichmäßig beleuchteten Fläche, und es bleiben nur die gesuchten Ungleichheiten der beiden Platten zurück und zwar als dunkle Punkte, wenn sie dem Negativ, oder als helle Punkte, wenn sie dem Diapositiv angehören.

Es hat sich ferner ergeben, daß für die Sichtbarkeit der kleinen und kleinsten Bildverschiedenheiten der beiden Platten nicht allein die Geschwindigkeit des Plattenwechsels, sondern auch die *Art, wie sich der Plattenwechsel vollzieht*, von Bedeutung ist. Soll nämlich der Anblick derjenigen Stellen der beiden Platten, an denen vollkommene Übereinstimmung der beiderseitigen Sternbilder stattfindet, durch die optische Auswechslung der Platten in keiner Weise beeinflußt werden — gleiche Helligkeit der beiden Platten vorausgesetzt oder durch Regulierung der Beleuchtung herbeigeführt — so muß verlangt werden, daß in keinem Moment des Plattenwechsels die Gesamthelligkeit der beiden Bilder abweicht von der Helligkeit des Einzelbildes bei voller Öffnung. Im anderen Falle kommt durch die plötzliche Verminderung oder Steigerung der Helligkeit eine Unruhe des Bildes zustande, die gar nichts mit den auf den Platten vorhandenen Bildverschiedenheiten zu tun hat.

Aus diesem Grunde müssen die beiden Blendvorrichtungen in bestimmter Verbindung miteinander stehen und von einer Zentralstelle aus in Tätigkeit gesetzt werden. Ebenso muß im Interesse der Vermeidung einer einseitigen Beanspruchung der Objektive und deren Rückwirkung auf die Beschaffenheit des Bildes die Vorkerung getroffen sein, daß das Öffnen des einen Objektives symmetrisch von der Mitte zum Rande und das gleichzeitige Schließen des anderen Objektives symmetrisch vom Rande zur Mitte erfolgt. Allen diesen Anforderungen kann leicht durch je zwei in unmittelbarer Nähe der Objektive Q_1 und Q_2 angebrachte, in entgegengesetzter Richtung sich drehende Metallscheiben, von denen jede mit einer passenden Durchbohrung versehen ist, Genüge getan werden.

Ist dann die Summe der beiden Durchblicköffnungen in jedem Moment gleich der freien Öffnung des Einzelobjektives, so werden die unter sich genau gleichen Sternbilder sowohl bei schnellem als auch bei langsamem Plattenwechsel keinerlei Änderung in ihrem Anblick zu erkennen geben, gerade so, wie wenn ein Plattenwechsel überhaupt nicht stattfände.

Abgesehen von der vorstehend bezeichneten Art der Verwendung des monokularen Vergleichs-Mikroskopes für das Auffinden von Bildverschiedenheiten der beiden Platten verdient noch besondere Erwähnung die *Verwendung des Mikroskopes zu Meßzwecken*. Als eine der nächstliegenden Nutzenwendungen der Bewegungsfreiheit jeder der beiden Platten ist nämlich der Umstand anzusehen, daß man durch mikrometrische Verschiebung der Platte P_2 mit Hilfe der am Stereo-Komparator angebrachten, senkrecht zueinander stehenden Mikrometerschrauben sowohl den Durchmesser der einzelnen Sternscheibchen — Einstellung auf Berührung der einander gegenüber liegenden Ränder, die Verschiebung ist gleich dem doppelten Durchmesser des Sternscheibchens — als auch den linearen Abstand zweier Sterne (in rechtwinkligen Koordinaten gemessen) ohne Zuhülfenahme eines Okularmikrometers, ausschließlich mit Hilfe der Plattenverschiebung selbst, ausmessen kann. Das Gleiche gilt von der Bestimmung der Lage und der Länge eines Planetenstriches auf jeder der beiden Platten und von der Bestimmung der Größe und der Richtung der Planetenbewegung.

Zur Unterstützung und Vervollständigung der am Stereo-Komparator befindlichen Meßvorrichtungen dieser Art steht natürlich nichts im Wege, das Okular unseres Mikroskopes mit zwei rechtwinklig zueinander stehenden *Okular-Schraubenmikrometern* und mit einem *Teilkreis* zur Bestimmung von Sterndistanzen und Polarkoordinaten auszurüsten. In dieser Hinsicht ist das monokulare Vergleichs-Mikroskop dem Stereo-Mikroskop weit überlegen, da hier eine solche weitgehende Ausrüstung

des einen oder des anderen Okulares mit Mikrometervorrichtungen, die eine Verstellung der Meßstriche nach beiden Richtungen über das ganze Gesichtsfeld zulassen, den stereoskopischen Effekt und damit den eigentlichen Zweck, für den das Stereo-Mikroskop bestimmt ist, beeinträchtigen würde und daher am besten unterbleibt.

Für die Zukunft ist die Ausrüstung des Stereo-Komparators mit dem monokularen Vergleichs-Mikroskop mit und ohne die vorgenannten Meßvorrichtungen am Okular vorgesehen, auch kann ein solches jederzeit zu den bereits in den Gebrauch übergegangenen Stereo-Komparatoren nachgeliefert werden.

Ich möchte hier noch auf eine weitergehende Anwendung des mit dem monokularen Vergleichs-Mikroskop ausgerüsteten Stereo-Komparators in der Astronomie, und zwar zur *Ausmessung von Sternplatten mit Hilfe des bekannten Gautierschen Kreuzgitters*, hinweisen. Ersetzt man nämlich die auf dem Komparator links gelegene Sternplatte P_1 durch ein solches Gitter, so erhält man im Gesichtsfeld des monokularen Mikroskopes die gleiche Erscheinung, wie wenn das Gitter direkt auf die Platte aufkopiert wäre. Selbstverständlich können wir hier sowohl das Originalgitter, also helle Striche auf dunklem Grunde, wie auch Kopien desselben, dunkle Striche auf hellem Grunde, zur Anwendung bringen.

Bei einer derartigen Benutzung des Stereo-Komparators als astronomischer Meßapparat ist aber zu berücksichtigen, daß die *Fehler der Schlittenführungen*, und zwar sowohl für die horizontale als auch für die vertikale Verschiebung des Plattenpaares, auf den Abstand der Sterne von den horizontalen Strichen des Gitters einen rind tausendmal größeren Einfluß ausüben, als auf den Abstand der Sterne von den Vertikalstrichen des Gitters. Dieser Unterschied ist darin begründet, daß im zweiten Falle die zu messende Strecke jedesmal in die geradlinige Verbindungslinie der zum Vergleich kommenden Objekte auf den beiden Platten zu liegen kommt, während im ersten Falle die zu messende Strecke senkrecht zu dieser Verbindungslinie steht. Die Fehler der beiden Schlittenführungen müssen sich daher vorwiegend durch eine Höhendifferenz der beiderseitigen Bildpunkte zu erkennen geben, und diese ist um so größer, je weiter die beiden Öffnungen des Vergleichs-Mikroskopes — das gleiche gilt natürlich auch für das Stereo-Mikroskop — voneinander entfernt sind. Der Rechnung zufolge reicht zur Konstanthaltung des Abstandes der Sterne von den Vertikalstrichen des Gitters bis auf $0,001\text{ mm}$ genau eine ganz gewöhnliche Schlittenführung bis auf 5 bis 6 Bogenminuten Abweichung aus, während die gleiche Anforderung für den Abstand der Sterne von den Horizontalstrichen für die beiden Modelle des Stereo-Komparators der praktisch kaum ausführbaren Herstellung von Schlittenführungen bis auf 0,3 bzw. 0,5 Bogensekunden genau gleichkommt.

Aus diesem Grunde ist die vorgeschlagene Anordnung, Gitter links, Sternplatte rechts, nur für die Ausmessung der Sternplatten nach der einen, der horizontalen, Richtung zulässig. Um die Platte auch nach der darauf senkrechten Richtung auszumessen, wird man daher entweder die Sternplatte rechts nach erfolgter Ausmessung in horizontaler Richtung um 90° drehen (Ablesung am Teilkreis) und dann ebenso verfahren, oder aber man verfährt gleich von vornherein so wie sonst, indem man die Sternplatte und das Gitter — in diesem Falle ist nur die Kopie des Originalgitters zulässig — *aufeinander legt* und beide am besten auf die linke Seite des Platten-trägers bringt. Wenn man dann außerdem noch auf die rechte Seite des Platten-trägers eine zweite Aufnahme desselben Sternbildes auflegt, so ist jetzt die Möglichkeit gegeben, den Vergleich der beiden Platten und die Ausmessung der Sterne nach beiden Richtungen auf einmal vorzunehmen. Die Höhendifferenzen links und rechts

können jederzeit durch die rechts vorgesehene Korrektionschraube (vertikal) nach Maßgabe des Sternbildes links beseitigt werden. Die beiden Hauptmaßstäbe des Stereo-Komparators bilden hierbei nur den Zählapparat für die Gitterstriche.

Das vorstehend beschriebene Vergleichs-Mikroskop ist außer für die genannten astronomischen Aufgaben noch für mancherlei andere Zwecke, insonderheit für *Längenmessungen und Maßstabvergleichen* mit größtem Vorteil zu verwenden. So würde z. B. die Ausrüstung des *Abbeschen Komparators*¹⁾ mit einem solchen Mikroskop unter entsprechender Umgestaltung des Apparates die Möglichkeit gewähren, den Maßstab gewissermaßen in das zu messende Objekt hineinzulegen und die Ausmessung selbst allein mit Hilfe des Maßstabes ohne irgendwelche Mikrometereinrichtungen am Okular vorzunehmen. Ebenso hat ein solches Mikroskop für Maßstabvergleichen den denkbar größten Wert. Das stereoskopische Verfahren möchte ich hierfür nur in soweit empfehlen, als es sich um den Vergleich von genau gleichartigen Teilungen handelt. Sind aber die miteinander zu vergleichenden Teilungen in Bezug auf Material, Strich-Breite und -Länge, Anzahl und Bezifferung der Striche verschieden, wie es die Regel ist, so hat das stereoskopische Verfahren wegen der hierbei auftretenden Störungen im stereoskopischen Sehen wenig Aussicht auf Erfolg, während die vorliegende neue Methode sich hierfür — abwechselndes Auftreten der beiderseitigen Striche zwischen zwei Parallelfäden im Okular — ganz ausgezeichnet bewährt. In gleicher Weise dürfte das Verfahren auch für das Studium und den Vergleich von *Spektralaufnahmen* den Vorzug vor der stereoskopischen Methode verdienen. Über einen für solche Zwecke eingerichteten Spezialapparat wird später berichtet werden.

Selbstverständlich kann die neue Methode in keiner Weise Ersatz bieten für das stereoskopische Verfahren in allen den Fällen, wo es sich um die unmittelbare Erkennung der Raumverteilung naher und entfernter Objekte handelt, wie z. B. in der Astronomie bei der von mir vorgenommenen Monduntersuchung²⁾ oder bei topographischen Arbeiten. Hier kann es sich um die Verwendung des neuen Verfahrens neben dem stereoskopischen nur in den Fällen handeln, wo es darauf ankommt, etwaige in der Zwischenzeit zwischen zwei Aufnahmen vor sich gegangene Veränderungen³⁾ auf der Mond- oder der Erdoberfläche zu ermitteln. Dadurch, daß beim Stereo-Komparator das monokulare Vergleichs-Mikroskop und das Stereo-Mikroskop bequem gegen einander ausgewechselt werden können, ist der Beobachter in den Stand gesetzt, nach Belieben das eine oder das andere Mikroskop zum Auffinden solcher Verschiedenheiten zu verwenden.

Jena, im Mai 1904.

¹⁾ Vgl. meine früheren Mitteilungen über diesen Apparat in *dieser Zeitschr.* **12**, S. 307. 1892.

²⁾ Man vergleiche meinen Vortrag, gehalten auf der Astronomenversammlung in Göttingen am 5. August 1902 „Über die bis jetzt mit dem Stereo-Komparator auf astronomischem Gebiet erhaltenen Versuchsergebnisse“, *Vierteljahrsschrift d. astron. Ges.* **37**, Heft 3, sowie den Aufsatz des Hrn. Laussedat „Sur la stéréoscopie appliquée à l'astronomie“, *Bulletin de la Société Astronomique de France* 1903, S. 305.

³⁾ Vgl. *diese Zeitschr.* **22**, S. 69. 1902 und **23**, S. 332 (Anm. 1). 1903.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1903.

(Fortsetzung von S. 147.)

Die laufenden Prüfungsarbeiten des Jahres 1903 sind in nachfolgender Zusammenstellung enthalten:

- 16 939 Thermometer,
- 366 Apparate zur Prüfung des Erdöls,
- 9 Federmanometer,
- 8 Barometer,
- 768 Thermoelemente,
- 2 Drahtproben auf thermoelektrische Eigenschaften,
- 2 Platinthermometer,
- 18 Indikatorfedern,
- 614 Legierungsringe.

Außerdem wurden untersucht

- 8 Senkaräometer,
- 1 Thermometer aus geschmolzenem Quarz,
- 7 Zeigergaivanometer für thermoelektrische Zwecke,
- 2 Vakuumgefäße,
- 7 Sorten Petroleum,
- 6 verschiedene Apparate.

Die zur Prüfung eingegangenen Thermometer verteilen sich auf die verschiedenen Gattungen wie folgt:

- 14 363 ärztliche Thermometer,
- 28 Zeigerthermometer nach Immisch,
- 664 feinere Thermometer mit Korrekptionsangabe in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
- 986 Thermometer mit Korrekptionsangabe in 0,1°, geprüft bis 100°,
- 10 Insolationsthermometer,
- 41 Tiefsee-Thermometer,
- 32 Tiefsee-Umkippthermometer,
- 427 Thermometer für Temperaturen bis 300°,
- 274 hochgradige Thermometer für Temperaturen über 300° bis 575°,
- 63 Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
- 23 Thermometer für Temperaturen unter 0° (darunter 22 Thermometer bis -190°),
- 28 Beckmannsche Thermometer,

zusammen 16 939 Thermometer.

Hiervon waren 2208 Stück wegen Nichteinhaltung der Prüfungsvorschriften unzulässig, 257 gingen beschädigt ein, 105 wurden bei der Prüfung schadhafft. Es mußten also 2570 Thermometer = 15%, wie im Vorjahr, von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen werden.

Die 14363 geprüften ärztlichen Thermometer (rd. 2000 weniger als im Vorjahr) verteilen sich auf die verschiedenen Gattungen folgendermaßen:

- 10 416 Maximumthermometer,
- 3 893 Minuten-Maximumthermometer,
- 54 gewöhnliche ärztliche Thermometer,

zusammen 14 363 ärztliche Thermometer;

davon waren 1652 Stabthermometer.

III. Arbeiten, betreffend Wärme und Druck.

1. Übersicht über die laufenden Arbeiten¹⁾.

a) Ärztliche Thermometer²⁾.

¹⁾ Wiebe, Grützmacher, Rothe, Moeller, Hoffmann, Schwirkus, Hebe.

²⁾ Hebe.

Unzulässig waren 2316 Stück = 16%, fehlerfrei 5434 Stück = 38%.

b) *Thermometer für wissenschaftliche und meteorologische Zwecke*¹⁾.

Die Thermometerprüfungen für wissenschaftliche und meteorologische Zwecke haben erheblich zugenommen, die der feineren Thermometer mit Korrekptionsangabe in 0,01° sogar um 62%, bei den übrigen Gattungen kommen geringe Schwankungen vor.

2. *Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt*²⁾.

Mit dem Besuch des Mechanikertags im August in Ilmenau wurden die Revisionen der Großherzoglich Sächsischen Prüfungsanstalt zu Ilmenau und der Prüfungsstelle für ärztliche Thermometer zu Gehlberg verbunden.

Die Prüfungsanstalt zu Ilmenau hat im Jahre 1903 46453 ärztliche und 2252 andere Thermometer, die Gehlberger Prüfungsstelle 829 ärztliche Thermometer geprüft.

Mit Beginn des Jahres 1904 hat die Prüfungsanstalt in Ilmenau auf Veranlassung des Jenaer Glaswerks, das die Auskühlung der Thermometer aus Gefälligkeit bisher besorgt hatte, die Auskühlung von Thermometern für die Fabrikanten gegen eine feste Gebühr übernommen.

3. *Arbeitsnormale für die Reichsanstalt*³⁾.

Zwei schadhafte gewordenen Normalthermometer sind nach erfolgter Reparatur neu bestimmt und wieder in Gebrauch genommen. Ein neues Hauptnormal von 0° bis 100° ist mit sämtlichen Fäden von 2° zu 2°, ein anderes mit Teilung von 0° bis -36° mit allen Fäden von 3° zu 3° kalibriert worden.

Außerdem sind aus dem Jenaer Glasvorrat der Reichsanstalt 13 Hauptnormalthermometer aus 59¹¹¹ in Bestellung gegeben, um im Anschluß an die in Vorbereitung befindlichen gasthermometrischen Untersuchungen für diese Glassorte die Gaskorrekturen durch direkte Vergleichen festzulegen.

4. *Hochgradige Thermometer*⁴⁾.

Von 622 zur Prüfung eingereichten hochgradigen Thermometern waren 67 = 11% unzulässig, und zwar 27 wegen Überschreitung der Fehlergrenzen, 35 aus äußeren Gründen und 5 wegen ungenügenden Alters.

Nachdem drei neubeschaffte hochgradige Stabthermometer und drei schon vorhandene Hartglasthermometer mit den Normalen 77, 823, 1963 in ausführlichen Reihen von 10° zu 10° verglichen worden waren, wurden die Fehlertafeln aufgestellt und die Instrumente zu den laufenden Prüfungen in Gebrauch genommen, während die drei alten Normale 77, 823, 1963 in Verwahrung genommen worden sind.

Die für die gasthermometrischen Arbeiten bestimmten 8 Normalthermometer sind von W. Niehls mit Stickstoff unter Druck aufgefüllt und sollen demnächst mit dem Gasthermometer verglichen werden.

5. *Elektrische Temperaturmessungen*⁵⁾.

Mittels elektrischer Hilfsmittel wurden geprüft

- 690 Le Chateliersche Thermoelemente,
- 77 Thermoelemente aus Konstantandraht und Eisen- bzw. Kupferdraht,
- 7 Zeigergalvanometer für thermoelektrische Zwecke,
- 2 Platinwiderstands-Thermometer nebst den zugehörigen elektrischen Meßgeräten,
- 1 Thermoelement aus Drahtgewebe, als Stromerzeuger dienend,
- 2 Drahtproben auf thermoelektrische Eigenschaften,
- 2 Petrolätherthermometer bis -130°,
- 24 Pentanthermometer bis -200°,
- 2 Vakuumgefäße zur Aufbewahrung von flüssiger Luft,
- 1 Thermometer aus Quarzglas bis 700°.

a) *Le Chateliersche Thermoelemente*.

Von den angeführten geprüften Elementen entstammen 649 den von der Firma W. C. Heraeus in Hanau zur Prüfung eingesandten Drahtvorräten, die übrigen waren teils

¹⁾ Grützmacher.

²⁾ Wiebe.

³⁾ Grützmacher.

⁴⁾ Moeller.

⁵⁾ Lindeck, Rothe.

einzelnen eingereicht, teils einem von der Firma G. Siebert in Hanau eingereichten Drahtvorrat entnommen. Die Zunahme gegen das Vorjahr beträgt rund 40%.

Unter den geprüften Elementen befand sich ein Normalelement, dessen Thermokraft mit einer Genauigkeit von 1° bei 1000° zu ermitteln war; zu dem Zweck wurde das Element außer durch Vergleichung mit den Normalen der Reichsanstalt noch durch bekannte Schmelzpunkte geprüft. Nachdem sich zur elektrischen Heizung des vertikal angeordneten Schmelzofens für Temperaturen über 1000° (vgl. Fig. 3) weder Nickeldraht noch eine Spule aus Platinfolie bewährt hatte, benutzte man mit gutem Erfolg einen Zylinder CC aus Platinfolie mit angeschweißten Platinzifeln ZZ als Zuleitungen, der von Wechselstrom niedriger Spannung und hoher Stromstärke durchflossen wurde. Zur Erzeugung dieses Stromes dient ein kleiner Transformator. Mit A ist der bereits im letzten Tätigkeitsbericht erwähnte Aufsatzofen bezeichnet, der zur Vergrößerung der Eintauchtiefe dient. Bei Benutzung eines Graphitiegels T (mit einem zweiten als Deckel) verhindert ein becherartiges Gefäß aus Quarzglas (in der Figur nicht angegeben) die Berührung der Kohlegase mit dem Platinzylinder.

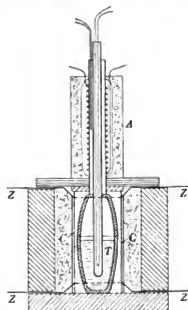


Fig. 3.

Die Nachprüfungen der in technischen oder physikalischen Betrieben befindlich gevesenen Elemente sind fortgesetzt und abgeschlossen worden. Das Gesamtergebnis ist äußerst günstig. Von den sämtlichen 34 nachgeprüften Elementen zeigten nämlich 26 Stück überhaupt keine Änderungen der Thermokraft, welche die Meßgenauigkeit von 5° übersteigen, bei 6 Stück lagen sie zwischen 5° und 10°; nur zwei sehr stark korrodierte Elemente, deren Schenkel durch verbrannte Hartgummiteile der Montierung verunreinigt und wegen der Brüchigkeit der Drähte vielfach verkürzt und geflickt waren, zeigten Änderungen bis zum Höchstbetrage von 17° bei etwa 1100°.

Die geprüften 77 Thermolemente aus Konstantandraht und Kupfer- bzw. Eisendraht entstammen fast sämtlich den Drahtvorräten der Firma Siemens & Halske, Berliner Werk. Die Prüfungen fanden in Temperaturen zwischen -200° bis +600°, vorzugsweise in den höheren, statt.

Unter den 24 in Temperaturen bis zum Siedepunkt der flüssigen Luft geprüften Pentanthermometern befanden sich 2 für die Reichsanstalt bestimmte Gebrauchsnormale und 2 empfindlichere mit Teilungen in 1/3 bzw. 1/10 Grad. Die Vergleichung dieser Thermometer mit Platinthermometern hat zu dem vorläufigen Ergebnis geführt, daß es möglich ist, mit Pentanthermometern bei etwa -190° Temperaturdifferenzen mit einer Genauigkeit von einigen hundertstel Grad zu messen, vorausgesetzt, daß die Thermometer bei steigender Temperatur beobachtet werden. Diese Untersuchungen sind in dieser Zeitschr. 24. S. 47. 1904 veröffentlicht worden.

Mit der Herstellung von Pentanthermometern haben sich mit gutem Erfolge bis jetzt die Firmen C. Richter (Berlin), Dr. Siebert & Kühn (Kassel) und R. Burger (Berlin) befaßt.

Der Anschluß von 5 der Abteilung II gehörigen Platinthermometern, von denen 3 Stück die im letzten Bericht erwähnte neuere Form besitzen, an die Skale der Abteilung I in tiefen Temperaturen ist erfolgt. Prüfungsanträge von Platinthermometern für wissenschaftliche Zwecke haben noch nicht vorgelegen, dagegen wurden zwei Platinthermometer für technische Messungen in Temperaturen bis 400° geprüft.

Mit dem bereits im vorletzten Tätigkeitsbericht erwähnten elektrisch heizbaren Schwefelsiedeparam wurde der Normalsiedepunkt¹⁾ des Schwefels sowohl mittels hochgradiger

b) Thermolemente für tiefe Temperaturen.

c) Flüssigkeitsthermometer für tiefe Temperaturen¹⁾.

d) Platinthermometer.

e) Verschiedene Untersuchungen.

¹⁾ Rothe.

²⁾ Wiebe, Rothe.

Quecksilberthermometer nach der den Thermometerprüfungen zugrunde gelegten Temperaturskala der Reichsanstalt wie auch nach der Holborn-Dayschen Skala mittels Le Chatelierscher Thermoelemente bestimmt. Die gefundenen Werte,

$$444,7^{\circ} \pm 0,1^{\circ} \text{ bzw. } 445^{\circ} \pm 0,5^{\circ},$$

sind in guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Callendar (444,5°) und Chappuis und Harker (444,7°). Diese Untersuchungen sind veröffentlicht worden (Anh. Nr. 36).

Sie haben gleichzeitig den Nachweis erbracht, daß die Skala der hochgradigen Quecksilberthermometer bei 445° unverändert geblieben ist und mit der neueren Holborn-Dayschen Skala der Le Chatelierschen Thermoelemente innerhalb deren Meßgenauigkeit übereinstimmt.

Ein unter hohem Druck (60 Atm.) gefülltes hochgradiges Quecksilberthermometer aus geschmolzenem Quarz wurde bis 700° untersucht; das Gefäß hielt auch noch in der Rotglut den hohen Druck aus. Mittels eines derartigen Thermometers soll die Ausdehnung des Quecksilbers unter Druck bis zu etwa 750° bestimmt werden.

Die elektrische Heizung von Salpeterbädern war bis jetzt insofern mit Schwierigkeiten verbunden, als sie durch isolierte Heizdrähte erfolgen mußte, welche außen um das Gefäß gewickelt waren. Versuche haben aber gezeigt, daß man auch bei geschmolzenem Salpeter die bedeutend sparsamere und besser regulierbare Innenheizung durch eine in die Flüssigkeit nackt eintauchende Heizspule anwenden kann, wenn man Wechselstrom von hinreichend niedriger Spannung benutzt. Danach wird auch der für die gasthermometrischen Messungen vorgesehene Salpeterapparat umgebaut. Für diese Untersuchungen ist ein Gefäß aus Quarzglas von der Firma Dr. Siebert & Kühn in Kassel beschafft worden.

Für Temperaturen bis zu 250° wurde ein neuer Thermostat nach dem von Rothe beschriebenen Modell, jedoch mit Kupferkessel an Stelle des Glasbehälters, hergestellt.

Für die Auskühlung (das Altern) von Thermometern wurde von Heraeus ein elektrisch heizbarer Röhrenofen beschafft, der gestattet, die Thermometer ihrer ganzen Länge nach auszukühlen.

6. Prüfungsapparate für thermometrische und pyrometrische Arbeiten¹⁾.

Es wurden geprüft 7 Federmanometer zwischen 4 und 20 kg/qcm, 2 Hochdruckmanometer bis 100 kg/qcm, 1 Quecksilberbarometer und 7 Aneroide.

Bei P. Stückerath ist eine Druckwaage mit drehbarem Stempel für Drucke bis 1000 kg/qcm bestellt worden.

8. Apparate zur Prüfung des Erdöls²⁾.

Es sind geprüft worden

- 113 Petroleumprober,
- 252 Zähigkeitsmesser,
- 1 Siedeapparat für Mineralöle,

zusammen 366 Apparate zur Untersuchung der Erdöle, 81 mehr als im Vorjahr.

Infolge der Reklamation eines Hamburger Handelschemikers, daß sein amtlich geprüfter Zähigkeitsmesser fehlerhafte Angaben für die Zähigkeitsgrade von Ölen liefere, sind umfangreiche Untersuchungen über den Einfluß der Abmessungen des Apparats sowie der Beschaffenheit seines Ausflußröhrchens auf die Ausflußzeit von Wasser und Öl bei einer Reihe von Zähigkeitsmessern ausgeführt worden. Zur Kontrolle der hier erhaltenen Resultate ist der beanstandete Apparat von Hrn. Engler in Karlsruhe nachgeprüft, wobei die Prüfungsergebnisse der Reichsanstalt vollauf bestätigt wurden.

9. Schmelzkörper für Dampfkessele-Sicherungsapparate³⁾.

Von den geprüften 608 Legierungsringen für Schwarzkopffsche Dampfkessele-Sicherungsapparate hatten 448 Stück Schmelzpunkte bis 116°, 160 Stück Schmelzpunkte zwischen 160° und 190°.

Ferner wurden 6 bereits gebrauchte Schmelzpfropfen auf Schmelzbarkeit geprüft.

¹⁾ Grützmacher, Rothe, Moeller in Verbindung mit der Werkstatt.

²⁾ Wiebe, Hebe.

³⁾ Wiebe, Hebe, Schwirkus.

⁴⁾ Schwirkus.

Die für das Jahr 1903 im Anschluß an die Prüfung eingereichter Indikatoren in Aus- 10. Indikatoren¹⁾. sicht genommenen Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf den Federmaßstab konnten nicht ausgeführt werden, da die zur Prüfung eingereichten 18 Indikatorfedern von den Einsendern nie länger als für die zur einfachen Prüfung erforderliche Zeit entbeht werden konnten.

Infolge eines Antrags des Vereins deutscher Ingenieure, mit verschiedenen Indikatoren und verschiedenen Prüfungseinrichtungen vergleichende Versuche anzustellen, wurde unter Mitwirkung der Reichsanstalt von der Firma Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover ein neuer Prüfungsapparat konstruiert, der im Oktober geliefert wurde. Der Apparat bewährt sich gut und gestattet alle Prüfungsarten, die für Indikatorfedern überhaupt in Betracht kommen, mit der gleichen Sicherheit auszuführen. Namentlich läßt sich die Heißprüfung der Federn ungleich besser mit ihm durchführen, als mit den andern diesem Zweck dienenden Apparaten.

Seitens der obigen und der Firma Schaeffer & Budenberg sind für die Versuche 6 Indikatoren mit 48 Federn zur Verfügung gestellt. Von den letzteren sind 37 Stück zur Untersuchung herangezogen.

Die Kalt-Prüfung der Federn hat mit der Kolbenpresse, dem Struplerschen und dem neuen Rosenkranzschen Apparat stattgefunden. Soweit sich die bis jetzt gewonnenen Ergebnisse übersehen lassen, zeigt sich folgendes.

1. Die Prüfung der Federn mittels der Kolbenpresse ergibt namentlich bei schwachen Federn Maßstäbe, die von denen mit den andern beiden Apparaten erhaltenen teilweise erheblich abweichen.
2. Die Hubhöhen, die mit direkter Gewichtsbelastung mittels des Struplerschen und des Rosenkranzschen Apparats gewonnen sind, stimmen bei ein und derselben Feder innerhalb der Beobachtungsfehler überein.
3. Schwächere Federn zeigen bei stufenweiser Zusammendrückung von kg zu kg nicht volle Proportionalität. Besonders sind die ersten Druck-Intervalle häufig größer als die nachfolgenden, sodaß die mittlere Hubhöhe aus allen Belastungsstufen berechnet werden muß.

In zahlreichen Fällen zeigen die Federn bei Zug eine andere mittlere Hubhöhe als bei Druck. Besonders beim Durchgang durch die Atmosphärenlinie zeigen sich zwischen dem ersten Intervall über und dem ersten unter Null Differenzen bis zu etwa 8% von der mittleren Hubhöhe.

4. Schwingungen der Feder vor dem Strichziehen haben nur bei der Prüfung mit der Kolbenpresse und besonders bei schwachen Federn eine Änderung der Hubhöhe herbeigeführt, dagegen trat bei der Prüfung der Federn mit direkter Gewichtsbelastung ein wesentlicher Unterschied der Hubhöhen für die schwingende und ruhende Feder nicht auf.

Bei der Heiß-Prüfung der Indikatoren werden die Federn ohne und mit Indikatorkolben mit dem Struplerschen und dem Rosenkranzschen Apparat unter Anwärmung mit Dampf der halben für die Federn zulässigen Spannung (nach Eberle) und bei mehreren konstanten Mitteltemperaturen bis 170° bei Anwendung direkter Gewichtsbelastung geprüft. Zur Messung der Temperatur dienen sowohl Thermometer in Form des Wiebe-Schwirkus-schen Thermometer-Einsatzes als auch Thermoelemente.

In der nachstehenden Tabelle sind die im Jahre 1903 ausgeführten photometrischen Prüfungen zusammengestellt:

106 beglaubigte Hefnerlampen, davon
17 mit Visier,
43 mit optischem Flammenmesser,

IV. Optische Arbeiten.

1. Photometrische Prüfungen²⁾.

¹⁾ Wiebe, Schwirkus.

²⁾ Brodhun, Liebenthal.

- 16 mit Visier und optischem Flammenmesser,
 25 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochrohr,
 5 mit Visier, optischem Flammenmesser und Ersatzdochrohr;
 360 elektrische Glühlampen mit Kohlenfäden, davon
 16 in Dauerprüfung mit im ganzen 2900 Brennstunden;
 48 Nernst-Lampen;
 7 Osmiumlampen mit im ganzen 14 000 Brennstunden;
 7 Bogenlampen;
 13 Bogenlampenkohlen;
 57 Gasglühluchtapparate, davon
 49 in Dauerprüfung mit im ganzen 30 800 Brennstunden;
 1 Petroleumglühluchtlampe;
 2 Intensivlampen für Glühlucht;
 8 Gasglühluchtbrenner besonderer Konstruktion;
 11 Petroleumproben;
 1 Webersches Photometer;
 1 Photometerbank mit Lummer-Brodhunschem Photometeraufsatz;
 5 Reflexionsvermögen von Glasversilberungen für gemischtes Licht;
 2 Reflexions- und Absorptionsvermögen von halbdurchsichtigen Platten für verschiedene Wellenlängen.

Die bei den photometrischen Prüfungen gewonnenen Erfahrungen sind folgende:

Der Verbrauch der auch in diesem Jahre mehrfach geprüften Bogenlampen mit farbigem Lichtbogen auf 1 K mittlere räumliche Lichtstärke betrug im günstigsten Falle 0,37 Watt.

Die geprüften Bogenlampen mit eingeschlossenem Lichtbogen brannten unökonomisch und unruhig.

Die Osmiumlampen brannten mit einer Spannung von 38 Volt. Während einer 2000-stündigen Dauerprüfung zeichneten sie sich durch eine sehr günstige Ökonomie aus, welche sich verhältnismäßig wenig mit der Zeit änderte.

Auch die im Berichtsjahre geprüften Gasglühluchtapparate zeigten zum größten Teil günstige Ökonomie und hohe Lichtstärke. Die Apparate mit vertikal nach unten hängendem Glühkörper, welche in letzter Zeit in Aufnahme gekommen sind, strahlen im Gegensatz zu denjenigen mit aufrecht stehenden Glühkörpern das meiste Licht nahezu senkrecht nach unten aus; ihre Ökonomie ist etwa dieselbe wie die der bisher gebräuchlichen Apparate.

2. Verhältnis der
 in verschiedenen
 Ländern
 gebräuchlichen
 Lichteinheiten¹⁾.

Unter den geprüften elektrischen Glühlampen mit Kohlenfäden war eine größere Anzahl zu Normallampen bestimmt, welche von ausländischen Instituten eingesandt waren. Darunter waren 6 vom *Lamp Testing Bureau* zu New York eingereicht, welche vorher schon in den drei nachstehenden Laboratorien geprüft waren:

1. *Laboratoire Central des Electriciens* zu Paris,
2. *National Physical Laboratory* zu London,
3. *Laboratory of the Edisonan Lamp Works* zu London.

Angeblich hatten die Lampen bei gegebener Spannung eine Lichtstärke von 16 englischen Kerzen. Die Lichtstärken wurden von dem Pariser Laboratorium, mit einer Ausnahme, in *bougies décimales*, von den beiden anderen Laboratorien in englischen Kerzen angegeben. Benutzt man als Umrechnungsfaktor

$$\frac{\text{bougie décimale}}{\text{Hefnerkerze}} = 1,13 \text{ (nach den Untersuchungen von Laporte)}$$

$$\frac{\text{englische Kerze}}{\text{Hefnerkerze}} = 1,14 \text{ (von der Reichsanstalt angenommener Wert),}$$

so ergeben sich im Mittel aus den untersuchten Lampen

¹⁾ Brodhun, Liebethal.

18,2 IK	nach den Messungen des	Lamp Testing Bureau in New York,
18,1 IK	"	der Reichsanstalt,
18,3 IK	"	des Laboratoire Central des Electriciens zu Paris,
18,8 IK	"	des National Physical Laboratory,
20,2 IK	"	des Laboratory of the Edison Lamp Works.

Bei einer Lampe hatte das Pariser Laboratorium die Angaben in IK¹ gemacht und denselben Wert wie die Reichsanstalt gefunden.

Im Juni fand in Zürich eine Sitzung der Internationalen Lichtmeßkommission statt, welche bei Gelegenheit der Pariser Weltausstellung gebildet wurde. Zu dieser Versammlung, welche hauptsächlich von Gasfachmännern besucht war, wurde das Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Professor Brodhun entsandt. Unter den Verhandlungsgegenständen interessierten am meisten die Bestrebungen zu einer internationalen Regelung der Frage der Lichteinheiten. In der Erkenntnis, daß vorläufig keine Aussicht auf die Einführung einer wirklich allgemein gebräuchlichen internationalen Lichteinheit vorhanden ist, beschränkte man sich darauf, allgemein anzuerkennende Verhältniszahlen zwischen den in den verschiedenen Ländern benutzten Lichteinheiten zu erstreben. Man beschloß erstens, vorläufig eine Reihe von Zahlen zu verwenden, welche aus älteren Versuchen verschiedener Beobachter hervorgegangen ist. Unter diesen ist besonders hervorzuheben

$$\frac{\text{Carcellampe}}{\text{Hefnerkerze}} = 10,9$$

$$\frac{10 \text{ Kerzen-Pentanlampe}}{\text{Hefnerkerze}} = 11,4.$$

Zweitens sollen in Deutschland, England und Frankreich weitere Versuche über diese Verhältniszahlen angestellt und auf Grund dieser Versuche in einer späteren Sitzung definitive Zahlen angenommen werden.

Im Anschluß an diese Bestrebungen hat die Reichsanstalt vergleichende Messungen zwischen der Hefnerlampe, der Carcellampe und der Harcourt'schen 10 Kerzen-Pentanlampe angestellt, welche jedoch noch nicht abgeschlossen sind.

Das Arbeiten mit den beiden im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnten, neuen Wasserbadröhren aus einheitlichem Material (Glas bzw. Kupfer) stieß auf unerwartete Schwierigkeiten. Bei den alten Glasröhren mit Messingmantel konnte ein dichter Verschuß der Röhren durch die Deckgläser (ohne festes Anschrauben!) erhalten werden, wenn man diese mit gerade im Erstarren befindlichem Wachs Kitt auf den Messingfassungen ankittete. Dagegen platzte der Kitt bei den neuen, allerdings viel weiteren Röhren schon nach ein bis zwei Tagen ab, während die Versuche einen mindestens 6 Tage haltenden, dichten Verschuß erfordern.

Erst nach langwierigen Versuchen gelang es, einen vollkommen luftdichten Verschuß der Röhren in der Weise zu erzielen, daß die Deckgläser *A* (Fig. 4) mit weichem Pech *B* angekittet und in ihrer Lage durch schwache, stets in gleicher Weise gespannte Zugfedern *C* festgehalten werden.

Wie aus der Figur, welche die eine Hälfte des 51 cm langen Glasrohrs darstellt, ersichtlich ist, stehen der Lösung in *D* bei der Temperaturexpansion zwei leere Kapillaren *E*

3. Prüfung von Saccharimetern¹⁾.
a) Temperaturkoeffizient δ der spezifischen Drehung des Zuckers.

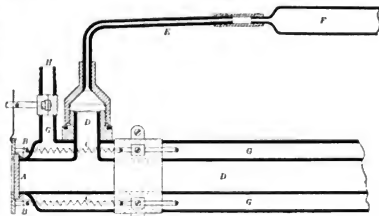


Fig. 4.

¹⁾ Schönrock.

zur Verfügung, welche oben mit einem weiten Glasrohr F in Verbindung stehen, in welchem sich der Luftdruck dann höchstens nur um zwei Prozent ändert, was ohne jede Bedeutung ist. Die Röhren sind fest justierbar auf einem Wagen montiert, der auf Messingschienen läuft, sodaß sich das Rohr leicht in das Gesichtsfeld bringen bzw. ausschalten läßt.

Behufs möglichst genauer Ermittlung der Temperaturen der Zuckerlösung werden diejenige des Spülwassers dicht vor dem Einfluß H in den Rohrmantel G und dicht hinter dem Abfluß aus diesem bestimmt; ihr Mittelwert ist die Temperatur der Lösung.

Die mit dem Glasrohr und Kupferrohr angestellten Versuche führen zu gut übereinstimmenden Resultaten. Die mit Normalzuckerlösungen durchgeführten Untersuchungen ergaben folgende bemerkenswerte Tatsachen.

Konstanz des Drehungswinkels. Die z. B. auf 20° C. reduzierten Drehungswinkel blieben selbst acht Tage lang völlig konstant, obgleich die Lösungen während dieser Zeit allein schon Temperaturen von 9° und 31° etwa zwanzigmal abwechselnd ausgesetzt wurden. Hierbei betragen die Beobachtungsfehler nur einige tausendstel Kreisgrade, d. i. wenige tausendstel Prozent.

Abhängigkeit des δ von der Temperatur. Für die drei benutzten Wellenlängen

gelbe Na-Linie	589,3 $\mu\mu$
gelbgrüne Hg-Linie	546,1 „
blaue Hg-Linie	435,9 „

ändert sich der Drehungswinkel, bei 9°, 15°, 18°, 20°, 22°, 25° und 31° ermittelt, linear mit der Temperatur. Da sich nun der Ausdehnungskoeffizient der Lösung stark mit der Temperatur ändert, so muß dies auch für δ der Fall sein. So ist z. B. für Natriumlicht

$$\delta_{10} = -0,000242 \quad \delta_{20} = -0,000184 \quad \delta_{30} = -0,000121.$$

Einfluß der Wellenlänge auf δ . Der Temperaturkoeffizient des Drehungswinkels und somit auch δ ist eine Funktion der Wellenlänge. Z. B. beträgt bei einem Glasrohr mit dem Ausdehnungskoeffizienten 0,000008 der Temperaturkoeffizient des Drehungswinkels für

Na gelb	Hg gelbgrün	Hg blau
-0,000461	-0,000457	-0,000419.

Die Ergebnisse sind in der gelegentlich des fünften internationalen Kongresses für angewandte Chemie abgehaltenen vierten Versammlung der internationalen Kommission für einheitliche Methoden der Zuckeruntersuchungen (4. Juni 1903 in Berlin) vorgetragen und veröffentlicht worden (Anh. Nr. 44).

Die Versuche über den Einfluß des Prozentgehaltes sind im Gange.

In der Zuckerpraxis ereignet es sich noch häufig, daß die Differenzen zwischen den von verschiedenen Parteien ausgeführten Analysen nicht aufzuklären sind. Mit Rücksicht hierauf war es erwünscht, systematische Untersuchungen darüber zu besitzen, wie sich die mit dem Saccharimeter gemessenen Drehungen von Normalzuckerlösungen für gemischtes Licht verschiedener Beleuchtungslampen unter Benutzung verschiedener Absorptionsmittel mit dem Beobachter ändern. Um zunächst nur solche Drehungsdifferenzen zu bestimmen, die für die Praxis tatsächlich in Betracht kommen, sind diese Untersuchungen mit einem der in der Technik jetzt gebräuchlichen Saccharimeter ausgeführt worden. Wie wegen der verschiedenen Rotationsdispersion des Zuckers und Quarzes zu erwarten ist, ergeben sich sehr merkliche Drehungsdifferenzen. Sie verschwinden für verschiedene Beobachter und Beleuchtungslampen erst, wenn das Licht durch eine 1,5 cm dicke Schicht einer 6% Kaliumdichromatlösung in Wasser gereinigt wird. Eine Ersetzung dieses Absorptionsmittels durch die einfacheren Jenaer Farbgläser, zumal das grünlich-gelbe Chromglas 433^{III} von 2,5 mm Dicke, ist nicht möglich, da hierbei trotz der sehr geringen, an der Grenze der Wahrnehmung liegenden Färbungsdifferenz im Gesichtsfelde verschiedene Beobachter doch schon merklich verschieden einstellen.

b) Drehungsdifferenzen für gemischtes Licht und verschiedene Beobachter.

Bei dieser Gelegenheit sind auch zugleich die Drehungsänderungen ermittelt worden, die auftreten, wenn man von weißem Licht, welches durch Chromatlösung gegangen ist, auf Natriumlicht und gelbgrünes Quecksilberlicht übergeht, wie dies zur genauen Bestimmung des Hundertpunkts der Ventzkeschen Skale erforderlich ist. Hierbei stellte es sich als notwendig heraus, auf die Theorie der Keilkompensation genauer als bisher einzugehen.

Während des Jahres 1903 wurden 13 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt, von denen eine wegen nicht genügender optischer Reinheit für saccharimetrische Zwecke nicht geeignet war.

Die dioptrischen Prüfungen beschränkten sich auf die Bestimmung der Konstanten eines Zielfernrohres, der Krümmungsradien und Brechungsexponenten der Linsen eines photographischen Objektivs und der Brechungsexponenten von zwei Glasprismen.

Eine Untersuchung der optischen Eigenschaften der Metalle und Metallegierungen für sehr lange Wellen (bis zu 25 tausendstel mm) hat zu der Auffindung von Beziehungen des Reflexions- und Emissions-Vermögens der Metalle zu ihrem elektrischen Leitvermögen geführt. Die Versuche lieferten dadurch eine wichtige Bestätigung der Maxwell'schen Theorie auf einem Gebiet, auf welchem bisher kein Zusammenhang zwischen den beobachteten Erscheinungen und den theoretisch hergeleiteten Gesetzmäßigkeiten erkennbar war, und das man deshalb bisher stets als einen Gegenbeweis gegen die allgemeine Gültigkeit der Theorie Maxwell's angesehen hatte (Anh. Nr. 41, 42, 43).

Die früher begonnenen Versuche über die Molybdänsäure wurden durch eine kurze Mitteilung (Anh. Nr. 45) zum vorläufigen Abschluß gebracht mit Rücksicht auf gleichzeitige Arbeiten von anderer Seite¹⁾, welche auf demselben Gebiete schon wesentliche Fortschritte verzeichnet haben.

Die beiderseitigen Beobachtungen stehen miteinander im Einklang und ergeben für die Molybdänsäure zahlreiche Modifikationen, welche, teils wasserhaltig, teils wasserfrei, durch die Mannigfaltigkeit der Übergänge erschöpfende Beobachtungen über die Löslichkeit sehr schwierig machen.

Vergleichende Beobachtungen über die Fällbarkeit wässriger Eiweißlösungen durch verschiedene Säuren haben zu einer Mitteilung geführt, in welcher die Möglichkeit gepaarter Säuremoleküle in konzentrierten Lösungen betont wird (Anh. Nr. 49).

Die im vorjährigen Bericht besprochene Arbeit über die sauren Alkaliformate wurde mit einer Veröffentlichung zum Abschluß gebracht (Anh. Nr. 46).

Eine zweite Mitteilung berichtet im Anschluß daran über die Gleichgewichtsverhältnisse des sauren Ammoniumformates, welches bisher noch nicht bekannt war (Anh. Nr. 47).

Es kann als festgestellt gelten, daß die salzbildende Kraft der Ameisensäure ebenso wie der Essigsäure über die Bildung der normalen Alkalisalze hinausgeht. Dabei ist es bemerkenswert, daß hier neben den Biformaten des Kaliums und Ammoniums auch saure Natriumverbindungen im kristallisierten Zustande isolierbar sind im Gegensatz zu mancher anorganischen viel stärkeren Säure.

Eingehende Beobachtungen über die sauren Alkalisalze der Salpetersäure betreffen die Verbindungen

c) Drehungs-
differenzen zwischen
gemischtem und
homogenem Lichte

4. Prüfung von
Quarzplatten¹⁾.

5. Dioptrische
Prüfungen²⁾.

6. Metalloptische
Untersuchungen³⁾.

7. Chemische
Arbeiten.

1. Löslichkeit
der Salze.

Molybdänsäure⁴⁾.

Eiweißreaktion
der Säuren⁵⁾.

Saure Salze der
Ameisensäure⁶⁾.

Saure Salze der
Salpetersäure⁷⁾.

¹⁾ Brodhun, Schönrock.

²⁾ Brodhun.

³⁾ Hagen, Rubens.

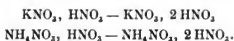
⁴⁾ Mylius.

⁵⁾ Rosenheim und Bertheim, *Zeitschr. f. anorgan. Chem.* **34**, S. 427, 1900; Rosenheim und Davidsohn, *ebenda* **37**, S. 314, 1903.

⁶⁾ Mylius.

⁷⁾ Groschuff.

⁸⁾ Groschuff.



Saure Natrium- oder Lithiumnitrate konnten nicht aufgefunden werden.

Die Gleichgewichtsverhältnisse dieser Salze gegenüber Salpetersäure und Wasser wurden ausführlich studiert.

Nach den vorliegenden Versuchen scheint die Existenz der sauren Nitrate nicht an den festen Aggregatzustand gebunden; auch in konzentrierter salpetersaurer Lösung sind komplexe Moleküle saurer Verbindungen nicht ausgeschlossen. Eine Mitteilung über diese Arbeit befindet sich im Druck.

2. Analytische Bestimmung der Borsäure¹⁾.

Die Verfolgung der Versuche über die direkte Bestimmung der Borsäure führten zur Ausarbeitung einer Methode, durch welche das Bor aus jedem vorliegenden Material in Borylphosphat (BPO_3) übergeführt und als solches zur Wägung gebracht werden kann.

Das Verhalten der Borsäure zur Phosphorsäure mußte zu diesem Zweck einem genauen Studium unterworfen werden.

3. Quarzgefäße²⁾.

Über die von der Firma Heraeus eingeführten Geräte aus geschmolzenem Bergkristall ist eine Prüfung auf ihre Verwendbarkeit im Laboratorium und ihre chemische Angreifbarkeit erfolgt, wobei sich folgendes ergeben hat:

a) Das Leitvermögen des Wassers wurde durch Gefäßwände oder eingetragenes gereinigtes Quarzglaspulver ebensowenig nachweisbar beeinflußt wie sonst durch „unlösliche Kieselsäure“. Auch längeres Digerieren bei 80°, wobei man die vom Bunsenbrenner entwickelte Schwefelsäure sorgfältig fernhielt, wirkte nicht merklich. Der Quarzkolben läßt sich sogar zum Reinigen von Wasser verwenden, wenn man dieses darin kocht und dadurch die Kohlensäure austreibt; das Leitvermögen verminderte sich dabei z. B. auf $0,72 \cdot 10^{-6}$. Auffällig ist die hervorragende Neigung zu Siedeverzügen; man mußte zuweilen dauernd kräftig schütteln, um das Sieden zu erhalten, ohne daß die Füllung herausgeschleudert wurde.

b) Durch ätzende Laugen, Lösungen kohlenaurer Salze und Ammoniaklösung werden die Quarzgefäße schon bei Zimmertemperatur unter Gewichtsverlust angegriffen.

c) Verdünnte Säuren haben keine merklich auflösende Wirkung.

d) Durch Abdampfen von konzentrierter Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Oxalsäure, Königswasser u. s. w. werden Quarzgefäße (in Tiegfelform) nur sehr wenig angegriffen.

e) Phosphorsäure in wässriger Lösung ist ohne Wirkung. Jenseits 400° findet eine Auflösung und eine starke Korrosion statt. Das weiße, pulverförmige Produkt derselben ist Silizylphosphat.

f) Quarzgeräte haben die Eigenschaft, aus konzentrierter Kalilauge Alkali zu absorbieren, welches nicht mit kaltem Wasser abgespült, wohl aber durch Erwärmen damit in Lösung gebracht werden kann.

g) Ebenso ist die Absorption gewisser Farbstoffe aus wässriger, alkoholischer oder ätherischer Lösung nachweisbar, z. B. von Methylenblau, Anilinblau, Jodeosin, Kongorot, Rhodamin.

h) Diese Beobachtungen sprechen für die Quellbarkeit der Quarzsubstanz unter Aufnahme von Lösungsmitteln.

4. Unterscheidung von Quarz und Glas³⁾.

Quarzgefäße lassen sich von Glasgefäßen leicht unterscheiden, indem man mit Hilfe eines Diamanten (oder Quarzstiftes) eine Kratzstelle erzeugt und diese mit ätherischer Jodeosinlösung benetzt. Nach dem Abspülen mit Äther erscheint die Stelle bei Glas rot, bei Quarz weiß.

¹⁾ Mylius, Meusser.

²⁾ Kohlrausch, Mylius, Meusser.

³⁾ Mylius.

An Röhren aus kalkarmem Glase, 3 Jahre lang in Akkumulatoren gebraucht, war unter dem Einfluß der Schwefelsäure eine 0,1 mm dicke Schicht entstanden, welche als Ersatz von ausgelaugetem Alkali 14% Wasser enthielt, ohne daß die glasartige Beschaffenheit verloren gegangen und eine scharfe Trennung der Schichten bemerkbar war; wohl aber waren die Röhren mit zahlreichen oberflächlichen Sprüngen bedeckt.

Die Vergleichbarkeit der Quarzgeräte mit den Produkten der Glasindustrie gab Veranlassung zu dem Versuche einer Klassifikation chemischer Gläser nach ihrer Angreifbarkeit durch Wasser. Der demnächst erscheinende Bericht des Internationalen Kongresses für angewandte Chemie wird eine ausführlichere Mitteilung darüber enthalten. Die vorgeschlagene Bezeichnung der Klassen ist dem technischen Sprachgebrauch entnommen: A. Quarz. B. Wasserbeständige Gläser. C. Resistente Gläser. D. Härtere Apparatengläser. E. Weichere Apparatengläser. F. Mangelhafte Gläser.

5. Aufnahme von Wasser durch Glas in Berührung mit verdünnter Schwefelsäure¹⁾.

6. Klassifikation chemischer Gläser²⁾.

Den Gegenstand größerer Arbeiten bildeten
 ein Vertikal-Komparator aus Nickelstahl,
 ein Gleitdrahtwiderstand,
 eine Galvanometeraufhängung nach Julius,
 ein Stromwender,
 ein Zeitschreiber,
 ein Bürstenhalter,
 ein transportables Torsionsmagnetometer,
 zwei Salpeterapparate zum Prüfen von Thermometern,
 ein Thermostat für Temperaturen bis etwa 250°,
 ein Schmelzofen für Thermoelemente,
 ein Schwefelsiedeapparat,
 ein Apparat zur Untersuchung planparalleler Platten,
 eine Vorrichtung zum Glühen von Platinblechen.

Mit Beglaubigungsstempel wurden versehen

100 Stäbe und Streifen aus Eisen und Stahl für magnetische Untersuchungen,
 48 Stimmgabeln,
 27 Bolzen und Spindeln,
 72 Hefnerlampen,
 12 Fassungen für Quarzplatten,
 327 Normalelemente, Widerstände und Thermometer.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
 (gez.) Kohlrausch.

VI. Arbeiten
 der Werkstatt.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

1. Thiesen, Über ein Platinthermometer. *Diese Zeitschr.* 23. S. 363. 1903.
2. Thiesen, Untersuchungen über die thermische Ausdehnung von festen und tropfbar flüssigen Körpern. VII. Bestimmung der Ausdehnung des Wassers für Temperaturen zwischen 50° und 100°. *Wiss. Abh.* 4. S. 1. 1904.
3. Scheel, Untersuchungen über die Wärmeausdehnung fester Körper. *Ebenda* S. 33. 1904.

¹⁾ Mylius.

²⁾ Mylius.

4. Scheel, Über die Ausdehnung des amorphen Quarzes. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 119. 1903.
 5. Scheel, Über die Spannkraft des Wasserdampfes unter 0°. *Ebenda* **5**, S. 287. 1903.
 6. Jaeger und von Steinwehr, Bestimmung des Wasserwertes eines Berthelotschen Kalorimeters in elektrischen Einheiten. *Ebenda* **5**, S. 50. 1903.
 7. Jaeger und von Steinwehr, Erhöhung der kalorimetrischen Meßgenauigkeit durch Anwendung von Platinthermometern. *Ebenda* **5**, S. 353. 1903.
 8. Holborn und Austin, Die Zerstäubung elektrisch geglähter Platinmetalle in verschiedenen Gasen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1903. S. 245.
 9. Holborn, Henning und Austin, Die Zerstäubung und Rekristallisation elektrisch geglähter Platinmetalle. *Wiss. Abh.* **4**, S. 85. 1904.
 10. Holborn und Austin, Über Kathoden-Zerstäubung. *Ebenda* **4**, S. 99. 1904.
 11. Kohlrausch, Über gesättigte wäßrige Lösungen schwerlöslicher Salze. I. Teil: Die elektrischen Leitvermögen (zum Teil mit den Hrn. Rose und Dolezalek beobachtet). *Zeitschr. f. phys. Chem.* **44**, S. 197. 1903.
 12. Kohlrausch, *The Resistance of the Ions and the Mechanical Friction of the Solvent.* *Proc. of the Roy. Soc.* **71**, S. 338. 1903.
 13. Kohlrausch, Beobachtungen an Becquerelstrahlen und Wasser. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 261. 1903.
 14. Jaeger, Bemerkung zu einer Mitteilung des Hrn. H. C. Bijl über Kadmiumamalgame. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **42**, S. 632. 1903.
 15. Jaeger und Dieselhorst, Die Quecksilbernormale der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt für das Ohm (Fortsetzung II). *Wiss. Abh.* **4**, S. 115. 1904.
 16. Jaeger, Über die in der Darstellung und Festhaltung des elektrischen Widerstandes erreichbare Genauigkeit. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1903. S. 544.
 17. Jaeger, Lindeck und Dieselhorst, Präzisionsmessungen an kleinen Widerständen in der Thomsonschen Brücke. *Diese Zeitschr.* **23**, S. 33 u. 65. 1903.
 18. Jaeger, Das Drehspulengalvanometer nach Deprez-d'Arsonval im aperiodischen Grenzfall. *Ebenda* **23**, S. 261. 1903.
 19. Jaeger, Die Empfindlichkeit des Drehspulengalvanometers im aperiodischen Grenzfall. *Ebenda* **23**, S. 353. 1903.
 20. Lummer und Gehrecke, Theorie und Leistungsfähigkeit der Dispersionsapparate hoher Auflösungskraft. *Wiss. Abh.* **4**, S. 61. 1904.
 21. Lummer und Pringsheim, Zur anomalen Dispersion der Gase. *Physik. Zeitschr.* **4**, S. 430. 1903.
 22. Lummer, Experimentelles über das Sehen im Dunkeln und Hellen. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **6**, S. 62. 1904.
 23. Lummer und Gehrecke, Über die Anwendung der Interferenzen an planparallelen Platten zur Analyse feinsten Spektrallinien. *Ann. d. Physik* **10**, S. 457. 1903.
 24. Lummer, Beitrag zur Klärung der neuesten Versuche von R. Blondlot über die n-Strahlen. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 416. 1903.
 25. Holborn und Kurlbaum, Über ein optisches Pyrometer. *Ann. d. Physik* **10**, S. 225. 1903.
- Private Veröffentlichungen.**
26. Kohlrausch, Herausgabe von Wilhelm Weber und Rudolf Kohlrausch: Fünf Abhandlungen über absolute elektrische Strom- und Widerstandsmessung. (Ostwalds Klassiker Nr. 142.) 116 S. Leipzig, W. Engelmann 1904.
 27. Thiesen, Zur Theorie der Diffusion. (Zweite Abhandlung.) *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 130. 1903.
 28. Jaeger, Über Normalelemente III. *Zentralbl. f. Akkumulatoren-, Elementen- u. Akkumobilienkunde* **4**, S. 19. 1903.
 29. Lummer, Die Ziele der Leuchtechnik. 112 S. München und Berlin, R. Oldenbourg 1903.

30. Scheel, Herausgabe von August Kundt: Vorlesungen über Experimentalphysik. XXIV, 852 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1903.
31. von Steinwehr, Übersetzung von: James Walker, Einführung in die physikalische Chemie. 428 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1904.
32. Gehrcke, Über die Elektrolyse der Schwefelsäure bei großer Stromdichte. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 263, 1903.
33. Gehrcke, Über neuere Fortschritte in der Konstruktion stark auflösender Spektralapparate. *Arch. d. Math. u. Phys.* **3**, S. 216, 1903.

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

34. Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter. Nr. 1 u. 2. *Zentralbl. f. d. Deutsche Reich* 1903, S. 140; *Elektrotechn. Zeitschr.* **24**, S. 361 u. 383, 1903.
35. Wiebe und Schwirkus, Beiträge zur Prüfung von Indikatorfedern. *Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing.* **47**, S. 54, 1903.
36. Rothe, Bestimmung des Schwefelsiedepunkts. *Diese Zeitschr.* **23**, S. 364, 1903.
37. Moeller, Bestimmung von Verbrennungswärmen mit dem Hempelsehen Kalorimeter. *Journ. f. Gasbeleucht. u. Wasserversorg.* **46**, S. 760, 1903.
38. Kurlbaum und Schulze, Pyrometrische Untersuchungen an Nernstlampen und Hohlkörpern aus Nernstmasse. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 427, 1903.
39. Orlich, Elektrometrische Untersuchungen. *Diese Zeitschr.* **23**, S. 97, 1903.
40. Rose und Kühns, Die Messung des Formfaktors einer Wechselfpannung. *Elektrotechn. Zeitschr.* **24**, S. 992, 1903.
41. Hagen und Rubens, Über Beziehungen zwischen dem Reflexionsvermögen der Metalle und ihrem elektrischen Leitvermögen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1903, S. 269; *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 113, 1903.
42. Hagen und Rubens, Das Emissionsvermögen der Metalle für lange Wellen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1903, S. 410; *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5**, S. 145, 1903.
43. Hagen und Rubens, Über Beziehungen des Reflexions- und Emissionsvermögens der Metalle zu ihrem elektrischen Leitvermögen. *Ann. d. Physik* **11**, S. 873, 1903.
44. Schönrock, Über die Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten der spezifischen Drehung des Zuckers von der Temperatur und der Wellenlänge. *Vortr. d. Sektion V d. V. Intern. Kongresses f. angewandte Chemie zu Berlin 1903, Heft 1*, S. 92; *Zeitschr. d. Vereins d. Deutsch. Zucker-Ind. (Techn. Teil)* **53**, S. 650, 1903.
45. Mylius, Zur Kenntnis der Molybdänsäure. *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* **36**, S. 638, 1903.
46. Groschuff, Neutrale und saure Alkaliformate. Studien über die Löslichkeit der Salze XI. *Ebenda* **36**, S. 1783, 1903.
47. Groschuff, Über das saure Ammoniumformat. Studien über die Löslichkeit der Salze XII. *Ebenda* **36**, S. 4351, 1903.

Private Veröffentlichungen.

48. Wiebe, Tafeln über die Spannkraft des Wasserdampfes zwischen 76° und 101,5°. 2. verm. Ausg. IX, 30 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1903.
49. Mylius, Die Elweißreaktion der Säuren. *Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch.* **36**, S. 775, 1903.
50. Orlich, Über die graphische Behandlung von Wechselstromproblemen. *Elektrotechn. Zeitschr.* **24**, S. 59, 1903.
51. Orlich, Tragbarer Belastungswiderstand. *Deutsch. Mech.-Ztg.* 1903, S. 65.
52. Orlich, Über Selbstinduktionsnormale und die Messung von Selbstinduktionen. *Elektrotechn. Zeitschr.* **24**, S. 502, 1903.

53. Rothe, Über den Invariantenbegriff in der Differentialgeometrie. *Sitzungsber. d. Berl. Math. Gesellsch.* 2. S. 42. 1903.
54. Rothe, Zur Theorie der Differential-Invarianten. *Crelles Journ.* 125. S. 241. 1903.
55. Schulze, Über den Spannungsverlust im elektrischen Lichtbogen. 53 S. *Inaugural-Dissertation, Hannover* 1903.
56. Schwirkus, Über die Prüfung von leichtflüssigen Metallegierungen für Dampfkessel-Sicherheitsapparate. *Mitt. aus der Praxis d. Dampfkessel- u. Dampfmaschinenbetriebes* 26. S. 1033. 1903.

Referate.

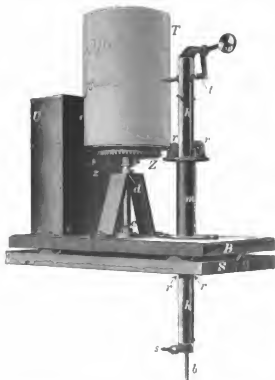
Seichensforschungen am Chiemsee.

Nach einer Dissertation der k. techn. Hochschule in München von A. Endrös.

Traunstein, A. Miller 1903. VIII, 117 S. m. II Taf.

Bei den Beobachtungen am Chiemsee wurden zunächst zwei Sarasinsche registrierende Linnimeter von der in *dieser Zeitschr.* 21. S. 193. 1901 beschriebenen Konstruktion verwendet. Dieselben haben sich auch hierbei wieder durchaus bewährt. Wenn auch im Hochsommer eine tägliche Temperaturdifferenz von 40° C. an den geschwärzten Apparateilen nicht selten ist, so kann die dadurch herbeigeführte Längenänderung der Schwimmerstange nur 1,6 mm und die Änderung des Streifenganges nur 1,2 Minuten pro Tag betragen; diese

Fehler kommen bei der Messung der sich in wenigen Minuten vollziehenden Wasserstandsschwankungen nicht in Betracht. Der tote Gang des die Schiene tragenden Zahnrades ist ungefähr 0,5 mm. Störungen entstanden mitunter dadurch, daß sich die gegenseitige Lage von Pegel- und Registrier-Apparat veränderte, sei es durch Verwerfen des Tisches infolge der Witterungseinflüsse oder durch starke Erschütterungen bei Wellengang oder, wenn bei raschem Steigen des Sees der Auftrieb des Schwimmers den Pegelapparat verschob. Die Verbindungsstange zog bzw. drückte dabei die beiden durch sie verbundenen Messingscheiben stark an ihre Lager. Wenn die Kurven an ihren höchsten und tiefsten Stellen abgeschnitten erschienen oder der Schreibstift eine gerade Linie zeichnete, war gewöhnlich die genannte Störung die Ursache. Bei der Bedienung des Apparates ist dann nur eine der Schrauben an der Verbindungsstange zu lockern und wieder anzuziehen. In größeren Zeiträumen werden ferner die



Gelenke der Verbindungsstange etwas lose; bei den vier Gelenken und dem 5-fachen Durchmesser der Scheiben gegenüber dem der Gelenke multipliziert sich der Fehler mit 20, sodaß das geringste Nachgeben schon einen merklichen toten Gang ausmacht. Die Gelenke müssen daher immer möglichst streng gehen.

Die beiden Sarasinschen Linnimeter waren am West- bzw. Nordende des Chiemsees aufgestellt. Da sich aber an beiden Punkten zumelst sehr komplizierte Kurven zeigten, war, noch dazu bei der unregelmäßigen Umrissform des Sees, ein drittes, leicht transportables Linnimeter notwendig, das schnell an Zwischenpunkten aufgestellt werden konnte. Obenstehende Figur stellt ein vom Verf. zu diesem Zweck konstruiertes Instrument dar. Die

Schwimmerstange b trägt direkt den Schreibstift t , der in einer horizontalen Führung durch den Hohlzylinder h gesteckt und mittels des Winkelhebels w an die Schreibtrommel T gedrückt wird. Die Schwimmerstange b wird von unten in den Hohlzylinder h gebracht und mittels der Druckschraube s verstellbar festgeklemmt. Der Hohlzylinder h bewegt sich in dem vertikal auf der Bodenplatte B befestigten Rohre m auf und ab, geführt durch je zwei an den beiden Enden desselben diametral angebrachte Friktionsrollen rr , rr , welche mit geschürften Rändern in Nuten des Hohlzylinders eingreifen (Rohr m mit den Friktionsrollenpaaren und dem Hohlzylinder wurde einer demontierten Schuckertschen Bogenlampe entnommen). Die Achse der Schreibtrommel T ist bei c und d gelagert. Das kräftige Federuhrwerk U bewegt durch die konischen Zahnräder z und Z die Trommel so, daß ein Streifenlang von 1 Millimeter pro Minute erhalten wird¹⁾. Das Ganze ist von einem Schutzkasten aus Holz bedeckt, auf dessen Boden S die Grundplatte B befestigt ist.

Der Vorteil dieses Instrumentes besteht einmal darin, daß sich der Schreibstift direkt an der Schwimmerstange befindet, weshalb die oben besprochenen Störungen wegfallen²⁾; dann kann dasselbe ohne Behülfe in wenigen Minuten aufgestellt und abmontiert werden.

Mit diesem Linnimeter wurden an 8 verschiedenen Uferpunkten des Sees Beobachtungen angestellt, während die beiden Sarasinschen Instrumente an den Endpunkten dauernd weiterregistrierten. Hierdurch wurde es schließlich möglich, das komplizierte Schwingungsbild des Sees zu entziffern. Es wurden im ganzen 12 Schwingungen verschiedener Dauer mit Sicherheit nachgewiesen. Die Hauptschwingung hat eine mittlere Dauer von 43,21 Minuten und ist fast immer anzutreffen. Einmal betrug ihre Amplitude 30 cm. Ebenso häufig beherrscht die binodale *Seiche* von 28,98 Minuten mittlerer Dauer den See (Verhältnis 1,48:1). Außerdem wurden zwei 3-knotige Schwingungen von 15,80 Minuten und 7,00 Minuten, eine 4-knotige von 11 Minuten und eine 6-knotige von 8,22 Minuten Dauer beobachtet, ferner Querschwingungen von 18,22 Minuten und 5 Minuten Periodendauer. Immer ist eine größere Zahl von Einzel-*Seiches*, bis 8 an einer Station, gleichzeitig vorhanden. Auch unter einer 90 cm starken Eisdecke waren fast immer noch Seeschwankungen mit einer Höhe bis zu 26 mm nachweisbar. Als Hauptursache der *Seiches* sind rasche Luftdrucksteigerungen anzusehen, wie sie besonders bei böigem Wetter über den See gehen.

A. Endrös in Traunstein, Bayern.

Polarisationsapparate und Saccharimeter.

Von Ph. Pellin. *Journ. de phys.* 2. S. 436. 1903.

„Die Polarisationsapparate und Saccharimeter sind Apparate von wesentlich französischer Erfindung.“ beginnt der Verf. Damit könnte man einverstanden sein, denn das erste Polarimeter ist von Biot konstruiert worden. So will der Verf. seinen Ausspruch aber nicht aufgefaßt wissen; er ist vielmehr der — allerdings unrichtigen — Ansicht, daß alle wesentlichen Verbesserungen der Polarimeter von Franzosen herrühren. Zum Beweise dieser Ansicht gibt der Verf. eine Zusammenstellung der bisher konstruierten Apparate. Lippich, der zuerst den korrekten Strahlengang in den Apparaten begründet und eingeführt und das beste und am meisten gebrauchte Halbschattenpolarimeter konstruiert hat, wird hierin nicht erwähnt!

Nach einem rein äußerlichen und daher ganz unwesentlichen Gesichtspunkte, nämlich nach dem Aussehen des Gesichtsfeldes teilt der Verf. die Apparate in folgende drei Klassen:

1. Apparate mit einheitlichem Gesichtsfelde ohne Trennungslinien; erster Apparat von Biot;

2. Apparate mit geteiltem Gesichtsfelde, dessen Teile neben einander liegen; erster Apparat mit der Quarzdoppelplatte von Soleil;

¹⁾ Nachträglich wurden zwischen den Zahnrädern z und Z zwei weitere Zahnräderpaare eingeschaltet, sodaß drei verschiedene Streifengeschwindigkeiten (20; 60 bzw. 180 mm pro Stunde) erzielt werden konnten.

²⁾ Vgl. auch diese Zeitschr. 23. S. 345. 1903.

3. Apparate mit konzentrisch geteiltem Gesichtsfelde; erster und einziger Apparat von Pellin.

Zu dieser Einteilung will der Ref. nur noch folgendes bemerken.

In die zweite Klasse werden auch die Halbschattenapparate einrangiert mit dem Bemerkung, das Halbschattenpolarimeter von Cornu habe als Ausgangspunkt für alle Halbschattenapparate gedient. Dieser Ausspruch ist um so unverständlicher, als wenige Zeilen darauf Cornus eigene Worte folgen: „Die Empfindlichkeit des Apparates wird erzeugt erstens durch einen Polarisator mit zwei Feldern, deren Polarisationsrichtungen wenig gegen einander geneigt sind, eine Vorrichtung, deren Prinzip von dem englischen Physiker Jelett angegeben ist, . . .“ Tatsächlich hat dieser viele Jahre vor Cornu den ersten Halbschattenpolarisator konstruiert.

Zur zweiten Klasse gehört auch der Laurentsche Halbschattenapparat mit der das Gesichtsfeld zur Hälfte bedeckenden Quarzplatte, die einen Gangunterschied von einem ungeraden Vielfachen der halben Wellenlänge erzeugt. Der von Pellin erfundene, die dritte Klasse vertretende Apparat ist nun nichts weiter als ein Laurentscher, nur ist die Laurentsche Platte z. B. kreisförmig gestaltet und zentrisch auf eine das Gesichtsfeld bedeckende Glasplatte gekittet. Diese Konstruktion ist aber schon vor vielen Jahren von Heele ausgeführt und veröffentlicht (*diese Zeitschr.* 16. S. 269. 1896) worden. Dies ist zwar für jeden Sachkundigen ganz unerheblich, denn die Laurentsche Platte besitzt gegen die Lippichsche Polarisatorvorrichtung keinerlei Vorzüge, sondern nur sehr erhebliche Nachteile. Schon vor mehr als einem Jahrzehnt hat Lippich in zwei für die Polarimetrie äußerst wichtigen Abhandlungen nachgewiesen, daß ein Apparat mit Laurentscher Platte überhaupt kein exaktes, zu absoluten Drehungsmessungen brauchbares Meßinstrument ist, da die gemessenen Drehungswinkel mit systematischen, von Laurent-Platte zu Laurent-Platte variierenden Fehlern behaftet sind, die mehrere zehntel Prozent betragen und daher die zufälligen Beobachtungsfehler sehr bedeutend übersteigen können. Dies behält auch für die Pellinschen Apparate seine Gültigkeit. Schck.

Bestimmung der optischen Konstanten eines zentrierten sphärischen Systems mit dem Präzisionsfokometer.

Von A. Schell. *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* 112. S. 1057. 1903.

Neue Methode zur Bestimmung der Linsenkonstanten.

Von Ch. Féry. *Journ. de phys.* 2. S. 755. 1903.

Das Präzisionsfokometer von Schell ist eine 2 m lange optische Bank, auf der ein Okular mit Fadenkreuz und ein Träger für das zu untersuchende System verschiebbar sind, während eine 100 mm lange Teilung am Ende der Bank senkrecht zur optischen Achse fest angebracht ist. Der Verfasser bestimmt die Brennweite durch Messung des Vergrößerungsverhältnisses bei zwei Abständen des Objektivs von der Teilung, wobei er die Bildgröße durch seitliche Verschiebung des Objektivs mißt. Dieses Verfahren ist, abgesehen davon, daß es auf der Einstellung auf „scharfes Bild“ beruht, an sich richtig, allein die vom Verf. angewandten Formeln sind etwas fehlerhaft. Auch übersieht er alle Fehler des Linsensystems, welches er als fehlerfreies, der Gaußschen Theorie entsprechendes Gebilde behandelt. Insbesondere müssen Distorsion und Bildwölbung seine Messungen, bei denen er sehr große Bildwinkel anwendet, stark verfälschen. Dagegen stellt er überall sehr gründliche Betrachtungen über die bei jeder einzelnen Messung möglichen Einstellungsfehler an, welche seine Arbeit für angehende Beobachter auf diesem Gebiete recht instruktiv machen.

Die Methode von Féry wendet zur Bestimmung der Brennweite einer Linse die Kombination einer Längen- und einer Winkelmessung an; man mißt von einem dünnen, der Achse parallelen Strahlenbüschel die Einfallshöhe r und den Achsenwinkel u nach der Brechung und geht also von der Gaußschen Definition der Brennweite $F = r' \operatorname{tg} u$ aus. An anderer Stelle (*diese Zeitschr.* 24. S. 35. 1904) hat Ref. bereits ausgeführt, daß es richtiger wäre, aus

den Messungen die Größe $S = r/\sin u$ als Ausdruck der Brennweite zu berechnen. Der Meßapparat von Féry hat die Form eines Spektrometers, auf dessen Tisch die Linse (optische Achse parallel der Kollimatorachse) in einem Support gehalten wird, der eine genau meßbare seitliche Verschiebung der Linse ermöglicht. Die Linse selbst befindet sich in einem parallelwandigen Glasgefäß, durch dessen Wände also die Messungen erfolgen müssen. Zur Bestimmung der Brechungsponenten der Linse wird das Gefäß mit einer Flüssigkeit gefüllt. Zweifelloß lassen sich mit diesem Instrumente eine Reihe interessanter optischer Messungen ausführen; allein diese Beobachtungen sind zahlreichen Fehlerquellen ausgesetzt, und ihre Theorie müßte erst weit gründlicher, als es in der vorliegenden Abhandlung geschehen ist, ausgearbeitet werden.

J. H.

Photogrammetrisches Fokometer für die mikroskopische Optik.

Von V. Legros. *Compt. rend.* 137. S. 314. 1903.

In einer ersten Veröffentlichung empfiehlt V. Legros (*Compt. rend.* 130. S. 270. 1900) den „Konstrukteuren von Mikroskopen und den Mikroskopikern,“ die „nur ziemlich dürftig mit Hilfsmitteln zur Bestimmung der optischen Konstanten ihrer Instrumente ausgestattet sind“, folgende Methode der Brennweitenbestimmung von Mikroskopobjektiven.

Auf die Plattform eines Horizontal-Teilkreises stellt man ein Horizontalmikroskop, das als Hilfsmikroskop dient. Auf seinem Tische ist eine feine Glasskale mit vertikalen Teilstriichen befestigt, die geteilte Fläche nach der Unterseite des Tisches gekehrt. Das Hilfsmikroskop wird auf die Skale eingestellt. Unter dem Mikroskoptische wird das zu untersuchende Objektiv in passenden Schiebhülsen konachsial mit dem Hilfsmikroskop angebracht und so eingestellt, daß es von einer fernen, vertikalen Hauskante ein scharfes Bild in der Ebene der Glastellung entwirft. Jetzt dreht man den Teilkreis und damit das ganze System um den Winkel α und mißt die Länge l , um die sich das Bild der Hauskante auf der Teilung verschiebt; dann ist die Brennweite des Systems $f = l \cdot \cotg \alpha$ (Definitions-gleichung der Brennweite, d. h. die Größe l von der Systemachse aus gemessen).

In dem neueren Aufsätze wird ein Instrument abgebildet und beschrieben, das eigens zur bequemeren Ausführung dieser Methode konstruiert ist, bestehend aus einem Horizontalkreis in fester Verbindung mit einem Horizontalmikroskop und den nötigen Hilfseinrichtungen.

Zu der Methode der Brennweitenbestimmung ist zunächst zu bemerken, daß seit längerer Zeit eine ihr im wesentlichen gleiche Methode bekannt ist und benutzt wird, die sich dadurch von jener unterscheidet, daß sie ohne Horizontalkreis und Horizontalmikroskop zum Ziele führt, nämlich folgende Methode.

Man stellt das zu bestimmende Mikroskopobjektiv S_2 auf den Tisch eines Vertikal-mikroskops. An einem einige Meter entfernten Fenster bringt man einen Papierstreifen von bestimmter Länge l an. Mit Hilfe des ebenen Beleuchtungsspiegels am Mikroskop entwirft S_2 annähernd in seiner hintern Brennebene von dem Papierstreifen l ein Bild, dessen Größe l' mit dem Hilfsmikroskop gemessen wird. Die optische Länge D zwischen Papierstreifen und zugewandtem Brennpunkt F des Systems S_2 mißt man direkt mit dem Bandmaß. Dann erscheint der Streifen l von F aus unter dem Winkel $u = \arctg l/D$, und die gesuchte Brennweite ist $f = l \cdot \cotg u = (l'/l) \cdot D$. Bei dieser Art der Bestimmung kann man den Fehler von f bei einiger Sorgfalt leicht auf 1 bis 2% halten, eine Genauigkeit, die meistens genügen wird.

Handelt es sich um Präzisionsbestimmungen, so erfordert bei beiden beschriebenen Methoden der Fehler von l eine besondere Untersuchung. l wird einmal dadurch gefälscht, daß wegen des endlichen Einstellungsraums das Bildehen l an einer falschen Stelle gemessen wird. Zur Beschränkung dieses Fehlers gestattet das von Legros beschriebene Fokometer die parallaxtische Fokussierung des Hilfsmikroskops. Zweitens wird l durch die Verzeichnung des zu untersuchenden Objektivs gefälscht. Um über den daraus entstehenden Fehler Aufschluß zu bekommen, empfiehlt Legros, mit Hilfe einer am Okular des Hilfsmikroskops angebrachten *Camera lucida* und eines geeigneten Testobjektes die Verzeichnung des Objektivs mikrometrisch zu bestimmen.

Dem gegenüber ist auf die Prinzipien hinzuweisen, die E. Abbe für bequeme Präzisionsbestimmungen von Brennweiten aufgestellt und in seinem Fokometer verwirklicht hat (vgl. diese Zeitschr. 12. S. 185. 1892). Den Einfluß des Einstellungsspielraums auf die Messung von l beseitigt er dadurch, daß er im Hilfsmikroskop den Strahlengang telezentrisch macht; die Verzeichnung eliminiert er, indem er — *mutatis mutandis* — die Brennweite als den Grenzwert von $f = l \cdot \cotg u$ einer Reihe von Bestimmungen mit abnehmendem l und u definiert.

Schließlich soll das von Legros beschriebene Fokometer zur Messung des Öffnungswinkels von Mikroskopobjektiven dienen, indem es am Horizontalkreise den Winkel abzulesen gestattet, bei dessen Durchlaufen eine punktförmige Lichtquelle, in der die Objektivachse enthaltene Horizontalebene liegend, das Gesichtsfeld des Mikroskops hell erscheinen läßt. Diese Art der Aperturbestimmung erscheint doch wesentlich unbequemer als die mit dem Abbeschen Apertometer.

H. a.

Messung kleiner Widerstände.

Von A. Campbell. *Phil. Mag. G. S. 33. 1903.*

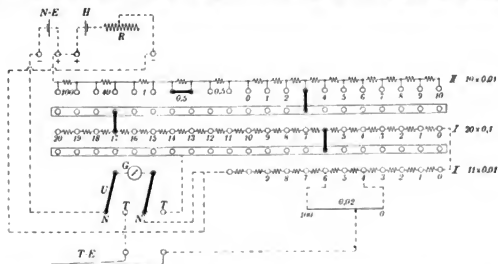
Verschiedene zur Messung kleiner Widerstände geeignete Methoden werden in der Weise miteinander verglichen, daß dieselben drei Widerstände im Betrag von 0,1; 0,01 und 0,001 Ohm nach diesen Methoden relativ gemessen werden. Verf. wendet fünf verschiedene Meßverfahren an, von denen das Kompensationsverfahren, die Thomsonsche Doppelbrücke und die Methode des Differentialgalvanometers am bekanntesten sind. Eine eingehende Diskussion ist in der Arbeit nicht enthalten; die verschiedenen Methoden geben auf einige Hunderttausendstel die gleichen Werte für die gemessenen Widerstände. Zum Schluß berechnet Verf. noch die Empfindlichkeit, welche man bei Anwendung der Kompensationsmethode für Galvanometer von verschiedenem Widerstand erzielen kann.

H. J.

Kompensator für thermoelektrische Messungen.

Von J. A. Harker. *Phil. Mag. G. S. 41. 1903.*

Der Apparat stellt einen Kompensator mit kleinem inneren Widerstand dar, wie sie in den letzten Jahren mehrfach ausgeführt worden sind. Die Stromstärke wird durch Kompensation eines Normalelements an besonderen Widerständen stets auf 0,01 Amp. einreguliert, sodaß die zu messende Spannung in der üblichen Weise zahlenmäßig direkt abzulesen ist.



Der maximale in den Kreis der Thermoelemente einzuschaltende Kompensationswiderstand beträgt 2,1 Ohm, entsprechend einer Spannung von 21 000 Mikrovolt. Zu diesem Zweck sind in Reihe I (s. die Figur) 20 hinter einander geschaltete Widerstände von je 0,1 Ohm und in Reihe II 11 Widerstände von je 0,01 Ohm vorhanden. Zu zweien von diesen letzteren Widerständen kann ein Schleifdraht von 0,02 Ohm parallel gelegt werden, sodaß die Summe der 11 Widerstände stets 0,1 Ohm beträgt. An den Enden des Schleifdrahtes herrscht also eine

Spannung von 100 Mikrovolt und seine Teilung läßt die Ablesung von Bruchteilen von 1 Mikrovolt zu. Wenn der Umschalter U auf T steht, ist das eine Ende des Thermoelements $T-E$ mit dem beweglichen Kontakt des Schleifdrahtes in Verbindung, während das andere Ende über den Umschalter und das Galvanometer G zu einer zu Reihe I gehörigen kupfernen Schiene führt. Diese endigt ebenso wie die Schiene der Reihe III an beiden Enden frei und ist mit einer Anzahl Quecksilbernapfe versehen, nm mittels amalgamierter Kupferbügel die Verbindung mit den ebenfalls in Quecksilbernapfen endigenden Widerständen von 0,1 Ohm herzustellen. Sowie der Apparat nach der Figur eingestellt ist, ist das Thermoelement $T-E$ kompensiert gegen den Spannungsabfall, der an 6 Widerständen zu 0,1 Ohm, 4 Widerständen von 0,01 Ohm und einem Bruchteil (etwa $\frac{1}{2}$) von 0,01 Ohm herrscht, also gegen eine Spannung von etwa 0,00613 Volt. Bei der anderen Stellung N des Umschalters ist das Normalelement $N-E$ in den Stromkreis des Galvanometers eingeschaltet. Zur Einstellung der Meßstromstärke sind eine Anzahl hinter einander geschalteter Widerstände vorhanden (Reihe III), von denen je nach Bedarf einige durch Kupferbügel, die in Quecksilbernapfe tauchen, kurz geschlossen werden können. Sie haben die Werte 100; 40; 1; 0,5; 0,5 Ohm, an die sich noch 10 Widerstände von je 0,01 Ohm schließen. Von dem Normalelement führt ein Draht zu dem Ende des Widerstandes von 100 Ohm. Der andere Pol ist mit dem einen Kontakt N des Umschalters U verbunden, während von dem rechts befindlichen Kontakt N ein Draht nach dem Ende der Reihe II führt. Nach der Figur befinden sich im Stromkreis des Normalelements die Widerstände 100; 40; 1; 0,5 Ohm sowie 3 Widerstände von 0,01 Ohm, ferner 17 der Reihe I und die Reihe II im Gesamtbetrag von 0,1 Ohm, zusammen also 143,33 Ohm, entsprechend einer Spannung von 1,4333 Volt (Spannung des Clark'schen Elements bei $14,6^{\circ}$ C.). Bei der vorliegenden Ausführung des Apparats ist, wie man sieht, das Meßbereich je nach der Temperatur des Clarkschen Elementes ein verschiedenes. Bei Ausschaltung der 40 Ohm u. s. w. kann auch ein Westonsches Kadmium-Element zur Stromeinstellung benutzt werden. Alle Widerstände sind aus Manganin gefertigt und künstlich gealtert, der Schleifdraht ist vergoldet. Der Apparat hat, wie ersichtlich, keine Kurbein, sondern alle Verbindungen werden durch Kupferbügel und Quecksilbernapfe hergestellt, was aber wohl etwas unbequem für den Gebrauch ist; seine Herstellung erfolgte in der Werkstatt des *National Physical Laboratory* in London. W. J.

Untersuchung der bei der Bestimmung der Gravitationskonstante in Spandau benutzten Materialien.

Von E. Haupt und E. Take. *Sitzungsber. d. Gesellch. zur Beförderg. d. ges. Naturw. zu Marburg*
Juni 1903.

Die Veranlassung zu der vorliegenden Untersuchung gab der von C. Braun (*Astronom. Vierteljahrsschrift* **34**, S. 51. 1898) ausgesprochene Verdacht, es könnten durch Magnetisierung unter dem Einflusse des Erdmagnetismus bei den in Spandau von Richarz und Krüger-Menzel (vgl. *diese Zeitschr.* **19**, S. 40. 1895) ausgeführten Bestimmungen der Gravitationskonstante Kräfte aufgetreten sein, welche das Messungsergebnis beeinflussen.

Die damals verwendeten Materialien waren Kupferkugeln von je 1 kg Gewicht, Hohlkugeln aus dünnem Platinblech von gleichem Volumen wie die Kupferkugeln, sowie ein Bleiklotz von 100000 kg. Da die Magnetisierbarkeit dieser Substanzen im Vergleich mit derjenigen ferromagnetischer Materialien nur sehr gering sein konnte, so wurde als Vergleichsobjekt eine Mischung von feinstem Eisenpulver mit Gips verwendet, aus welcher sich nach ihrem Abbinden Stäbe drehen ließen, deren Suszeptibilität mit dem Magnetometer zu 0,00875 ermittelt wurde. Aus dieser Masse stellte man nun Kugeln von gleichem Volumen wie die Spandauer Kupferkugeln her und brachte beiderlei Kugeln, an dem Arm einer Waage hängend, in das Feld eines starken Elektromagneten, sodaß sie etwas oberhalb der horizontalen Verbindungslinie von dessen Polmitten schwebten. Die Magnetisierbarkeit der Kugeln konnte dann proportional gesetzt werden den auf dieselben wirkenden Zugkräften, die durch Gewichte äquilibriert und so gemessen wurden.

Die Magnetisierbarkeit der Platin-Hohlkugeln verglich man nach demselben Verfahren mit derjenigen von gleichdimensionierten Aluminium-Hohlkugeln, deren Suszeptibilität man wieder durch Vergleichung von Vollkugeln aus Aluminium mit den Eisen-Gipskugeln ermittelte. Schließlich wurde auch noch die Suszeptibilität des Bleis durch Vergleich mit derjenigen des Aluminiums bestimmt.

Auf Grund dieser Messungen ergab es sich, daß die Größe der magnetischen Kraft, mit welcher diese verschiedenen Stücke während der Wägung in Spandan aufeinander wirkten, verschwindend klein gegenüber der Gravitationswirkung war, sodaß auf die Anbringung einer Korrektur wegen der Magnetisierung der Materialien verzichtet werden konnte.

Dagegen ist, wie Richarz im Anschluß an die obige Abhandlung mitteilte, eine andere kleine Fehlerquelle in den Spandauer Messungen ermittelt worden. Diese beruht darauf, daß die Unterlage des großen Bleiklotzes eine gewisse Elastizität besaß, infolge deren sie sich nach dem Abbau des Klotzes um etwa 0,074 cm hob.

Da nun der in die Rechnung eingehende Abstand zwischen der Unterkante des Klotzes und der auf der Wagschale befindlichen angezogenen Masse erst nach dem Abbau des Klotzes bestimmt werden konnte, so wurde dieser Abstand in der Berechnung um den obigen Betrag zu groß angenommen. Die hieraus folgende Korrektur für die Gravitationskonstante G und die mittlere Erddichte J beträgt jedoch nur 3 bzw. 2 Einheiten der dritten Dezimale, während der wahrscheinliche Fehler auf 11 bzw. 9 Einheiten angegeben worden war, die Korrektur liegt also noch vollständig innerhalb des wahrscheinlichen Fehlers. Das verbesserte Endresultat ist nunmehr

$$G = (6,682 \pm 0,011) \cdot 10^{-8} \text{ C.G.S.-Einheiten} \quad \Delta = 5,507 \pm 0,009.$$

Gleich.

Ausdruck für die Horizontalabstand beim Fadendistanzmesser mit geneigter Ziellinie und bei nicht senkrecht stehender Latte.

Von G. Bonaccorsi. *Rivista di Topogr. e Catasto* 15, S. 177. 1903.

Die Distanzlatte schließt, statt vertikal gerichtet zu sein, mit der Richtung der Lotlinie den Winkel γ ein (für die Bezeichnungen des Verf. sind die bei uns gebräuchlichen gesetzt), wobei γ das Vorzeichen + oder - habe, je nachdem die Latte gegen das Instrument hin oder vom Instrument weg geneigt ist; l sei der Lattenabschnitt, der an dieser unrichtigen Latte zwischen den Distanzfäden erscheint und z die Zenitdistanz der Zielung über den Mittelfaden; ferner D die Horizontalabstand zwischen der Kippachse des anallaktischen Fernrohrs und dem Standpunkt der Latte, endlich k die Multiplikationskonstante des Fernrohrs und t die am Mittelfaden erscheinende Lattenablesung (Aufsetzpunkt der Latte und Skalennullpunkt sollen zusammenfallen). Man erhält mit diesen Bezeichnungen

$$D = kl \sin^2 z + kl \sin^2 z \left(\frac{\sin(z + \gamma)}{\sin z} - 1 \right) - \frac{l \cos^2(z + \gamma) \sin z}{4k \sin(z + \gamma)} + t \sin \gamma \quad 1)$$

oder einfacher

$$D = kl \sin^2 z \frac{\sin(z + \gamma)}{\sin z} - \frac{l \cos^2(z + \gamma) \sin z}{4k \sin(z + \gamma)} + t \sin \gamma \quad 2)$$

Ist der Fehler der Lattenstellung $\gamma = 0$, so wird

$$D = kl \sin^2 z - \frac{l \cos^2 z}{4k} \quad 3)$$

Die zwei Korrektionsglieder rechter Hand in 2) sind klein, z. B. erreicht das letzte selbst mit $l = 3 \text{ m}$ und $\gamma = 2^\circ$ (was mit bloßem Auge auffällt) nur $0,1 \text{ m}$; und das zweitletzte Glied rechter Hand in 2) (das letzte rechter Hand in 3)) ist eigentlich immer vernachlässigbar. Man kann also das Ergebnis in folgendem Satz aussprechen: Die Fehler in den Horizontalabständen, die durch nicht genaue Lattenstellung mit konstantem Fehler γ entstehen, sind den Horizontalabständen selbst proportional und zwar verhalten sich, bei der Zenitdistanz z der Mittelzielung, die Fehler zu den Distanzen selbst wie

$$\left(\frac{\sin(z + \gamma)}{\sin z} - 1 \right) : 1.$$

Man kann, um zu zeigen, daß dieser Proportionalitätsfaktor selbst proportional γ ist, noch entwickeln (was der Verf. nicht tut) und findet, wenn nun γ in Halbmessertellen genommen und, was hier stets angeht, $\sin \gamma = \gamma$ und $\cos \gamma = 1 - \frac{1}{2}\gamma^2$ gesetzt wird, ihn gleich

$$-\frac{\gamma^3}{2} + \frac{\gamma}{\operatorname{tg} z} = \gamma \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{1}{2} \gamma \right),$$

wenn $\alpha = 90^\circ - z$ den Höhenwinkel der Zielung bedeutet. Das Hauptglied des Entfernungsfehlers ist also, wie bekannt, $D \gamma \operatorname{tg} \alpha$. Hammer.

Hilfsta fel zur Berechnung der Richtungskoeffizienten für Koordinatenausgleichungen.

Von O. Eggert. Entworfen von Fr. Kreisel. 8°. 3 S. u. 1 Taf. Berlin, P. Parey 1903.

Den Hilfsmitteln zur Bestimmung der Richtungskoeffizienten beim Einschneiden trigonometrischer Neupunkte in einem Netz gegebener Punkte, wie sie z. B. in einiger Vollständigkeit bei Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. Bd. I. 4. Aufl. Stuttgart 1895. S. 330—334 aufgezählt sind, fügt der Verf. ein neues hinzu; seine graphische Tafel zum Ablesen dieser Koeffizienten (wie der Titel richtiger lauten würde) bedeutet den vorhandenen Bestimmungsarten gegenüber insofern einen Fortschritt, als man die Richtungskoeffizienten für alle gegebenen Punkte zugleich erhält, wobei allerdings vorausgesetzt wird, daß eine scharf nach Koordinaten aufgetragene Übersicht der in Betracht kommenden trigonometrischen Punkte in genügend großem Maßstab, z. B. 1:10000, vorhanden ist. Ist α_n der Richtungswinkel von dem rückwärts einzuschneidenden Punkt P (oder dem in den Konspekt einzutragenden Näherungspunkt P_0) nach einem der gegebenen Punkte P_n , so sind in den Verbesserungsgleichungen von der Form

$$v_i = a_i \xi + b_i \eta - l_i$$

die Koeffizienten der Korrekturen (ξ, η) des Näherungspunktes (x_0, y_0) in der auf den Punkt P_n sich beziehenden Gleichung bekanntlich

$$a_n = + \frac{\sin \alpha_n}{s_n} \cdot e'' , \quad b_n = - \frac{\cos \alpha_n}{s_n} \cdot e'' \quad \dots \quad 1)$$

Denkt man sich durch den Näherungspunkt P_0 Parallele zu den Achsen gezogen, so hat in dem so gebildeten Koordinatensystem der Punkt P_n die Koordinaten

$$y = s_n \cdot \sin \alpha_n , \quad x = s_n \cdot \cos \alpha_n \quad \dots \quad 2)$$

Da aus den Gleichungen 1) folgt

$$s_n^2 = \left(\frac{\sin \alpha_n}{a_n} \cdot e'' \right)^2 = \frac{e''}{a} \cdot y \quad \text{und} \quad s_n^2 = \left(- \frac{\cos \alpha_n}{b_n} \cdot e'' \right)^2 = \frac{e''}{b} \cdot x \quad 3)$$

so zeigt die Quadrierung und Addition der zwei Gleichungen 2), daß die Punkte, denen dasselbe a zukommt, auf einem Kreis mit dem Halbmesser $e''/2a$ liegen, der die Parallele zur x -Achse durch P_0 in P_0 berührt, und ebenso die Punkte, denen ein und dasselbe b zukommt, auf einem Kreis mit dem Halbmesser $e''/2b$ liegen, der die Parallele zur y -Achse durch P_0 in P_0 berührt. Die Tafel enthält nun Kreise gleicher a (oder gleicher b); sie wird auf die Netz Karte (in 1:10000) so gelegt, daß der Tafelmittelpunkt mit dem Neupunkt [Näherungspunkt (x_0, y_0)] sich deckt und daß der mit a bezeichnete Pfeil in die Richtung $+x$ fällt. Liest man an den einzelnen gegebenen Punkten die Zahlen durch Interpolation zwischen die gezogenen Isoplethen ab, so hat man sämtliche a mit richtigen Vorzeichen; dreht man die Tafel im Uhrzeigersinn um 90° und liest wieder ab, so erhält man auch die b . Die Kreise der Tafel sind so beziffert, daß beim Maßstab 1:10000 der Netz Karte die Korrekturen (ξ, η) des Näherungspunktes in dm auszudrücken sind und aus den Normalgleichungen erhalten werden.

Bemerkt sollte im Text und auf der Tafel sein, daß die Vorzeichen unmittelbar für Rückwärtseinschneiden gelten, für Vorwärtseinschneiden also umzukehren sind. Diese Be-

merkung wäre um so wichtiger, als auf der Jordanschen Zahlen-Hilfstafel, die demselben Zweck dient und viel benutzt wird, die Sache bekanntlich umgekehrt ist. Unbequem kann für einzelne Punkte auch in der Kleintriangulierung werden, daß die Tafel in den Achsenrichtungen nur für Punkte bis 1800 m (in den die Achsenwinkel halbiierenden Richtungen also bis rund 2500 m) Entfernung ausreicht.

Über die Genauigkeit wird gesagt, daß sie für alle trigonometrischen Punktbestimmungen der Landmessung genüge, wenn man gute Näherungskordinaten annehme und von einer Schärfe der Rechnung absehe, die außer Verhältnis zur Genauigkeit der Messung stehe. Einige Versuche mit der Tafel bestätigen dies rasch.

Vgl. zum vorstehenden auch den Aufsatz desselben Verf. „Über die günstigsten Punktlagen beim Einschneiden“ in der *Zeitschr. f. Math. u. Phys.* **49**, S. 145. 1903. Hammer.

Neu erschienene Bücher.

C. Wolf, *Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793*. gr. 8°. XII, 392 S. mit 16 Tafeln. Paris, Gauthier-Villars 1902. 13,00 M.

Das vorliegende Werk bildet den ersten Teil einer vollständigen Geschichte der Pariser Sternwarte, und zwar reicht dieser Teil bis zum Jahre 1793, bis zur Abdankung des letzten Sprosses der berühmten Astronomendynastie der Cassini. Mit dem Hereinbrechen der Revolution mußte D. Cassini IV (de Thury) dem neuen Zeitgeiste als „Aristokrat“ weichen. Es ist ein trübes Bild, welches Wolf von der schmällichen Absetzung Cassinis und der Auflösung aller Disziplin in den letzten Tagen seiner Direktion entwirft. Das vorliegende Werk ist von ganz besonderem Interesse, weil es einmal das erste seiner Art ist und weil es weiterhin sich mit der zweitältesten Sternwarte Europas, welche den Namen einer solchen verdient, beschäftigt; nur das Observatorium zu Kopenhagen ist einige Jahre vor der Einrichtung des Pariser Instituts auf dem berühmten Turme jener Stadt gegründet worden. Greenwich folgte erst acht Jahre später.

Die Gründung der Pariser Sternwarte fällt in das Jahr 1667, in welchem das Terrain für dieselbe angekauft wurde. Es sollte dort ein Gebäude errichtet werden, welches aber keineswegs als Sternwarte allein gedacht war, vielmehr sollte es die Sitzungsräume der ein Jahr früher gegründeten Akademie, deren Bibliothek und auch die Sammlungen aller naturwissenschaftlichen Disziplinen enthalten. Dementsprechend wurde auch die Einrichtung getroffen, daß den Astronomen als Beobachtungsplätze eigentlich nur die große Plattform und die Terrassen überwiesen wurden; die übrigen Räume des umfangreichen Gebäudes waren weder für astronomische Beobachtungen bestimmt noch dazu geeignet. Es ist Colberts Verdienst, überhaupt den Sinn für die Pflege der Wissenschaft so weit geweckt zu haben, daß Geld für ein so großes Unternehmen flüssig gemacht werden konnte; ging doch sein Plan dahin, alle großen Gelehrten nach Paris zu berufen. Wenn diese Absicht auch bei vielen fehlschlug, wie bei Leibniz, Hevelius, Newton u. A., so gelang es doch, den damals noch jungen italienischen Gelehrten Jean-Dom.-Cassini 1669 zu gewinnen, und mit diesem beginnt nun auch die eigentliche Geschichte der Sternwarte, obgleich er niemals ihr Direktor war, denn die Tätigkeit an derselben unterstand noch bis zur zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts einer Kommission der Akademie. Erst Cassini IV wurde zum Direktor ernannt und mit der alleinigen Führung der Geschäfte des Instituts betraut.

Wolf gibt in 21 Kapiteln alle wichtigen Ereignisse, welche in den 126 Jahren für das Observatorium von Bedeutung waren, und zwar werden, soweit es das noch vorhandene Material gestattet, überall die authentischen Dokumente mit zum Abdruck gebracht. Einen erheblichen Teil derselben hatte schon kurz vor seiner Abdankung Cassini IV gesammelt zum Zweck der Abfassung einer Geschichte der Sternwarte. Die Kapitel I, II und III geben die Daten, welche sich auf die Gründung beziehen, sowie die Verhandlungen bezüglich des zu wählenden Platzes, ebenso die Summen, welche der Bau unter Perrault gekostet

hat und welche etwa 714000 Fr. betragen haben mögen. Im Kap. III beginnt aber auch schon die Beschreibung der Anlage, und es werden die Widersprüche erwähnt, welche zwischen Cassini und den Baumeistern entstanden, da ersterer nicht von der Zweckmäßigkeit des Baues überzeugt werden konnte. In Kap. III wird außer der Art der Verwaltung auch die Höhenlage des Observatoriums angegeben und zwar beträgt dieselbe nach dem Nivellement von Bourdaloue 60,775 m und nach dem neuen Nivellement von Lallement 60,153 m, bezogen auf die Höhenmarke auf der Schwelle der Nordtüre. Dem ersteren Nivellement liegt eine andere Referenzebene zugrunde. Das Kapitel IV führt uns in das Innere des Gebäudes und zwar zunächst in das Erdgeschoß und in die als Wohnung des „Concierge“ dienenden Räume; diesen Titel führte der Verwalter der Sternwarte. Als erster bezog diese Räume Claude-Antoine-Couplet (1672—1722). Er sowohl wie sein ihm folgender Sohn scheinen keine Muster sorgfältiger und treuer Beamten gewesen zu sein. Später wohnten in den Räumen noch u. A. Maraldi, Abbé Rochon (bekannt durch die Einführung doppelt brechender Medien in Mikrometer-Apparaten), Legentil und zuletzt auch César-François-Cassin (IV) de Thury, welcher 1771 den Titel eines Direktors erhalten hatte.

Im V. Kapitel werden die bekannten Keller des Observatoriums eingehend beschrieben und durch einen Plan (VI) erläutert. Auf einer Treppe in der Mitte der großen Halle steigt man 28 Meter hinunter und vom Boden aus kann man dann durch Öffnungen in allen Etagengewölben nach dem Himmel hinausschauen, wobei man etwa einen Kreis von 1° Zenit-Distanz überblickt (die ganze Höhe bis zur Plattform beträgt 55 Meter). Cassini wollte durch diese Öffnungen hindurch Sterne bei Tage mit bloßem Auge beobachten. Ähnliche Einrichtungen sind später auch an anderen Orten getroffen worden, aber mit gleich negativen Resultaten. Diese Keller zeichnen sich durch eine außerordentlich konstante Temperatur aus, die sich fast stets auf 11,9° C. hält. Wie die oben erwähnte, durch das ganze Gebäude hindurchgehende Öffnung zur Aufstellung eines 80 Fuß hohen Wasserbarometers unter Cassini und zu den Fallversuchen, durch die die Rotation der Erde bewiesen werden sollte, diente, so ist die Konstanz der Temperatur bei der Herstellung der Thermometer von Bedeutung geworden durch die Versuche von Lavoisier und Cassini im Jahre 1783. Während der Revolutionszeit argwöhnte man, diese Keller würden zur Aufbewahrung von Waffen benutzt. Die Cassinischen thermischen Instrumente wurden bei den Durchsuchungen zertrümmert, das Thermometer Lavoisiers entging nur durch einen glücklichen Zufall der Zerstörung. Das VI. Kapitel enthält die Beschreibung des ersten Stockes; außer den Wohnräumen befindet sich dort der große Mittelsaal, in welchem Jacques-Dom-Cassini eine Meridianlinie gezogen hatte, die ihm zur Beobachtung der Kulmination der Sonne und damit zur Bestimmung des Beginnes des wahren Tages diente. Jacques Cassini hat 1712 diese Linie erneuert, sie scheint aber nicht besonders sicher markiert gewesen zu sein, denn er selbst hat dieselbe häufiger durch Beobachtungen korrespondierender Höhen wieder berichtigen müssen. Außerdem ist dieses Kapitel der persönlichen Geschichte der Cassinis gewidmet; die angeführten Daten sind überall durch die betreffenden Dekrete u. s. w., die in genauer Wiedergabe beigebracht werden, belegt.

In dem zweiten Stockwerk befanden sich die Wohnräume der Astronomen und, wie im VII. Kap. des weiteren mitgeteilt wird, hatte auch den großen Saal dieser Etage Cassini zur Herstellung einer großen Sonnenuhr bestimmt. Hier wurden von Roemer die Beobachtungen zur Bestimmung des Sommersolstitiums 1681 gemacht, für welches er Juni 20. 11^h 45^m fand. Der Gnomon, als welcher dieser Saal mittels einer Öffnung, die sich 30 Fuß 6³/₄ Zoll oberhalb des Fußbodens befand, diente, ist aus vielen Schilderungen bekannt. Die Vergleichungen der Normal-Toisen, die zu den Mitte des 18. Jahrhunderts zur Ausführung gelangten Erdmessungen benutzt wurden, sind ebenfalls hier ausgeführt¹⁾. In diesem Stockwerk befand sich auch die große Maschinen- und Apparatensammlung (bis 1740) sowie die

¹⁾ Wolf gibt aus den Akten an:

Toise von Picard = Toise du Nord (1 — 0,0010045),
 „ „ „ „ von Cassini (1 — 0,0010289).

Kartensammlung und das Geheimarchiv. Die meteorologischen und vor allem die magnetischen Aufzeichnungen, welche letztere eine der längsten, ununterbrochen fortgeführten Beobachtungsreihen darstellen, wurden hier gemacht¹⁾. Im nächsten Kapitel wird die Plattform des Gebäudes beschrieben mit ihren im Laufe der Zeit mehrfach wechselnden Aufbauten und sonstigen Veränderungen. Von hier aus wurden die Versuche über die Geschwindigkeit des Schalles im Jahre 1677 angestellt. Das Kap. IX handelt von den Sitzungen der Akademie, die teilweise in der Sternwarte abgehalten wurden, und beschreibt die Vorgänge bei verschiedenen Besuchen, welche Fürstlichkeiten (darunter Peter der Große) dem Institute abstatteten.

Wesentlich interessanter für die Leser dieser Zeitschrift ist der Inhalt der folgenden drei Kapitel, welche sich mit den Instrumenten der Sternwarte, die bis 1793 in Benutzung waren, beschäftigen. Es mag hier aber nur kurz erwähnt werden, daß unter diesen Instrumenten Oktanten, Sextanten und Quadranten die Hauptrolle spielen. Dieselben hatten von 2 bis 8 Fuß Radius und waren in der ersten Zeit meist aus Eisen gebaut und schon mit Fernrohren versehen; denn etwa um das Jahr 1670 waren solche mit astronomischen Meßinstrumenten statt der bis dahin üblichen Diopter verbunden worden. Wolf zählt unter anderen die vollständigen Instrumentalausrüstungen auf, wie sie von La Hire, Picard und wie sie auf den Expeditionen nach Peru, dem Kap und nach Lappland benutzt wurden. In der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts und gleich nach Errichtung des Observatoriums spielen besonders die Campanischen Objektive von 40, 80, 100 und mehr Fuß Brennweite, mit denen die älteren Cassinis beobachteten, eine große Rolle. Zum Zweck ihrer Benutzung wurde sogar ein großer hölzerner Turm (der Turm von Marly), der bis dahin zur Hebung des Seinewassers gedient hatte, nach der Sternwarte transportiert. Mit einem solchen Objektiv von 100 Fuß entdeckte Cassini 1684 die beiden neuen Saturn-Satelliten (Thetis und Dione), während er schon früher, 1671 und 1672, mit Objektiven von 17 Fuß und 34 Fuß den entferntesten (Japetus) und den gleich auf Titan folgenden (Rhea) aufgefunden hatte. Auch Cassinis Mondkarte beruht auf Beobachtungen mit solchen Objektiven. Es dürfte hier vielleicht noch von Interesse sein, kurz die Instrumente aufzuzählen, welche etwa um 1780 das Observatorium besaß. 1. Mauerkreis von 6 Fuß; 2. einen solchen von $3\frac{1}{2}$ Fuß; 3. einen 6-füßigen transportablen Quadranten mit Punktteilung von $10'$ zu $10'$; 4. einen ebensolchen von 3 Fuß Radius mit Transversalteilung von $1'$ zu $1'$ (von Langlois 1756 konstruiert; derselbe wurde auf der Expedition von La Pérouse benutzt); 5. einen ebensolchen Quadranten mit achromatischem Fernrohr von Canivet; 6. einen kleinen Quadranten von 1 Fuß; 7. ein Durchgangsinstrument (in schlechtem Zustand), dasselbe ging später mit d'Agelet auf dessen Expedition mit La Pérouse zugrunde; 8. eine Pendeluhr (Hauptuhr) von Le Roy; 9. eine solche von Berthoud; 10. eine Pendeluhr von geringererem Werte; 11. einen Sekundenzähler von Berthoud.

Dazu kommen noch einige kleinere Instrumente und einige andere, welche die beiden Cassinis auf ihrem Landgut Thury zu benutzen pflegten. Man sieht, daß eine allzu reichhaltige Ausstattung nicht vorhanden war.

Auf S. 191 werden ferner die wenigen Instrumente beschrieben, welche Pingré auf seine beiden Expeditionen zur Beobachtung der Vorübergänge der Venus vor der Sonnenscheibe mitgenommen hat, darunter war ein Fernrohr von 18 Fuß Länge. Für die Geschichte der Instrumentenkunde sind die Kap. XI und XII überhaupt von ganz besonderem Wert, da auch Wolf nie versäumt, die Quellen anzuführen, wo sich Abbildungen und nähere Beschreibungen der nahaft gemachten Instrumente befinden.

Für die nächsten Kapitel, welche sich mit der Direktion der Sternwarte, ihrem Verhältnis zur Akademie der Wissenschaften beschäftigen, mag hier nur der Hinweis genügen, daß auch da für die meisten Mitteilungen die authentischen Dekrete und gleichzeitige Auszüge aus den amtlichen Akten beigebracht sind. Die Kap. XVI bis XVIII beschäftigen sich

¹⁾ Am 21. VI. 1667 war die Abweichung der Magnethadel auf dem damals eben angekauften Terrain der Sternwarte zu $15'$ West bestimmt worden.

mit der Neuorganisation in Bezug auf die Verfassung und die Personalverhältnisse des Observatoriums, sowie mit den baulichen Änderungen, z. B. den nach und nach nötig gewordenen Anbauten für die Quadranten und Mauerkreise, die an der Hand von Abbildungen erläutert werden.

Im Jahre 1784 wurde Cassini auf seinen Antrag ermächtigt, drei neue große Instrumente anzukaufen. Es war dieses ein großer Mauerkreis von 6 bis 8 Fuß Radius¹⁾, ein Äquatorale mit Kreisen von 16 Zoll Durchmesser und ein Kreis von mindestens 3 Fuß Durchmesser, welchen Cassini im Meridian aufzustellen gedachte. Die Instrumente sollten alle drei bei französischen Mechanikern gebaut werden, das erste von Charité, das zweite durch Meynier (oder Mégnié, wie Wolf ihn auch schreibt) und das dritte sollte Lenoir bauen; der Preis wurde auf etwa 24 000 Francs festgesetzt. Der Raum, welcher hier zur Verfügung steht, gestattet nicht, die interessanten Verhandlungen, welche Cassini mit den bedeutendsten Mechanikern über diese Instrumente führte, wiederzugeben, es muß auf das Original verwiesen werden; aber der Verlauf gestaltete sich so, daß schließlich an Stelle des großen Äquatorals ein zufällig gerade käufliches Fernrohr von Dollond von 7 Zoll Öffnung für 6000 Francs angekauft wurde. Der Vollkreis war bis 1793 von Lenoir noch nicht geliefert und um den großen Mauerkreis herzustellen, mußte am Observatorium selbst eine Werkstatt hergerichtet werden, da die französischen Mechaniker nicht die nötigen Einrichtungen besaßen; aber trotzdem mißlangen auch diese Versuche, und es wurde an dessen Stelle gelegentlich einer Reise Cassinis nach England ein großes Durchgangsinstrument bei Ramsden bestellt, welches dieser Künstler aber auch erst 1803 ablieferte. Auch der von Cassini ins Werk gesetzte Versuch, sich in der Herstellung guten optischen Glases von England frei zu machen, mißlang damals gänzlich; die hierauf bezüglichen Mitteilungen finden sich am Schlusse des XVIII. Kap. Der Inhalt der drei letzten Kapitel bezieht sich zumeist auf die Neuorganisation der Verwaltung der Sternwarte, die mit der eingangs schon erwähnten Ernennung Jacques Cassinis (IV) zum eigentlichen Direktor des Observatoriums zusammenhängt, und die auch den bis dahin nicht regelmäßig bestimmten Etat festsetzte, sodaß in dieser Beziehung den vielfachen Strömungen und Gegenströmungen teils sachlicher, teils persönlicher Natur ein Ende gemacht wurde. Mit der erzwungenen Abdankung Cassinis IV und der Schilderung der dabei vorgekommenen Ereignisse schließt das äußerst interessante Buch, welches nicht nur, wie sein Titel besagt, eine Geschichte des Observatoriums gibt, sondern zugleich den Stand und die Fortschritte der Astronomie, sowie die der astronomischen Instrumentenkunde während fast anderthalb Jahrhunderten schildert. *Ambrosio.*

O. D. Chwolson, Lehrbuch d. Physik. Übers. v. Oberlehr. H. Pflaum. 2. Bd. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

2. Lehre vom Schall (Akustik); Lehre v. der strahlenden Energie. XXII, 1056 S. 1904. 18,00 M.; geb. 20,00 M.

A. Gray, Lehrbuch d. Physik. Deutsch v. Prof. Dr. F. Auerbach. 1. Bd. Allgemeine u. spezielle Mechanik. gr. 8°. XXIV, 838 S. m. 400 Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 20,00 M.; geb. in Leinw. 21,00 M.

Wechselstromtechnik, Die. Hrsg. v. Prof. E. Arnold. 3. Bd. gr. 8°. Berlin, J. Springer. Geb. in Leinw.

3. E. Arnold, Die Wicklungen der Wechselstrommaschinen. IX, 366 S. m. 426 Fig. 1904. 12,00 M.

Festschrift, Ludwig Boltzmann gewidmet zum 60. Geburtstage. 20. II. 1904. gr. 8°. XII, 930 S. m. 1 Portr., 101 Abbildgn. im Text u. 2 Tafeln. Leipzig, J. A. Barth 1904. 18,00 M.

G. Kapp, Dynamomaschinen f. Gleich- u. Wechselstrom. 4. verm. u. verb. Aufl. gr. 8°. IX, 620 S. m. 255 Fig. Berlin, J. Springer 1904. Geb. in Leinw. 12,00 M.

¹⁾ Um jene Zeit besaß das Observatorium der Kapuziner in der *Rue St. Honoré* ein solches Instrument von 7 $\frac{1}{2}$ Fuß, die *École militaire* einen Quadranten von Bird von ähnlichen Dimensionen und das Observatorium in Greenwich hatte gleich große Instrumente desselben Mechanikers.

- F. L. O. Wadsworth**, *On the optical conditions required to secure maximum accuracy of Measurement in the use of the Telescope and Spectroscope.* 8°. 84 S. m. 20 Fig. Chicago 1903. 4,00 M.
- Lord Kelvin**, *Baltimore Lectures on Molecular Dynamics and the Wave Theory of Light.* 8°. 694 S. London 1904. Geb. in Leinw. 15,50 M.
- E. Thacher**, *Patent Calculating Instrument or cylindrical Slide-Rule. Containing complete and simple rules and directions for performing the greatest variety of useful calculation with unexampled rapidity and accuracy.* 8°. 71 S. m. Illustr. New York 1903. 5,00 M.
- G. A. Wentworth**, *Plane and Solid Geometry. Surveying and Navigation.* 2., revid. Ausg. 8°. 427 S. m. Fig. Boston 1903. Geb. in Leinw. 6,00 M.
- E. Thiéry**, *Des Méthodes topographiques.* gr. 8°. 461 S. m. 3 Taf. u. 318 Fig. Paris 1903. 10,00 M.
- R. Rühlmann**, *Grundzüge der Wechselstrom-Technik. Eine gemeinfaßl. Darstellg. der Grundlagen der Elektrotechnik der Wechsel- u. Mehrphasenströme. Zugleich Ergänzungsband zu desselben Verf.: Grundzüge der Gleichstromtechnik. 2., umgearb. Aufl. gr. 8°. XIV, 619 S. m. 505 Abbildg. u. 1 Diag.-Taf. Leipzig, O. Leiner 1904. 15,75 M.; geb. in Leinw. 17,00 M.*
- R. Assmann**, *Die Temperatur der Luft üb. Berlin in der Zeit vom 1. X. 1902 bis 31. XII. 1903, dargestellt nach den tägl. Aufstiegen am aeronautischen Observatorium des königl. preuß. meteorolog. Instituts. qu.-gr. 8°. 15 graph. Taf. m. 4 S. Text. Berlin, O. Salle 1904. 1,20 M.*
- Jahrbuch der Elektrochemie.** Begründet und bis 1901 hrsg. v. Prof. Dr. W. Nernst u. Prof. Dr. W. Borchers. Berichte üb. die Fortschritte d. J. 1902. Hrsg. v. Dr. H. Danneel. 9. Jahrg. gr. 8°. XI, 750 S. m. Abbildg. Halle, W. Knapp 1904. 24,00 M.
- A. Sieberg**, *Handb. d. Erdbekunde.* gr. 8°. XVIII, 362 S. m. 113 Abbildg. u. Karten im Text. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 7,50 M.
- D. Levitus**, *Rechenmaßstab. Graphische Tafel zum Multiplizieren, Dividieren, Potenzieren, Radizieren, sowie zur Logarithmenberechnung u. zu allen trigonometrischen Berechnungen.* gr. 8°. 22 S. m. Fig. u. 1 Taf. Freiberg, Frotscher 1904. 1,50 M.
- E. Rutherford**, *Radio-Activity.* 8°. Mit Fig. Cambridge 1904. 10,80 M.
- R. E. Middleton and others**, *Treatise on Surveying.* 2. Ausg. Tl. I. 8°. 300 S. m. Fig. London 1904. Geb. in Leinw. 10,80 M.
- P. Duhem**, *Recherches sur l'Hydrodynamique. Série II: Les conditions aux limites; le théorème de Lagrange et la viscosité; les coefficients de viscosité et la viscosité au voisinage de l'état critique.* 4°. 153 S. Paris 1904. 6,50 M.
Série I: 211 S. m. Fig. 1903. 8,50 M.
- F. Loppé**, *Traité élémentaire des enroulements des Dynamos à courant continu.* 8°. VI, 79 S. m. 12 Taf. u. 15 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1904. 2,50 M.
- E. Rothe**, *Contribution à l'étude de la polarisation des Electrodes.* gr. 8°. 213 S. m. Fig. Paris 1904. 8,00 M.
- W. Borchers**, *Die Beziehungen zwischen Äquivalentvolumen u. Atomgewicht. Ein Beitrag zur Festigg. u. Vervollständiggg. des period. Systems der Elemente.* gr. 8°. 17 S. m. Fig. Halle, W. Knapp 1904. 0,80 M.
- Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften.** Nr. 14 u. 23. 8°. Leipzig, W. Engelmann. Kart.
14. C. F. Gauß, *Die vier Beweise f. die Zerlegung ganzer algebraischer Funktionen in reelle Faktoren 1. od. 2. Grades.* 1799—1849. Hrsg. v. E. Netto. 2. Aufl. 82 S. m. 1 Taf. 1904. 1,50 M. — 23. W. Hittorf, *Über die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. Abhandlungen.* 1853—1859. 2. Tl. Hrsg. v. W. Ostwald. 2., durchgeseh. Aufl. 141 S. m. 1 Taf. 1901. 1,50 M.
- E. C. Behrendt u. W. Kröhn**, *Kompendium d. qualitativen Analyse.* 8°. 132 S. Berlin, S. Calvary & Co. 1904. Geb. in Leinw. 3,00 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

Juli 1904.

Siebentes Heft.

Über Einrichtung und Behandlung der Apparate zur Bestimmung der Radioaktivität von Bodenproben und Quellsedimenten¹⁾.

Von

J. Elster und H. Geitel in Wolfenbüttel.

Jeder radioaktive Körper hat die Eigenschaft, die in seiner Nähe befindliche Luft zu ionisieren, d. h. ihr elektrisches Leitungsvermögen über das normale zu steigern. Besonders deutlich zeigt sich dies, wenn man ein abgeschlossenes Luftquantum der von dem aktiven Körper ausgehenden Strahlung aussetzt. Diese Reaktion ist von großer Empfindlichkeit, für Radium von mindestens derselben Feinheit wie die spektralanalytische gegenüber dem Natrium.

In einem Apparate, dessen Beschreibung weiter unten folgt, bestimmt man zunächst den Potentialabfall eines in einem abgeschlossenen Luftquantum von normaler Leitfähigkeit befindlichen, isolierten, auf etwa 200 Volt geladenen Metallzylinders in einer gemessenen Zeit, etwa in einer Stunde. Hierauf bringt man die auf Radioaktivität zu prüfende Substanz in den Apparat und ladet den Metallzylinder von neuem auf etwa 200 Volt. Stellt sich jetzt in gleicher Zeit eine größere Spannungsabnahme als vorher heraus, so ist damit — fehlerfreies Funktionieren des Instrumentes vorausgesetzt — im allgemeinen die Radioaktivität der Substanz erwiesen. Man überzeugt sich leicht, daß bei Verwendung der doppelten oder dreifachen Gewichtsmenge, sofern eine Schichtdicke von 1 bis 2 mm nicht überschritten wird, auch die doppelte oder dreifache Spannungsabnahme in der Zeiteinheit erzielt wird. Man kann demnach stets die von gewogenen Quantitäten verschiedenartiger Körper ausgehende Strahlung auf die einer gleichen Gewichtsmenge — etwa 125 g — reduzieren. Durch eine Wägung und zwei elektrostatische Messungen läßt sich also ein Maß für die Radioaktivität beliebiger Stoffe gewinnen.

Da elektrostatische Messungen immer mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft sind, so dürfte es allen denen, die beabsichtigen, die von uns angeregten Untersuchungen von Bodenproben und Quellsedimenten auf Radioaktivität weiter fortzuführen, nicht unerwünscht sein, über die Einrichtung und Behandlung der einschlägigen Apparate ausführlichen Aufschluß zu erhalten.

Das Instrument (Fig. 1) besteht im wesentlichen aus drei Teilen: einer ebenen Grundplatte *T*, einem Elektroskope *E* (in Fig. 2 im Schnitt dargestellt) mit auf-

¹⁾ Die Beschreibung der Apparate ist z. T. unseren Veröffentlichungen in der *Physik. Zeitschr.* 4. S. 137. 1902; 5. S. 321. 1904 entnommen.

Hergestellt werden sie in den Werkstätten der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig, Höfenstr. 12. Dieser Firma sind die innere Isolation, die Spiegelablesung sowie die Hochspannungssäule durch Gebrauchsmuster geschützt.

gesetztem Zerstreungskörper *K* und einer doppelt tubulierten, mit zwei diametral sich gegenüber stehenden Glasfenstern *O* versehenen zylindrischen Metallglocke *G*, welche das Ganze überdeckt. Der isolierte, gebogene Draht *BK*, dient zum Laden des isolierten Systems mittels einer Trockensäule, die ringförmige Zinkschale *Z* zur Aufnahme der zu prüfenden Substanz.

Das Instrument, mittels dessen das Potential des isolierten Metallzylinders bestimmt wird, ist ein geeichtes Elektroskop Exnerscher Form, versehen nach unseren Angaben mit innerer Isolation, Natriumtrocknung und Spiegelskala.

Die etwas stark gearbeitete Trennungsplatte *A* der Aluminiumblättchen trägt an ihrem unteren Ende *A*, einen kurzen, zylindrischen Ansatz aus Messing und ist mit diesem — abweichend von der Exnerschen Konstruktion — an der tiefsten

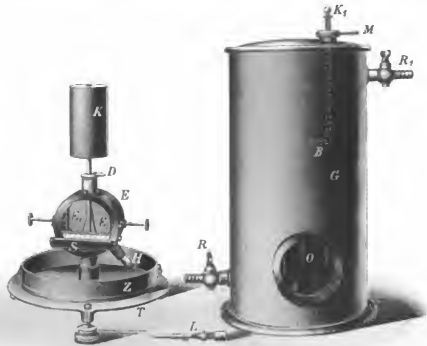


Fig. 1.

Stelle des Gehäuses in einen Bernsteinstopfen eingeschraubt. Oben endet sie in eine kleine Kugel *C* mit konischer Bohrung. Die vordere Glaswand *FJ* des Gehäuses ist unten bis *N* auf der Innenseite versilbert, die scharfe obere Grenze des Silberbelags verläuft horizontal. Die an dem Halter *P* befestigte Skala *S* liegt mit ihrem oberen Rande gerade so weit vor dem Spiegel, wie die vordere Kante der Elektroskopblättchen dahinter. Hierdurch wird erreicht, daß ein zweckmäßig mit einer Lupe *Q* bewaffnetes Auge das Bild des oberen Randes der Skala genau in der Ebene der ihm zugewandten Kanten der Blättchen sieht. Eine parallaktische Verschiebung der Blättchen gegen das Spiegelbild der Skala bei Änderung der Lage des Auges ist daher nicht möglich, vorausgesetzt, daß die Skala richtig eingestellt wurde. Geringe Verschiebungen derselben, ausreichend, einen etwaigen parallaktischen Fehler zu beseitigen, lassen sich durch Verstellen des Schraubchens *s* bewirken. Die Ablesung geschieht durch das Beobachtungsfenster *O* der Glocke *G* (Fig. 1), während durch das in der Rückwand von *G* gelegene Beleuchtungsfenster die Skala das notwendige Licht erhält.

Ein weiterer Vorzug der beschriebenen Konstruktion des Elektroskopes liegt darin, daß die einzige isolierende Vorrichtung, der Bernsteinstopfen, weder mit der Außenluft noch mit irgend welchen fremden Körpern in Berührung kommen kann. Will man sie noch gegen etwa einfallenden Staub schützen, so ist dies durch eine unmittelbar über dem Bernsteinstopfen angebrachte Schutzplatte aus gleichem Materiale (unter A_1 in Fig. 2) leicht ausführbar.

Für den allerdings äußerst seltenen Fall, daß bei hohem Feuchtigkeitsgehalte der Luft die Isolation etwas nachläßt, ist eine Trockenkammer angebracht, nämlich der für gewöhnlich durch einen Gummistopfen geschlossene Metalltubus H , in den ein erbsengroßes Stück metallischen Natriums, an eine durch den Gummistopfen geführte Nadel aufgespießt, eingebracht werden kann. Man beachte, daß die Vorrichtung nur ganz ausnahmsweise anzuwenden ist, und versäume nie, das Natrium zu entfernen, bevor man das Elektroskop in das zugehörige Etui zurücklegt.

Liegt das Instrument in diesem, so ist das Gehäuse oben durch den Deckel D geschlossen und die Schutzbacken E_1 und E_2 sind zusammengeschoben. Vor dem Gebrauche steckt man die Messinghülse y über den Zapfen z der Grundplatte, dreht den Deckel D zur Seite, setzt den Zerstreungskörper K , dessen Stiel in die konische Öffnung von C eingeschliffen ist, auf den Blättchenträger und zieht dann erst die Schutzbacken E_1, E_2 vorsichtig soweit als möglich auseinander. Überhaupt mache man sich zur Regel, das Elektroskop nur dann in die Hand zu nehmen, nachdem zuvor die Blättchen durch Heranschieben der Schutzbacken gesichert sind.

Um einer Beschädigung des Blättchenträgers vorzubeugen, hat man darauf zu achten, daß beim Überdecken des Elektroskopes durch die Metallglocke der horizontale (untere) Teil B (Fig. 1) des Drahtes K_1 so gestellt ist, daß er an der Wandung von G anliegt.

Ist Verdacht vorhanden, daß die Isolation des Elektroskopes gelitten hat, so verfähre man folgendermaßen: Man entferne die überdeckende Glocke und den Zerstreungskörper K ; sodann stecke man den mit Ebonitgriff versehenen Ladestift L (Fig. 1) in C ein, lade das Elektroskop auf etwa 200 Volt, entferne den Ladestift und schließe das Instrument durch den Deckel D . Die Divergenz der Blättchen darf dann im Laufe einer Stunde nur eine Abnahme zeigen, der etwa 0,4 bis 0,6 Volt entsprechen. Ist sie wesentlich größer, so bringe man bei geschlossenem Instrumente die Natriumtrocknung in Anwendung. Wird hierdurch der Schaden nicht gebessert, so ist ein Stübchen radioaktiver Substanz ins Elektroskop hineingeraten. Das Instrument ist dann dem Mechaniker zur Reparatur einzusenden.

Die Ladung des Zerstreungskörpers K mittels einer Trockensäule wird dadurch ermöglicht, daß man dem Drahte B eine solche Stellung gibt, daß er den Zylinder K berührt. Nach erfolgter Ladung führt man ihn mittels der isolierten Handhabe M wieder in seine frühere Lage, in der er mit der geerdeten Wandung des Gehäuses Kontakt hat, zurück.

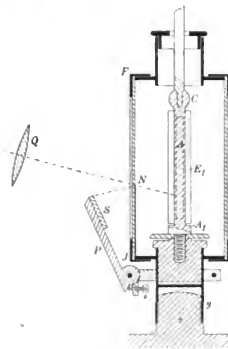


Fig. 2.

Die Troekensäule besteht aus etwa 1100 Plattenpaaren aus unechtem Gold- und Silberpapier; die kreisrunden Scheiben sind zentral durchlocht und auf ein gefirnissetes Ebonitstäbchen aufgereiht. Eine am oberen Ende befindliche Schraubvorrichtung gestattet, den Zusammenhang der Blättchen zu lockern oder sie etwas zusammen zu pressen; es läßt sich so der innere Widerstand der Säule innerhalb gewisser Grenzen regulieren. Die Säule ist hängend in dem zugehörigen Schränkchen aufzubewahren und zwar möglichst an einem trocknen, warmen Orte. Auch vermeide man durchaus, sie während des Experimentierens oder nach demselben auf leitender Unterlage, wie etwa der Platte des Tisches, liegen zu lassen. Hierdurch wird sie kurzgeschlossen und kann dauernd in ihrer Maximalspannung zurückgehen. Säulen, bei denen dies eingetreten ist, lassen sich meist dadurch wieder aufbessern, daß man sie einige Stunden lang der strahlenden Wärme eines Ofens oder noch besser im Freien den Strahlen der Sonne aussetzt.

Die Säulen mit einer äußeren Schutzhülle zu versehen, sie also etwa in ein Ebonitrohr oder ein Glasrohr einzubauen, wirkt direkt schädlich. Außerdem begibt man sich des Vorteils, daß man dem Elektroskope, je nach dem Punkte, an dem man die Säule erdet, jede beliebige Spannung von wenigen Volt bis zur vollen Spannung des nicht abgeleiteten Poles mitteilen kann.

Läßt es sich nicht vermeiden, daß die Säule häufig dem Einflusse feuchter Luft ausgesetzt wird, etwa wie bei Reisen in den Tropen, so ist sie in mehrere Abteilungen zu zerfällen und nach Art einer Hochspannungstroekensäule (vgl. weiter unten) in einem gut schließenden Metallkasten unterzubringen.

Die Spannung, bis zu welcher man den Zerstreungskörper K aufgeladen hat, wird an dem geeichten Elektroskope abgelesen. Die Eichung besorgt auf Wunsch der Mechaniker und fügt dem Instrument eine nach Art einer Logarithmentafel eingezeichnete Eichentabelle bei. Beim Ablesen gibt man am bequemsten durch Drehen der einen Stellschraube in der Grundplatte dem Elektroskopträger eine solche Neigung, daß eins der Aluminiumblättchen auf einen vollen Teilstrich der Skale einspielt; man zählt dann die zwischen den inneren Rändern der Blättchen befindlichen Skalenteile der Spiegelskale und schätzt die Zehntel. Beim Aufladen des Elektroskopes halte man die Säule in der Hand, etwa in der Mitte umfaßt, und gebe allmählich immer mehr von der Säule frei, bis eine passende Divergenz erreicht ist. Man vermeidet so das Durchschlagen der Blättchen und ein Haften derselben an den Schutzbacken. Da letzteres nicht immer durch eine sanfte Erschütterung des Apparates zu beseitigen ist, so wird man bisweilen gezwungen, bei unvorsichtigem Laden den Apparat wieder auseinander zu nehmen, die Schntzbacke, an der das Blättchen haftet, zu bewegen und nach Loslösung des letzteren den Apparat neu aufzubauen. Ist die Säule sehr kräftig, so kann bei unrichtiger Handhabung die Aluminiumfolie seitlich gegen die Glaswänden getrieben werden, an denen sie dann kleben bleibt. Jedem Versuche, durch einen mechanischen Eingriff die Blättchen in ihre normale Lage zurückzubringen, ist durchaus zu widerraten. Man beschieke vielmehr den Tubus H mit etwas Natrium und lasse das Elektroskop ruhig stehen; sobald die Glaswände trocken und unelektrisch geworden sind, kehren die Blättchen meist von selbst in ihre richtige Lage zurück. Das Klebenbleiben der Blättchen an dem Glase kann auch durch eine unbeabsichtigte Elektrisierung der Glasplatten des Elektroskopehäuses hervorgerufen werden. Man vermeide daher, namentlich an trocknen Tagen, bei auseinander gezogenen Schutzbacken die Glasplatten des Gehäuses mit Wolle oder Leder zu berühren.

Zur Bestimmung der Beobachtungszeit verwendet man zweckmäßig eine mit einer Arretierung versehene Sekunden-Uhr. Bei schwach wirksamen Substanzen, also bei langen Beobachtungszeiten kommt man zwar mit einer gewöhnlichen Taschenuhr aus; bei stark wirksamen dagegen, bei welchen die Dauer der Beobachtung auf 4 bis 6 Minuten verkürzt werden muß, gewinnt die Genauigkeit der Zeitbestimmung durch Verwendung einer Uhr mit Arretierung wesentlich.

Bezüglich des Vorkommens radioaktiver Substanzen ist nach den bisherigen Erfahrungen folgendes zu beachten.

Feste, unverwitterte Gesteine geben im allgemeinen nur schwache Anzeichen radioaktiver Wirkung, wenn nicht in ihnen Uran oder Thor auch chemisch nachweisbar ist. Dagegen lassen die Verwitterungsprodukte, namentlich älterer vulkanischer Gesteine, eine deutliche Wirkung erkennen; dabei scheint das radioaktive Prinzip an den tonigen Bestandteilen des Bodens zu haften. An Sedimenten aus Thermalquellen können die radioaktiven Eigenschaften mit derselben Deutlichkeit hervortreten, wie an Uran oder Thor führenden Erzen.

Das auf Radioaktivität zu prüfende Material ist, fein pulverisiert, in lufttrocknem Zustande der Untersuchung zu unterwerfen.

Der Verlauf einer Messung gestaltet sich nun folgendermaßen. Wir legen dabei ein Beobachtungsprotokoll zugrunde, das sich ergab, als wir ein *Thermalquellen-Sediment aus Wiesenbad im Erzgebirge* auf seinen Gehalt an radioaktiver Substanz prüften. Zu diesem Versuche standen uns nur 40 g Substanz zur Verfügung. Diese waren gewonnen durch Durchbeutelung von etwa 2 kg des dem Boden der Quelle entnommenen groben Kieses durch feinste Gaze.

Zunächst wurde die Vorprobe gemacht, d. h. nachdem der Apparat zusammengesetzt war, wurde bei leerer Schale Z (Fig. 1) der Zerstreungskörper geladen. Das Elektroskop zeigte eine Divergenz von 31,9 Skalenteilen, nach der Eichungstabelle entsprechen dieser 169,9 Volt. Nach einer Stunde wurde der Stand der Blättchen von neuem abgelesen, die Divergenz war auf 28,9 Skalenteile gesunken; das Potential des Zerstreungskörpers betrug nunmehr 159,2 Volt. Dieser hatte also im Laufe einer Stunde durch die natürliche Leitfähigkeit der Luft 10,7 Volt an Spannung verloren, also: *Ergebnis der Vorprobe* 10,7 Volt. Jetzt wurde auf dem Boden der Zinkschale Z das Sediment ausgebreitet und die Messung wiederholt. Nunmehr sank das Potential des Zerstreungskörpers in einer Stunde von 178,0 auf 144,0 Volt, die Spannungsabnahme betrug also 34,0 Volt. Zieht man hiervon die Vorprobe 10,7 ab, so erhält man als Resultat:

40 g Sediment bewirken in einer Stunde einen Spannungsabfall von 23,3 Volt; eine Gewichtsmenge von 125 g würde daher einen solchen von

$$\frac{23,3}{40} \cdot 125 = 72,8 \text{ Volt}$$

hervorrufen.

Damit ist die Untersuchung indessen noch nicht beendet. Es erübrigt noch festzustellen, ob die Substanz radioaktive Emanation ausgibt. Zu dem Zwecke beläßt man sie einige Zeit — bei schwacher Wirkung etwa 12 Stunden, bei starker 10 Minuten bis 1 Stunde — in dem Apparate und wiederholt die Messung unter Verzicht auf die Vorprobe, da eine Lüftung der Metallglocke unsatthaft ist. Nach etwa 12 Stunden fand sich bei dem Wiesenbader Sediment eine Steigerung der Wirkung um 20%, ein untrügliches Zeichen, daß Emanation vorhanden ist. Die Glocke wurde nun gelüftet, ihre Innenfläche, sowie die Oberfläche des Zerstreungs-Körpers mit

einem reinen Tuche gut abgerieben und der Apparat erst dann wieder zu einem neuen Versuche benutzt, nachdem jede Spur induzierter Strahlung verschwunden war. Dies zeigt sich daran, daß die „Vorprobe“ wieder auf ihren anfänglichen Wert von 8 bis 12 Volt zurückgeht.

Ist die zu prüfende Substanz stark wirksam, sodaß das Elektroskop in wenigen Minuten entladen wird, so tritt das Vorhandensein von Emanation durch eine auffällige Steigerung der Entladungsgeschwindigkeit zuweilen schon bei einer zweiten, sich unmittelbar an die erste anschließenden Messung hervor. Man unterbreche dann den Versuch sofort, um nicht den Apparat für eine Reihe von Tagen mit induzierter Aktivität zu infizieren. Auch achte man sorgfältig darauf, daß kein Stäubchen einer derartigen stark wirksamen Substanz in dem Apparate zurückbleibt oder gar in das Innere des Elektroskopes eindringt. Aus demselben Grunde ist dringend davor zu warnen, künstliche hochaktive emanierende Präparate, etwa Radium, zu Vergleichszwecken in den Apparat einzuführen. Es liegt dann die Gefahr ganz außerordentlich nahe, das Instrument dauernd durch Infektion zu verderben.

Auch die Zinkschale ist nach jeder Messung, bei der sie mit aktivem Materiale in Berührung kam, sorgfältigst zu säubern. Ferner vergesse man nie, die Schale, die bei der Messung die zu prüfende Substanz aufnehmen soll, bei Beginn der Vorprobe, also leer, unter die Glocke zu setzen.

Auch über die Natur des radioaktiven Prinzips in der der Untersnehmung unterworfenen Substanz lassen sich auf rein physikalischen Wege ohne chemische Untersuchung Anhaltspunkte gewinnen.

Macht man unter Anwendung von Radiumemanation irgend einen Leiter „induziert“ aktiv und setzt man die Intensität J der induzierten Strahlung in dem Moment (zur Zeit $t = 0$) gleich 100 ($J_0 = 100$), in welchem er der induzierenden Einwirkung der Radiumemanation entzogen wurde, so erhält man nach den Untersuchungen von Herrn und Frau Curie folgende für das Radium charakteristische Abklingungskurve:

Zeit in Minuten:	0	15	30	45	60	75	90	105	120
Strahlung:	100	92,3	78,0	62,7	48,7	36,9	27,5	20,3	14,8.

Auch das Element Thorium liefert Emanation, die induzierend wirkt. Merkwürdigerweise steigt hier aber die induzierte Strahlung anfänglich langsam an und fällt nach Rutherford erst nach etwa 11 Stunden auf die Hälfte ihres Wertes. Hiermit in Übereinstimmung fanden wir folgende für das Thorium ebenfalls kennzeichnende Abklingungskurve:

Zeit in Stunden:	0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	4	16	21	42	62
Strahlung:	40	48	53	59	53	26	18	3,5	1,5.

Ist nun eine Bodenprobe oder ein Quellsediment in dem vorstehend beschriebenen Apparate als radioaktiv und Emanation ausgebend erkannt, so läßt sich auch, falls eine ausreichende Menge Materials zur Verfügung steht, die Abklingungskurve der induzierten Strahlung bestimmen.

Bei Substanzen von etwa der Aktivität des bekanntlich zu Heilzwecken viel verwandten Fangoschlammes benötigt man 20 bis 25 kg, bei solchen von etwa der 30- bis 50-fachen Aktivität des Fango kommt man mit weniger, etwa mit $\frac{1}{2}$ bis 1 kg aus. Nach dem Vorgange von Rutherford bewirkt man die Aktivierung in einem geschlossenen, geräumigen Metallgefäße, indem man den zu aktivierenden Körper — wir verwenden meist Bleidrähte von 30 bis 40 cm Länge und 1 mm Stärke — darin einige Stunden lang auf einem negativen Potentiale von 2000 bis 3000 Volt hält.

Die Metallschale L (Fig. 3) auf dem Boden des Gefäßes G_1 — dasselbe soll mindestens 100 Liter fassen — oder bei großen Quantitäten dieses selbst, nimmt die emanierende Substanz auf. Der unten mit einer Öse O versehene Drahtalter OO_1 ist durch ein gut isolierendes, auswechselbares Ebonitrohr mit Natriumtrocknung N hindurchgeführt; der Draht D darf die emanierende Substanz keinesfalls berühren. Man verstärkt die Wirkung wesentlich, wenn man Draht und Sediment etwa einen Tag, bevor man die Abklingkurve bestimmen will, in das Gefäß einführt. Der Raum über der Schale hat alsdann Zeit, sich mit Emanation zu sättigen. Die etwa zweistündige negative Ladung des Drahtes D kann man in verschiedener Weise bewirken, etwa durch ein Induktorium mit sicher funktionierendem Unterbrecher oder eine durch einen Motor getriebene Influenzmaschine oder durch den Anschluß an den negativen Pol einer Hochspannungs-Batterie. Empfehlenswert, weil leicht transportabel, ist auch die von uns zu derartigen Zwecken konstruierte Hochspannungs-Trockensäule (Fig. 4). Diese, aufgebaut aus etwa 6000 Plattenpaaren aus unechtem Gold- und Silberpapier, ist zerlegt in 30 Teilsäulen von etwa 75 Volt Spannung, die, je auf einen Ebonitstab aufgereiht, in einem gut schließenden Metallkasten untergebracht sind. Beim Transport werden die Teilsäulen durch beigegebene Seidenpolster fest abgestopft; diese Polster sind vor Verwendung der Säule zu entfernen. Wird die Säule nicht gebraucht, so läßt sie die Selbstentladung durch Auseinanderschalten der Abteilungen stark beschränken; die Umhüllung durch den Kasten schützt Plattenpaare und Ebonitisolationen vor Staub, Feuchtigkeit und Licht. Auf dem Deckel

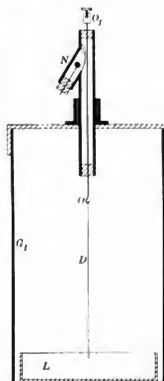


Fig. 3.

polster fest abgestopft; diese Polster sind vor Verwendung der Säule zu entfernen. Wird die Säule nicht gebraucht, so läßt sie die Selbstentladung durch Auseinanderschalten der Abteilungen stark beschränken; die Umhüllung durch den Kasten schützt Plattenpaare und Ebonitisolationen vor Staub, Feuchtigkeit und Licht. Auf dem Deckel

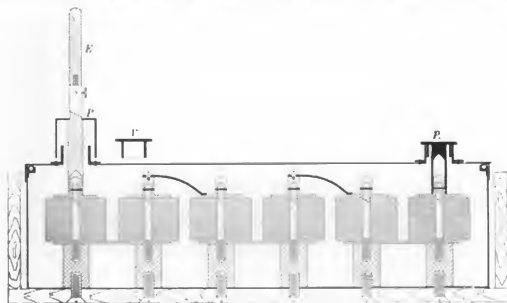


Fig. 4.

des Metallkastens sind in passenden Intervallen kurze Metallhülsen aufgesetzt, durch welche nach Entfernung des Verschlusses V an Ebonitgriffen E befestigte Metallröhrchen P in das Innere des Kastens eingeführt werden können, die sich über die Polzapfen überschieben. Bei einem dieser Röhrchen P_0 , das mit der Aufschrift „Erde“

versehen ist, fehlt die isolierende Handhabe. Durch seine Einführung wird der betreffende Pol der Säule leitend mit dem umhüllenden Kasten verbunden und so zur Erde abgeleitet. Zur Vermeidung eines Kurzschlusses der Säule mache man sich zur Regel, diese mit der Aufschrift „Erde“ versehene Hülse erst dann über den positiven Pol überzuschieben, nachdem zwischen der Klemme O_1 des isolierenden Drahthalters (Fig. 3) und dem mit „Minus“ bezeichneten Polzapfen mittels der mit Ebonitgriff versehenen Polhülse P eine leitende Verbindung hergestellt wurde.

Es ist angenehm, zur Kontrolle der Polspannung ein Hochspannungs-Elektroskop Braunscher Form zur Hand zu haben. Hier empfiehlt es sich, nur solche, die nach unserer Vorschrift mit innerer Bernsteinisolation und Natriumtrocknung versehen wurden, zur Anwendung zu bringen. Die Anschaltung des Instrumentes geschieht mittels des beigegebenen Ladestiftes mit Ebonithandhabe. Nachdem dies geschehen, leitet man nunmehr den + Pol der Säule zur Erde ab und überläßt den Draht zwei Stunden lang sich selbst. Nach Ablauf dieser Frist entfernt man die Erdleitung vom positiven Pole der Säule und entladet den Draht (dieser Moment entspricht der Zeit $t = 0$), bedeckt die obere Fläche des Zerstreungskörpers K (Fig. 1) mit einem Stannioblättchen und legt auf dieses den zu einer flachen Spirale aufgewickelten Bleidraht. Ist dem Instrumente ein besonderer, aus einem zylindrischen Metallnetze bestehender Drahthalter beigegeben, so wickelt man ihn auf diesen und führt ihn so in den Meßapparat ein. Man schreitet nun sofort zu einer orientierenden Bestimmung der induzierten Aktivität und wählt die Beobachtungszeit so, daß in derselben die Spannung des Zerstreungskörpers um 50 bis 100 Volt sinkt. Gesetzt, dies geschieht in 4 Minuten, so beginnt man die erste Beobachtung zur Zeit $t = 13^m$ und schließt sie zur Zeit $t = 17^m$. Man erhält so den Spannungsabfall, d. h. die Intensität der induzierten Strahlung zur Zeit $t = 15$ (J_{15}). Die zweite Beobachtung beginnt man zur Zeit $t = 28^m$ und schließt sie bei $t = 32^m$ und findet so J_{30} u. s. f., bis zur Zeit $t = 118^m$ die letzte Beobachtung begonnen und bei $t = 122^m$ geschlossen wird. Die so gewonnenen 8 Werte der Strahlungsintensitäten (von jedem derselben ist natürlich auch hier der Betrag der Vorprobe in Abrechnung zu bringen) lassen sich nun ohne weiteres mit den entsprechenden Werten der Curieschen Reihe für Radium vergleichen. Erhält man durch Division einander entsprechender Glieder der beiden Reihen sehr nahe dieselbe Zahl, so ist die Abklingungskurve mit der des Radiums identisch.

Hierfür ein Beispiel: Ein zylindrischer Zinkbehälter von 250 Liter Inhalt enthielt auf seinem Boden 25 kg Fangschlamm; durch die von diesem ausgehende Emanation wurde ein Bleidraht von 40 cm Länge in der oben beschriebenen Weise aktiviert. Die aufeinander folgenden Strahlungsintensitäten waren

J_{15}	J_{30}	J_{45}	J_{60}	J_{75}	J_{90}	J_{105}	J_{120}
49,2	40,8	33,2	24,0	20,4	14,2	12,0	8,0;

für Radium gilt die Reihe

92,3	78,0	62,7	48,7	36,9	27,5	20,3	14,8.
------	------	------	------	------	------	------	-------

Die Reihe der Quotienten übereinander stehender Glieder wird

1,88	1,91	1,89	2,03	1,81	1,94	1,69	1,85,
------	------	------	------	------	------	------	-------

also im Mittel: 1,87₅. Dividiert man die Glieder der für Radium gültigen Reihe durch diesen Mittelwert, so ergibt sich eine Zahlenfolge, die mit der beobachteten innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Methode identisch ist. Man erhält

ber.:	49,2	41,6	33,4	26,0	19,7	14,7	10,8	7,9
beob.:	49,2	40,8	33,2	24,0	20,4	14,2	12,0	8,0.

Ist der Quotient zweier entsprechender Glieder *keine* Konstante, so klingt die induzierte Aktivität nach einem anderen Gesetze als das für Radium gültige ab.

Auch hierfür möchten wir ein Beispiel anführen.

Für durch Thermalschlamm aus Baden-Baden induzierte aktive Körper ergab sich die Reihe

J_{15}	J_{20}	J_{45}	J_{60}	J_{75}	J_{90}	J_{105}	J_{120}
87,7	70,2	60,7	50,1	41,3	33,3	26,7	22,7

und die Folge der Quotienten wurde

1,05	1,11	1,08	0,97	0,89	0,83	0,76	0,65.
------	------	------	------	------	------	------	-------

Die induzierte Strahlung befolgt also hier in Ihrer zeitlichen Abnahme ein anderes Gesetz. Es tritt dies noch deutlicher zu Tage, wenn man in beiden Reihen die für $t = 30^m$ gültigen Werte dadurch zur Übereinstimmung bringt, daß man die beobachteten mit 1,11 multipliziert. Man erhält so

Sediment Baden-Baden:	97,4	78,0	67,4	55,7	45,9	37,0	29,7	24,7
Radium nach Curie:	92,3	78,0	62,7	48,7	36,9	27,5	20,3	14,8.

Das Sediment aus Baden-Baden erzeugt also eine induzierte Aktivität, die langsamer abklingt als Radium, aber (vgl. die auf S. 198 gegebenen Zahlen) schneller als Thorium.

Schließlich sei noch bemerkt, daß der Apparat auch darauf eingerichtet ist, Gase, die mit Emanation behaftet sind, auf Radioaktivität zu prüfen. Die Einführung derartiger Gase wird durch die Hähne R und R_1 (Fig. 1) ermöglicht, während durch Einfettung des abgeschliffenen Randes der Glocke G ein vollkommen luftdichter Abschluß erzielt wird.

Derartige Untersuchungen, soweit sie sich auf den Emanationsgehalt von natürlichen Quellen und Thermalwässern beziehen, sind von den Hrn. J. J. Thomson¹⁾, Himstedt²⁾, Curie und Laborde³⁾ angestellt, auf deren Arbeiten hiermit verwiesen sei.

Wolfenbüttel, im Juni 1904.

Eine Verbesserung des in dieser Zeitschr. 18. S. 13. 1898 beschriebenen Spectrophotometers mit Lummer-Brodhunschem Prismenpaar.

Von

Dr. Hugo Krüss in Hamburg.

Hr. Dr. H. Scholl, Assistent am Physikalischen Institut in Leipzig, hatte die Freundlichkeit, mich auf einen prinzipiellen Fehler aufmerksam zu machen, mit dem das *a. a. O.* von mir beschriebene, auf Veranlassung von Prof. R. W. Turnbull in Ithaca, N. Y., konstruierte Spectrophotometer behaftet ist.

Um darzulegen, um was es sich dabei handelt, muß ich kurz die damals gegebene Anordnung des Instrumentes wiederholen, dessen Gesamtansicht in Fig. 1 gegeben ist. Der Zweck, welchen diese Anordnung erfüllen sollte, war der, daß das Instrument wie ein gewöhnlicher Photometerkopf auf einer optischen Bank zwischen den beiden miteinander zu vergleichenden Lichtquellen verschiebbar sei und daß

¹⁾ J. J. Thomson, *Nature* **68**, S. 90, 1903.

²⁾ F. Himstedt, *Ber. d. Naturf. Ges. in Freiburg i. B.* **14**, S. 181, 1903; *Physik. Zeitschr.* **8**, S. 210, 1904.

³⁾ P. Curie und A. Laborde, *Compt. rend.* **138**, S. 1150, 1904.

die beiden Lichtquellen sowohl in Bezug auf ihre Gesamtintensität als auch in Bezug auf die Helligkeit einzelner Spektralbezirke miteinander verglichen werden könnten.

Zu diesem Zweck sind die beiden seitlichen Kästen f mit den daran befestigten Rohren C , welche die Spalte A tragen, verschiebbar. In der einen Stellung, welche sie einnehmen können und wie sie in Fig. 2 schematisch gegeben ist, werden die beiden Seiten des Photometerschirmes P direkt von den beiden Lichtquellen beleuchtet, und ihre Helligkeit kommt in der sonst bei dem Lummer-Brodhunschen Photometerkopf üblichen Weise durch Mitwirkung der Spiegel S auf den Feldern des Würfels B , der durch das Beobachtungsrohr B betrachtet wird, zur Vergleichung.

Um das Instrument als Spektrophotometer benutzen zu können, sind mit den Spiegeln S die Reflexionsprismen f und die Kollimatorrohre fest verbunden und

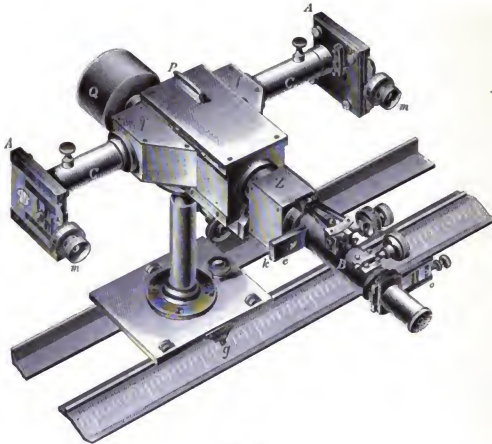


Fig. 1.

können mit ihnen, wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, parallel der Ebene des Photometerschirmes verschoben werden, bis die Achse der Kollimatorrohre in die Senkrechte auf der Mitte des Photometerschirmes fällt. Diese Stellung und der dann stattfindende Strahlengang ist in Fig. 3 schematisch dargestellt.

Die Spiegel S sind aus der Stellung, welche sie in Fig. 2 inne hatten, entfernt und außer Tätigkeit gesetzt; desgleichen wirkt der Photometerschirm P nicht mehr mit. Dagegen ist nun eine Öffnung in jeder Seitenwand des Photometergehäuses frei geworden, welche bisher durch die Spiegel S verschlossen war. Andererseits sind die seitlichen Öffnungen in der Höhe des Photometerschirmes P nun durch die Spiegel S verschlossen.

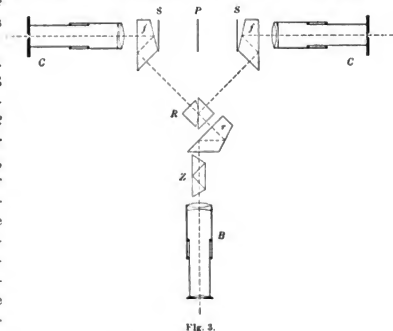
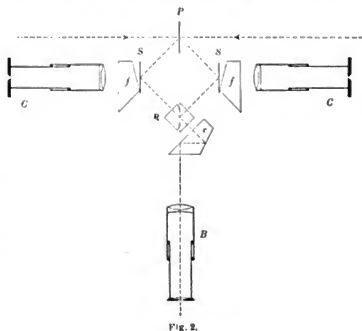
Die von den Spalten der Kollimatorrohre C in der Achse der letzteren verlaufenden Strahlen werden durch die Reflexionsprismen f um 45° abgelenkt, treten

durch die seitlichen Öffnungen des Photometergehäuses und treffen von beiden Seiten in derselben Richtung wie die in der ersten Stellung von den Spiegeln S reflektierten Strahlen auf den Lummer-Brodhunschen Würfel R und gelangen von diesem durch das Reflexionsprisma r in die Mittelebene des Apparates und in das Fernrohr B , von welchem das zerstreute dreifache Prisma mit gerader Durchsicht Z eingeschaltet werden kann.

Wegen der näheren Beschreibung der einzelnen Teile und ihrer Funktionen muß auf die frühere Veröffentlichung verwiesen werden. Nur ein Punkt muß hier noch erwähnt werden. Das Beobachtungsrohr B muß zwei verschiedenen Aufgaben genügen. Man muß erstens mit demselben bei Beobachtung des Spektrums die in der Brennebene der Kollimatorobjektive angebrachten Spalte A (Fig. 1)

scharf einstellen können; zu diesem Zwecke muß sich die Gesichtsfeldebene des Okulars in der Brennebene des Objectives des Beobachtungsrohres B befinden. Das Beobachtungsrohr muß aber auch auf die Hypotenusenfläche des Prismenpaares R einstellbar sein. Letzteres erreichte ich ohne Verstellung des Okulars durch Einschaltung einer in einem kleinen Schieber befindlichen Linse e (Fig. 1) vor das Objektiv des Beobachtungsrohres.

Nun machte mich Hr. Dr. Scholl darauf aufmerksam, daß wohl die Spalte A und die Hypotenusenfläche des Würfels R jedes für sich scharf einstellbar seien, aber nicht gleichzeitig, und daß dieses ein prinzipieller Fehler sei, der die spektrophotometrischen Messungen fälsche und unmöglich mache. Die Vergleichsfläche des Würfels R besteht aus drei horizontalen Streifen, von denen der mittlere Licht von der linken Seite hindurchläßt, während der obere und untere Streifen das von der rechten Seite kommende Licht reflektiert. Bildet nun das Objektiv des Beobachtungsfernrohres B die Spalte scharf ab, so werden die Grenzen zwischen den horizontalen Streifen der Würfelfläche verwaschen sein und die Spaltbilder, also auch die Spektren, die in Bezug auf ihre Helligkeit miteinander



verglichen werden sollen, über einander greifen und nicht, wie es sein sollte, in einer scharfen Linie aneinander stoßen.

Stellt man aber durch Vorschalten der Linse e die Hypotenusenfläche des Würfels R scharf ein, so arbeitet man nicht mit reinen Farben, da dann die Spalte unscharf sind. Infolge der kürzeren Brennweite des jetzt wirksamen Objektives des Beobachtungsrohres entsteht das Bild des reinen Spektrums nunmehr zwischen dem Objektiv und der Ebene des Okularspaltes; in dieser letzteren Ebene, auf welche das Okular eingestellt ist, sind die Büschel von Strahlen derselben Wellenlänge schon erheblich wieder ausgebreitet und überdecken sich mit solchen von anderen Wellenlängen. Jede scharf begrenzte Spektrallinie, z. B. die Natriumlinie, wird dadurch in ein dazu noch ziemlich gleichmäßig helles Band ausgezogen, das etwa ein Viertel der gesamten Länge des sichtbaren Spektrums umfaßt. An jeder Stelle des Spektrums wirkt also nicht eine einzige Farbe, nicht Strahlen einer einzigen Wellenlänge, sondern ein umfangreicher Komplex verschiedener Wellenlängen, sodaß man sich groben Täuschungen aussetzen würde, wenn man damit eine steil verlaufende Absorptionskurve aufnehmen wollte. Tatsächlich zeigt sich denn auch, daß der Charakter des Absorptionsspektrums bei solchen Substanzen, welche ausgesprochene Absorptionsstreifen besitzen, ein völlig anderer wird, wenn man von dem reinen Spektrum, wie man es bei Scharfstellung der Spalte erhält, zu demjenigen Spektrum übergeht, wie es bei Scharfstellung auf die Hypotenusenfläche des Würfels R gesehen wird.

Dem im obigen wiedergegebenen Urteil des Hrn. Scholl mußte ich sofort volle Richtigkeit zuerkennen. Ich konnte darauf nur erwidern, daß ich mich in Bezug auf die Anordnung des Spektrophotometers an das von Lummer und Brodhun konstruierte Spektralphotometer¹⁾ gehalten habe, welches allerdings den angeführten Mangel nicht besitzt. Es unterscheidet sich von meinem dadurch, daß es ein Spektralapparat mit abgelenktem Strahl ist, daß es deshalb und wegen der schweren Ausführung nicht auf einer Photometerbank benutzt werden kann und daß es nicht gestattet, auch die Gesamthelligkeit zweier Lichtquellen miteinander zu vergleichen. Auch dieser Apparat besitzt zwei Kollimatoren, bei denen die Spalte in den Brennebenen der Objektive liegen. Das von diesen kommende Licht wird auf den Lummer-Brodhunschen Würfel geleitet und dann durch ein Prisma mit einem brechenden Winkel von 60° spektral zerlegt. Im Beobachtungsrohr entsteht dann wie gewöhnlich das Bild des Spektrums in der Brennebene des Objektivs. Mit dem beigegebenen Okular kann das Spektrum beobachtet und die Lage der Strahlen verschiedener Wellenlängen im Apparat festgestellt werden.

Würde auch hier das Okular zu den spektrophotometrischen Beobachtungen benutzt, so müßte, wie bei meinem Apparat, eine Einstellung des Fernrohres auf die Würfelfelder herbeigeführt und dadurch das Bild des reinen Spektrums aus der Gesichtsebene des Okulars herausgerückt werden. Hier wird aber das Okular entfernt, das Auge an den möglichst zu verengenden Okularspalt gebracht und mit Hilfe des Fernrohrobjektivs als Lupe, eventuell unter Benutzung eines geeigneten Augenglasses, auf die Würfelfelder eingestellt. Das Auge befindet sich also fast in der Brennebene des Objektivs, wo sich das Bild des Spektrums befindet, und die Reinheit des Spektrums hängt hier außer von der Breite der Kollimatorspalte nur von der Breite des Okularspaltes ab, dessen Verengung durch das störende Auftreten von Beugungsercheinungen begrenzt ist.

¹⁾ Diese Zeitschr. 12, S. 132. 1892.

Ebenso könnte natürlich bei meinem Spektrophotometer verfahren werden, wenn man die Verstärkung des Objektivs des Beobachtungsfernrohres durch Einschalten der Linse e unterläßt und nach Entfernung des Okulars durch den Okularspalt die Hypotenusenfläche des Würfels R betrachtet. Das hätte auch im allgemeinen den Vorteil, daß man die größeren Flächen des Würfels miteinander vergleicht anstatt der durch das Okular betrachteten schmalen, durch den Okularschieber herausgeschnittenen Streifen des Spektrums. Letztere besitzen aber naturgemäß eine größere Helligkeit, sodaß namentlich im lichtarmen Teil des Spektrums die von mir gewählte Anordnung von Vorteil sein kann.

Um den hervorgehobenen Fehler meines Spektrophotometers unter Beibehaltung des Okulars zu beseitigen, schlug Hr. Dr. Scholl zunächst vor, die Objektive in den Kollimatoren durch solche von entsprechend kürzerer Brennweite zu ersetzen, damit durch sie ein Bild der Spalte auf die Hypotenusenfläche des Würfels R projiziert würde, wobei er freilich nicht übersah, daß dann durch das zerstreue Prisma Z nicht mehr parallele, sondern stark divergierende Strahlenbüschel gehen, auch die Helligkeit leiden würde. Ich schlug darauf vor, die von dem Spaltbilde auf der Würfelhypotenusenfläche kommenden Strahlen durch Einschaltung einer Linse vor dem zerstreuen Prisma Z zunächst wieder parallel zu machen. Außerdem zeigte sich bei einem Versuch, daß beim Durchlaufen des konvergierenden Strahlenbüschels durch die Reflexionsprismen f infolge von Strahlen, die darin wie in einer planparallelen Platte hin und her reflektiert werden, störende Reflexbilder auftreten, sodaß man besser tut, ein paralleles Strahlenbündel durch die Reflexionsprismen f zu senden und durch ein dahinter aufgestelltes Objektiv das Spaltbild auf der Hypotenusenfläche des Würfels R zu erzeugen.

Während das Äußere des Apparates sich durch die geschilderten Veränderungen kaum veränderte, wird die neue innere Einrichtung aus Fig. 4 ersichtlich.

Die Kollimatorobjektive o_1 stehen um ihre Brennweite entfernt von den Spalten A , sie senden also parallele Strahlenbüschel durch die Reflexionsprismen f . Dicht hinter diesen sind die Objektive o_2 aufgestellt, deren Brennpunkt in der Hypotenusenfläche des Würfels R liegt; hier wird also ein Bild der beiden Spalte erzeugt; wird diese Fläche scharf eingestellt, so entsteht auch ein scharfes Bild der Spalte. Die Spaltbilder in R dienen nun als sekundäre Spalte; das zu diesen gehörige Kollimatorobjektiv befindet sich um die Länge seiner Brennweite davon entfernt in o_3 , sodaß nunmehr ein paralleles Strahlenbündel auf das zerstreue Prisma Z trifft. In der Brennebene des Objektivs o_4 des Beobachtungsrohres B entsteht sodann das Bild des Spektrums; wird das Okular darauf eingestellt, so sieht man gleichzeitig die

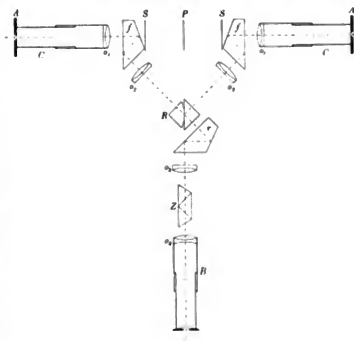


Fig. 4.

Felder der Hypotenusenfläche des Prismenwürfels scharf. Von den drei unter einander liegenden, scharf aneinander grenzenden Spektren stammt das mittlere von dem Lichte, welches auf den linken Kollimatorsplatt fällt, das obere und das untere von dem auf den rechten Spalt fallenden Lichte. Die Reinheit der Spektren hängt nur ab von der Breite der Spalte, die spektrophotometrischen Messungen, bei denen natürlich durch einen Okularspalt nur je ein schmaler Streifen aus dem Spektrum herausgeschnitten wird, sind von dem besprochenen prinzipiellen Fehler befreit.

Nachdem ich einmal hatte erkennen und zugeben müssen, daß die früher von mir angegebene Anordnung fehlerhaft war, lag mir daran, dieses selbst und an derselben Stelle zu bekennen und das früher Vorgeschlagene zu berichtigen, zumal da augenscheinlich doch ein Bedürfnis für ein Spektrophotometer vorhanden ist, bei welchem durch Benutzung des Entfernungsgesetzes in bequemer Weise, also durch Verschieben auf einer optischen Bank die Helligkeit einzelner Spektralbezirke zweier Lichtquellen miteinander verglichen werden kann; denn die Polarisations-Spektrophotometer bereiten einen zu großen Lichtverlust durch die polarisierenden Mittel und außerdem Unzuträglichkeiten wegen der ungewünschten Veränderungen des Polarisationszustandes beim Durchgange durch die Prismenflächen, andererseits aber ist das Verändern der Helligkeit allein durch die Spaltbreite bei zu großem Unterschied der Spaltbreiten grundsätzlich fehlerhaft.

Über die Justierung und Benutzung des photogrammetrischen Wolkenautomaten.

Von

Dr. A. Sprung in Potsdam.

Im September 1903 wurden die Versuche¹⁾ zur Kontrolle bzw. Justierung des Potsdamer photogrammetrischen Wolkenautomaten durch gleichzeitige Sternaufnahmen an den beiden Exemplaren des Apparates wiederholt, wobei — wie früher — der Anfang und das Ende der ungefähr zwei Stunden dauernden Belichtung bis auf weniger als eine Sekunde festgestellt wurde. Es diente hierzu eine nach Ortszeit gehende Uhr, deren Korrekturen durch tägliche telephonische Vergleichung mit einer Sternzeituhr des Kgl. Geodätischen Institutes gut bekannt waren.

Im September 1898 waren an zwei Abenden Sternaufnahmen ausgeführt worden; dieses Mal dagegen wurden drei solche Aufnahmen gewonnen. Die erste von ihnen (am 19. IX. 1903) hatte wieder genau das Aussehen wie vor 5 Jahren, sodaß es — wegen zu starker allgemeiner Schwärzung des Grundes — nur bei dem hellsten der in Betracht kommenden Sterne (α Lyrac) gelang, ihre Bahnen auf den photographischen Platten sicher auszumessen. Durch die Erfahrung vom 19. IX. 1903 belehrt, habe ich an den beiden folgenden Tagen mit der Belichtung erst 5 bis 10 Minuten später begonnen, und zwar mit sehr gutem Erfolge: die Platten sind durch das schwache Licht der Abenddämmerung nur wenig geschwärzt und zeigen infolge dessen eine ziemlich große Anzahl von Sternbahnen auf allen Teilen der Platten.

Die große Übereinstimmung zwischen diesen Sternbahnbildern auf den zwei zusammengehörigen Platten *M* und *T* (d. h. Meteorologisches Observatorium und Tornow-

¹⁾ A. Sprung, Über den photogrammetrischen Wolkenautomaten und seine Justierung. *Diese Zeitschr.* 19. S. 111, 129, 1899.

Station) fällt fast ohne weiteres in die Augen und wurde dann auch noch durch provisorische Ausmessungen mit Hilfe eines Millimeter-Maßstabes bestätigt. Bei einer Plattengröße von 15×18 cm betrug die größte meßbare Dimension 156 mm und diese stimmte auf beiden Platten bis auf $0,1$ bis $0,2$ mm überein. Hieraus ersieht man schon, in wie hohem Grade es gelungen sein muß, die Bildweite bei den zwei photographischen Kameras zur Übereinstimmung zu bringen.

Des weiteren bemerkt man auch, daß die Lage der Sternbahnen zum Fadenkreuz, wenigstens in derjenigen Richtung, in welcher die Parallaxe der Wolkenpunkte gemessen wird, bis auf wenige zehntel Millimeter übereinstimmt.

Hiernach scheint es, daß man allen Anlaß hat, mit dem Ergebnis dieser neuen Sternaufnahmen zufrieden zu sein. Im allgemeinen trifft dies auch vollkommen zu, nur der Umstand erregte bei mir Bedenken, daß der Apparat so gut wie gar keiner Korrektion bedarf, insofern nämlich, als dies früher nicht der Fall gewesen ist. Denn nach den Aufnahmen vom Sept. 1898 mußte die Parallaxe um ungefähr 3 mm korrigiert (verkleinert) werden.

Aus diesen Gründen erschien es mir ratsam, mich mit der soeben angedeuteten Bestimmung der relativen Korrektion der Parallaxe nicht zu begnügen, sondern wieder eine vollständige Berechnung der Korrektionen der Bildkoordinaten nach den einzelnen Sternaufnahmen vorzunehmen; indessen wurden der Einfachheit wegen wieder nur die Bahnen von α Lyrae (Wega) benutzt.

Die Grundlage der Berechnung findet sich vollständig in meiner oben angeführten Arbeit; es handelt sich dabei um die Gl. 18) und 19) auf S. 133, wobei Fig. 4 über den Sinn, in welchem die Koordinaten positiv gerechnet sind, u. s. w. Auskunft gibt.

Für die vorliegenden Berechnungen habe ich mir nur erlaubt, die Formeln durch Einführung von σ anstatt w (nach Gl. 20) auf S. 133) ein wenig abzuändern. Es seien diese Ausdrücke in der neuen Form hier unmittelbar wiedergegeben:

$$\xi'' = \left(N - \frac{r \cos \alpha}{\cos \delta} \right) \cos \mu - r \sin \sigma \sin \mu$$

$$\eta'' = - \left(N - \frac{r \cos \alpha}{\cos \delta} \right) \sin \mu - r \sin \sigma \cos \mu,$$

wobei

$$r = \frac{F \operatorname{tg} \beta}{\cos \delta} \cdot \frac{1 - \cos \sigma \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \beta}{1 - (\cos \sigma \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \beta)^2}.$$

Hierin bezeichnet

N die Größe $141,55$ mm (vgl. *a. a. O.* S. 132),

F die gemeinschaftliche Bildweite der beiden Kameras, also auch eine Konstante ($183,7$ mm),

μ den Winkel $20,0^\circ$, um welchen die Richtung $M \rightarrow T$ der Basis von der Westrichtung gegen Norden hin abweicht,

$\delta = 37^\circ 37' 3,6''$, das Supplement der Polhöhe für Potsdam,

β die Deklination von α Lyrae, welche sich für September 1903 zu $51^\circ 18' 22,09''$ berechnet.

Zur Ermittlung des Stundenwinkels σ von Wega dient Gl. 21) $\sigma = S - \alpha$, worin α die Rektaszension von α Lyrae, d. h. für September 1903 der Winkel $18^h 33^m 40,693^s$ ist, und S die Potsdamer Sternzeit bedeutet, wie sie sich aus der beobachteten Potsdamer Ortszeit t' unter Verwendung eines astronomischen Jahrbuches leicht ableiten läßt (vgl. z. B. Jordan, Grundzüge der astronomischen Zeit- und Ortsbestimmung. S. 21).

Die mittleren Potsdamer Ortszeiten sind bei den in Rede stehenden drei Aufnahmen die folgenden gewesen:

	am 19. IX. 1903	am 22. IX. 1903	am 23. IX. 1903
Anfang:	6 ^p 39 ^m 54,2 ^s	6 ^p 40 ^m 0,9 ^s	6 ^p 40 ^m 0,4 ^s
Ende:	8 ^p 39 ^m 54,2 ^s	8 ^p 25 ^m 0,9 ^s	8 ^p 25 ^m 0,4 ^s .

Die Ergebnisse der Berechnung und entsprechenden Ausmessung der Platten seien in genau derselben Weise wieder zusammengestellt, wie es für September 1898 in dieser Zeitschr. 19, S. 134, 1899 geschehen ist. Die Zahlen bedeuten Millimeter.

		ξ''			η''				
		gemessen	berechnet	Korrektion	gemessen	berechnet	Korrektion		
Meteor. Obs.	19. Sept.	Anfang	-43,00	-41,26	+1,74	+16,65	+17,73	+1,08	
		Ende	-58,45	-56,21	+2,24	-61,85	-60,93	+0,92	
	22. Sept.	Anfang	-45,60	-43,75	+1,85	+9,32	+10,46	+1,14	
		Ende	-58,38	-56,14	+2,14	-59,78	-58,70	+1,08	
	23. Sept.	Anfang	-46,38	-44,46	+1,92	+6,90	+8,05	+1,15	
		Ende	-58,38	-56,23	+2,15	-62,60	-61,53	+1,07	
					Mittel + 2,01	Mittel + 1,07			
	Tornow	19. Sept.	Anfang	-41,20	-41,26	-0,06	+16,80	+17,73	+0,93
			Ende	-56,45	-56,21	+0,24	-61,70	-60,93	+0,77
22. Sept.		Anfang	-43,68	-43,75	-0,07	+9,62	+10,46	+0,84	
		Ende	-56,32	-56,14	+0,18	-59,62	-58,70	+0,92	
23. Sept.		Anfang	-44,35	-44,46	-0,11	+7,22	+8,05	+0,83	
		Ende	-56,38	-56,23	+0,15	-62,35	-61,53	+0,82	
				Mittel + 0,06	Mittel + 0,85				

Über die am meisten interessierende Koordinate η'' ist hiernach folgendes zu sagen. Die Korrekturen derselben betragen

	1898	1903
am Meteor. Obs. (M):	+ 2,68 mm	+ 1,07 mm
auf dem Tornow (T):	- 0,54 "	+ 0,85 "
$T - M$:	- 3,22 mm	- 0,22 mm

Hinzugefügt sind in der untersten Zeile die Beträge der *relativen* Korrektion $T - M$, d. h. diejenigen mit Vorzeichen versehenen Größen, um welche die rohe Parallaxe verändert werden muß, um die richtigen Höhenwerte daraus ableiten zu können.

Im Jahre 1898 würde die rohe Parallaxe eine zu geringe Wolkenhöhe ergeben haben; die Parallaxe bedurfte also einer *Verkleinerung* und zwar um 3,22 oder rund 3 mm, um die richtigen Höhen daraus zu gewinnen¹⁾.

¹⁾ Um über den Sinn des Fehlers der Parallaxe keinerlei Zweifel bestehen zu lassen, habe ich 1898 noch die folgende Betrachtung angestellt, welche auch wohl ohne die einfache Figur verständlich sein wird.

Angenommen, die Marke in T sei richtig, dann fällt das Bild eines Wolkenpunktes, der sich genau über dem Tornow-Apparate befindet, mit der Marke zusammen. In Station M dagegen fällt das Bild des Punktes in der Richtung von T nach M über die Mitte hinaus, und der entsprechende Abstand von der letzteren ist dann die Parallaxe. Erhebt sich der Punkt genau vertikal über T , so wird in M die Parallaxe kleiner und kleiner und verschwindet ganz, sobald der Punkt unendlich weit in der angegebenen Richtung entfernt ist; in letzterem Falle hat das Bild diejenige Stelle erreicht, an welcher die Marke sitzen müßte.

Nimmt dieselbe nicht diese Stelle ein, so fragt es sich, ob sie gegen T hin oder in entgegengesetzter Richtung davon abweicht.

Ersteres sei angenommen; dann ist, wie man sofort erkennt, die von den zwei Apparaten lieferte Parallaxe größer, als sie sein sollte, die Höhe also kleiner. Dies aber ist gerade der Fall, welcher nach den Stornaufnahmen vom September 1898 zutrifft.

Im Jahre 1903 hat die Korrektur $T - M$ dasselbe Vorzeichen wie 1898, sodaß die rohe Parallaxe nach wie vor eine zu niedrige Wolkenhöhe liefert; aber der Betrag dieser Korrektur der Parallaxe ($-0,22 \text{ mm}$) ist so klein geworden, daß er bei näherungsweise Ermittlungen überhaupt vernachlässigt werden kann. Dieses Ergebnis der strengeren Berechnung stimmt also mit demjenigen der vorläufigen Betrachtungen zu Anfang dieser Abhandlung vollkommen überein.

Aus der vorstehenden kleinen Tabelle ist nun noch ersichtlich, daß die Veränderung der relativen Korrektur von 1898 bis 1903 zufällig genau 3 mm beträgt; des weiteren, daß eigentümlicherweise beide Stationen in ungefähr demselben Betrage an dieser Veränderung beteiligt sind. Schwierig erscheint es aber, sich davon ein Bild zu machen, wie diese Veränderungen zu stande gekommen sein mögen. Aber unerlässlich ist nach dieser Erfahrung, von Jahr zu Jahr die Kontrollaufnahmen der Sterne zu wiederholen, wiewohl man auf eine alljährliche Berechnung derselben wird verzichten können.

Einige Bemerkungen über die Auswertung der Aufnahmen seien hier abgeschlossen.

Die Berechnung der Höhe z eines Wolkenpunktes über der Hauptstation 0 geschieht in Potsdam nach der folgenden Formel¹⁾

$$z = \frac{Bf - \Delta v_1}{v_0 - v_1} \dots \dots \dots 1)$$

Dabei bedeuten

- B die Horizontalprojektion der Basis,
- Δ die Vertikalprojektion der Basis,
- f die an den beiden Stationen 0 und 1 übereinstimmende Bildweite,
- v_0 die „horizontale“ Plattenkoordinate an Station 0,
- v_1 die „horizontale“ Plattenkoordinate an Station 1.

¹⁾ Bei meiner Untersuchung über „Die allgemeinen Formeln der Photogrammetrie“ in dem Werk „Ergebnisse der Wolkenbeobachtungen in Potsdam und an einigen Hilfsstationen in Deutschland in den Jahren 1896 und 1897“ (Berlin, A. Asher & Co. 1903) erscheint in der Zusammenstellung auf S. 38 dieser Ausdruck als Sonderfall für die Winkelhöhe $\eta = 90^\circ$ bei drei verschiedenen allgemeineren Ausdrücken („nach Heun“, „nach Koppe“ und „Nr. III“), und dieser Umstand mag bis zu einem gewissen Grade dafür sprechen, daß man ihn beibehalten möge. — Der Ausdruck $\frac{\Delta v_1}{v_1 - v_0}$ tritt in dieser Weise nur zweimal, alle übrigen fünf nur je einmal auf.

Das Bestreben, eine volle Übereinstimmung mit der Nomenklatur jener Arbeit herbeizuführen, veranlaßt mich, von dieser Stelle ab die Symbole für die Bildkoordinaten abzuändern. — Bis zu einem gewissen Grade war dieses übrigens auch schon in meinem 1899 in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsatz geschehen, indem man dort die 2 Indizes fallen ließ. Hier aber ist die Beziehung die folgende:

$$\begin{array}{l} v \text{ an Stelle von } -\eta'' \\ w \text{ " " " " " } -\xi'' \end{array}$$

oder mit anderen Worten: Für die Berechnung nach obigen Formeln ist bei den im Apparat steckenden Platten der Sinn der Bildkoordinaten nach Norden und nach Osten positiv zu rechnen. Außerdem tritt v an die Stelle von η'' , und w an die Stelle von ξ'' .

Für die Bearbeitung der Platten kann man — weil die gegen Süd gerichtete Langseite der Platten durch eine große, weit vorspringende Marke gekennzeichnet ist — auch sagen: Man lege die Platten so, daß die große Marke unten liegt; dann ist der positive Sinn bei den horizontalen (v -) Koordinaten von links nach rechts, bei den vertikalen (w -) Koordinaten von unten nach oben gerichtet.

Nebenher läuft, besonders von Hrn. von Bezold empfohlen, auch eine stereoskopische Untersuchung der Aufnahmen mittels eines Wheatstoneschen Spiegel-Stereoskops, welches die unver-

Anstatt des Ausdruckes 1) kann man nun aber auch setzen

$$z = \frac{Bf - \Delta r_1}{P} \dots \dots \dots 1')$$

indem man vermöge

$$v_0 - r_1 = P \dots \dots \dots 2)$$

den Begriff der Parallaxe P einführt.

Für Gl. 1) soll nun geschrieben werden

$$z = \frac{Bf}{v_0 - v_1} - \frac{\Delta r_1}{v_0 - v_1}$$

oder

$$z = z_n - \frac{\Delta r_1}{v_0 - v_1} = z_n - \frac{\Delta v_1}{P} \dots \dots \dots 3)$$

wobei

$$z_n = \frac{Bf}{v_0 - v_1} \dots \dots \dots 4)$$

den Wert von z für $\Delta = \text{Null}$ darstellt.

Die Benutzung von z_n ist deshalb von Bedeutung, weil dafür eine besondere Tabelle ausgerechnet worden ist; das andere Glied von Gl. 3) erscheint dann in Form einer an z_n anzubringenden Korrektur.

Was nun die beiden anderen Raumkoordinaten x und y anbetrifft, so ist es wichtig, zu bemerken, daß verhältnismäßig einfache Beziehungen zwischen den zusammengehörigen drei Koordinaten existieren; aus jedem beliebigen Ausdrucke für z z. B. lassen sich also die beiden übrigen leicht ableiten¹⁾. Im vorliegenden Falle lauten dieselben

$$\left. \begin{aligned} x &= z \frac{v_0}{f} \\ y &= -z \frac{v_0}{f} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 5)$$

Hierbei verläuft x von der Hauptstation 0 aus zur Nebenstation 1 und y von 0 aus so, daß dieser Strahl von x im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers um 90° abweicht (in Potsdam verläuft also x gegen Westen und y gegen Norden).

Recht häufig wird der Wolkenautomat in der Weise benutzt, daß hinter einander zwei Aufnahmen erfolgen, und zwar derartig, daß man sicher sein kann, gewisse Wolkenpunkte in allen vier Aufnahmen wiederzufinden.

Bezeichnet man nun demgemäß

$$\begin{array}{cccccccc} \text{mit } x & y & z & t & \text{die Werte der Koordinaten und der Zeit bei der ersten Aufnahme} \\ \text{„ } x' & y' & z' & t' \text{ „} & \text{„} & \text{„} & \text{„} & \text{„} & \text{„} & \text{„} & \text{zweiten} & \text{„} \end{array}$$

und mit W_v und W_h die wirklichen vertikalen und horizontalen Geschwindigkeiten des Wolkenpunktes, so ist zunächst einfach

$$W_v = \frac{z' - z}{t' - t} \dots \dots \dots 6)$$

kleinerten Papier-Kopien zu beobachten gestattet. Auch eine stereoskopische Messung der Höhen mittels der „wandernden Marke“ nach Pulfrich und Stolze ist mit einfachen Hilfsmitteln versucht worden. Sie scheint mir aber — wenigstens in dieser primitiven Form — die oben zu erörternde rechnerische Methode auch kaum an Einfachheit zu übertreffen; denn die zur Berechnung dienenden Formeln beziehen sich auf den ganz speziellen Fall der vertikal aufwärts gerichteten optischen Achsen. Ein äußerlicher Vorteil der stereoskopischen Messung würde darin bestehen, daß das Durchstechen der Gelatineschicht unterbleiben könnte; andererseits würde man sich niemals gänzlich auf diese Methode beschränken können, weil nicht alle Personen sie auszuüben vermögen. Übrigens ist die stereoskopische Betrachtung genügend und gibt häufig in überraschender Weise über die Konstitution der Wolken Aufschluß.

¹⁾ In dem angeführten „Wolkenwerk“ für 1896 und 1897, Abschnitt II auf S. 7.

ferner

$$W_h = \sqrt{W_x^2 + W_y^2}.$$

Nun ist

$$\left. \begin{aligned} W_x &= \frac{x' - x}{t' - t} \\ W_y &= \frac{y' - y}{t' - t} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 7)$$

demnach

$$W_h = \frac{\sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2}}{t' - t} \dots \dots \dots 8)$$

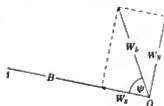
Außer dem Betrage der horizontalen Geschwindigkeitskomponente W_h muß nun aber unmittelbar auch noch die Richtung derselben ermittelt werden. Wenn der Winkel, um welchen dieselbe von x , im Sinne des Uhrzeigers, abweicht, mit ψ bezeichnet wird, so ist (vgl. die Figur)

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{W_y}{W_x} = \frac{y' - y}{x' - x} \dots \dots \dots 9)$$

weil die Zeitdifferenz $t' - t$ bei beiden Komponenten denselben Wert hat.

Vor der Anwendung dieser Formeln muß man natürlich die unmittelbar abgelesenen Beträge der Bildkoordinaten korrigieren. Nach den neuen Sternaufnahmen vom September 1903 ergeben sich folgende Korrekturen

bei v_0 : - 1,07 mm	bei w_0 : - 2,01 mm
bei v_1 : - 0,85 mm	bei w_1 : - 0,06 mm.



Liegt nur eine Aufnahme vor, so gestaltet sich die Berechnung außerordentlich einfach, weil dann nur die Höhe z in Betracht kommt. Zuerst wird nach der Parallaxe $P = v_0 - v_1$ die Größe z_n der Tabelle entnommen, dann die „Korrektion“

$$\frac{-\Delta v_1}{P}$$

angebracht. Für den Fall des Potsdamer Observatoriums ist zu beachten, daß Δ negativ ist, nämlich

$$\Delta = -69,4 \text{ m.}$$

Für Potsdam kann deshalb die aus der ungleichen Höhe der beiden Stationen entspringende „Korrektion“ mit ausreichender Genauigkeit zu

$$\frac{+70 v_1}{P}$$

angenommen werden.

Bei zwei zusammengehörigen Aufnahmen werden die gewonnenen Beträge von z dann zur Berechnung von x und y nach Gl. 5) (bezw. x' , y' bei der zweiten Aufnahme benutzt¹⁾).

Dadurch gewinnt man das Material, um nach Gl. 8) und 9) die horizontale Geschwindigkeit und deren Richtung abzuleiten.

Letztere wird zuerst durch den Winkel ψ auf die Richtung der Basis bezogen. Übrigens wird es in den meisten Fällen genügen, diesen Winkel ψ vermöge graphischer Darstellung auf Millimeter-Papier abzuleiten; dabei werden natürlich nur die Differenzen $x' - x$ und $y' - y$ aufgetragen.

Es sollen nun noch einige Bemerkungen über die Winkelgeschwindigkeit folgen.

¹⁾ Für Potsdam ist für das in den Gl. 5) vorkommende f der Wert 183,7 mm zu setzen.

Bezeichnet man mit Ω_x und Ω_y die Komponenten der Winkelgeschwindigkeit, so ist

$$\left. \begin{aligned} \Omega_x &= \frac{W'_x}{z} \\ \Omega_y &= \frac{W'_y}{z} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 10$$

Setzt man hierin für W'_x und W'_y die Werte aus Gl. 7) und alsdann darin wieder für x und y die Beträge aus Gl. 5), so kommt

$$\left. \begin{aligned} \Omega_x &= \frac{r'_0 - v_0}{f(t' - t)} \\ \Omega_y &= - \frac{w'_0 - w_0}{f(t' - t)} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 11$$

Für die (horizontale) Winkelgeschwindigkeit $\Omega_h = \sqrt{\Omega_x^2 + \Omega_y^2}$ findet sich darnach

$$\Omega_h = \frac{\sqrt{(r'_0 - v_0)^2 + (w'_0 - w_0)^2}}{f(t' - t)} \dots \dots \dots 12$$

Für die Richtung ψ dieser Winkelgeschwindigkeit Ω_h (welche ja mit der Richtung der linearen Geschwindigkeit W_h übereinstimmen muß) lautet der Ausdruck

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\Omega_y}{\Omega_x},$$

welcher sich auf die einfache Form

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{w_0 - w'_0}{v_0 - v'_0} \dots \dots \dots 13$$

reduziert.

Es ist zu beachten, daß in den hier abgeleiteten Formeln 12) und 13) die Bildkoordinaten der Nebenstation 1 überhaupt garnicht vorkommen. Dies ist ja auch ganz begreiflich, da lediglich zur Bestimmung der Winkel-Geschwindigkeit zwei aufeinander folgende Aufnahmen an der Hauptstation allein genügen müssen.

Indessen werden zwei derartige Aufnahmen an der Nebenstation allein ebenfalls hinreichen, um entsprechende Bestimmungen auszuführen; die erforderlichen Formeln gehen ganz einfach aus 12) und 13) dadurch hervor, daß man den Index 0 durch 1 ersetzt.

Es ist also z. B.

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{w_1 - w'_1}{v_1 - v'_1} \dots \dots \dots 14$$

Somit haben sich zur Bestimmung der Richtung ψ der horizontalen Wolkenzug-Komponente nicht weniger als drei Formeln ergeben.

Die beiden letzten [13) und 14)] zeigen, daß man für diese Aufgabe nicht notwendigerweise die Raumkoordinaten x und y vorher zu berechnen braucht; man kann vielmehr die Richtung ohne weiteres auch aus den Bildkoordinaten ableiten, und zwar empfiehlt sich auch hier die Konstruktion auf Millimeterpapier, wie oben vorgeschlagen. Man kann sogar dieselbe Stelle dieses Papiers dazu benutzen¹⁾. Das wird schon zur Kontrolle der anderen Bestimmung recht wichtig sein.

Zusammenfassung. Bei einer Einzelaufnahme mit Hilfe des photogrammetrischen Wolkenautomaten gewinnt man nur für die Höhe z der Wolke über dem Niveau der Hauptstation einen Wert. Hat man aber etwa gleichzeitig in nephoskopischer Weise

¹⁾ Zu diesem Zwecke brauchen die Bildkoordinaten nicht einmal korrigiert zu werden, weil die in Rede stehenden Korrekturen Konstanten sind und in den Ausdrücken 13) und 14) nur die Differenzen der hinter einander gewonnenen Bildkoordinaten je einer Station vorkommen.

die Winkelgeschwindigkeit Ω_h bestimmt, so braucht man nur beide miteinander zu multiplizieren, um für die horizontale Komponente W'_h der wirklichen Geschwindigkeit in der Höhe z einen Wert abzuleiten; die vertikale Komponente W'_v derselben bleibt unbekannt.

Bei einer *Doppelaufnahme* gewinnt man für irgend einen gemeinschaftlichen Wolkenpunkt zwei Bestimmungen der Höhe z (sowie der beiden anderen Raumkoordinaten x und y , auf die aber meistens an sich nicht viel ankommt).

Diese beiden, bald hinter einander ausgeführten Höhenbestimmungen sind gerade bei den Wolkenautomaten ein sehr wichtiges Ergebnis, indem sie eine ungewöhnlich sichere Bestimmung der vertikalen Geschwindigkeit gestatten (Gl. 6).

Die anderen zwei Koordinaten x und y liefern eine ebenfalls sehr sichere Bestimmung der horizontalen Geschwindigkeitskomponente und ihrer Richtung.

Zur Kontrolle dieser letzteren kann man sich der Formeln 14), 13) und 12) bedienen, in welchen nur die Bildkoordinaten v und w vorkommen, und zwar in einer solchen Form, daß sie unkorrigiert verwendet werden können.

Zum Schlusse sei noch eine Bemerkung gestattet.

Die Wolkenhöhen werden bei irgend beliebiger Verwendung gewöhnlich mit H bezeichnet, während im Vorstehenden z eingeführt ist. Es empfiehlt sich aber, beide Bezeichnungen *neben* einander bestehen zu lassen, indem man setzt

$$H = z + c \dots \dots \dots 15)$$

Hier bedeutet c die Höhe der Hauptwolkenstation O über dem Meeresniveau und H somit die auf das Meeresniveau bezogene Wolkenhöhe, wie sie in der Regel zur Veröffentlichung gelangt.

Die nephoskopischen Beobachtungen werden natürlich auch nicht im Meeresniveau vorgenommen, sondern in dem Niveau c der Hauptstation, sodaß notwendigerweise zu ihnen die Wolkenhöhenmessungen z gehören, demnach also die nephoskopische Geschwindigkeitsbestimmung nach

$$W'_h = \Omega_h z$$

zu geschehen hat. Hierfür kann aber unter Einführung von H geschrieben werden

$$W'_h = \Omega_h (H - c) \dots \dots \dots 16)$$

Wo also auf das Meeresniveau bezogene Wolkenhöhen H vorliegen, muß die nephoskopische Geschwindigkeitsbestimmung nach der vorstehenden rationellen Formel ausgeführt werden¹⁾.

Referate.

Der Integraph Abdank-Abakanowicz.

Von H. Lossier. Herausgegeben von G. Coradi. gr. 4°. 14 S. m. Abb. Zürich 1903.

Die Abhandlung ist eine Umarbeitung einer in der in Genf erscheinenden Zeitschrift *Bulletin Technique de la Suisse romande* 26. S. 81. 1900; 27. S. 60, 76, 172. 1901 von dem Verf. veröffentlichten Arbeit, die nun der Konstrukteur und Fabrikant des Instruments, G. Coradi in Zürich (von dem auch die in der Abhandlung enthaltene Beschreibung der neuen Konstruktion herrührt), als selbständige Broschüre (in französischer Sprache) herausgibt; eine deutsche Ausgabe befindet sich erst in Vorbereitung. Die Änderungen beziehen sich nicht

¹⁾ Die Anregung zu dieser Betrachtung verdanke ich Hrn. Prof. Lüdeling, welcher mich auf die Ungenauigkeit aufmerksam machte, die aus der Verwendung der unkorrigierten Größe H entspringt.

auf die Anwendungen des Instruments, sondern darauf, daß Coradi ihm eine neue, einfachere und rationellere Gestalt gegeben hat, die der Erfinder, Abdank-Abakanowicz, nicht mehr erleben durfte. Wegen der neuen Konstruktion und weil mir überhaupt der Integrapph viel zu wenig bekannt zu sein scheint, gehe ich hier etwas ausführlich auf das Instrument ein.

Der Integrapph ist ein Instrument zur mechanischen Ausführung von Integrationen, bei denen das Ergebnis der Integration, wie der Name andeutet, vom Instrument *aufgezeichnet* wird und also von Schritt zu Schritt von dem das Instrument Handhabenden verfolgt werden kann, vor dessen Augen es entsteht, im Gegensatz zu andern Integratoren, z. B. den Planimetern. Verfolgt man mit dem *Fahrtstift* des Instruments eine *vorgezeichnete, ganz beliebige Kurve*

$$y = f(x) \dots \dots \dots 1)$$

die die *Differentialkurve* heißen mag, so zeichnet der *Zeichenstift* (Reißfeder) die entsprechende *Integralkurve*

$$Y = \int f(x) dx + C \dots \dots \dots 2)$$

auf; die *Art* der Differentialkurve ist *ganz gleichgültig*.

Die fundamentale geometrische Beziehung zwischen beiden Kurven, die analytisch durch die Gleichungen 1) und 2) verknüpft sind, ist leicht einzusehen; bedeutet φ den Richtungswinkel der Tangente in einem Punkt der Integralkurve 2) in Beziehung auf die x -Achse, so ist gemäß 1) und 2)

$$\frac{dY}{dx} = \operatorname{tg} \varphi = y \dots \dots \dots 3)$$

Trägt man demnach (Fig. 1) von dem zur Ordinate y gehörenden Abszissenpunkt A die Strecke $AD = l$ = der Längeneinheit auf der x -Achse ab, so ist der Winkel BDA , dessen

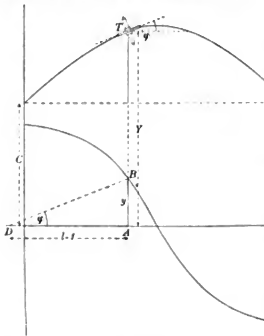


Fig. 1.

Abakanowicz über die Integrapphen¹⁾ abgebildete; s. auch u.) in etwa $\frac{1}{3}$ des großen und etwa $\frac{1}{3}$ des kleinen Modells; die beiden Größen stimmen jetzt in der Form genau überein. Zu bemerken ist auch noch, daß die hier reproduzierte Figur von der bei Lossier gegebenen Abbildung darin abweicht, daß das Gegengewicht am linken Ende des Apparats seit kurzer Zeit ganz weggelassen werden kann.

Tangens gleich $y/l = y$ ist, gleich dem Winkel φ der Tangente an die Integralkurve im Punkt T mit der x -Achse. Nennt man die Geraden BD , die auf die angegebene Art in jedem Punkt der Differentialkurve konstruiert zu denken sind, die *Direktrizen*, so wird also beim Durchfahren der Differentialkurve mit einem am Instrument befindlichen *Fahrtstift* ein *Schreibrädchen* am Instrument die *Integralkurve* aufzeichnen, wenn es gelingt, dieses *Rädchen* so anzubringen, *dafs seine Welle stets senkrecht zur Richtung der Direktrix liegt*. Dies ist der Grundgedanke des Abdank-Abakanowicz'schen Integrapphen, den der Mechaniker nun durchzuführen hatte. An Fig. 1 sei gleich noch bemerkt, daß einem *Durchschnittspunkt* der Differentialkurve mit der x -Achse ein *Kuhinationspunkt* der Integralkurve entspricht.

Die Fig. 2 zeigt die *neue* Ausführung des Instruments (wesentlich abgeändert gegen die frühere, in dem bekannten Buch von Abdank-

¹⁾ *Les Intégraphes*. Paris 1886; besprochen in *dieser Zeitschr.* 8. S. 219. 1888. Vgl. ferner die deutsche Bearbeitung von E. Bitterli, *Die Integrapphen*. Leipzig 1889.

Das Instrument ruht wie die Rollplanimeter auf zwei geriffelten Rollen rr , auf denen es geradlinig hin- und hergeschoben wird; der dritte Auflagepunkt ist die Stütze s unmittelbar neben dem Fahrstift t , mit dem die Differentialkurve durchfahren wird. Der Rahmen, in dem die Welle der Räder rr befestigt ist, besteht aus zwei Linealen L und L' , die senkrecht stehen zu der geradlinigen Bewegungsrichtung des ganzen Apparats, die ihm durch die Rollen rr erteilt wird.

In einer Nut des vordern Lineals L bewegt sich auf zwei Rollen der Leitwagen W , der Träger der geteilten Stange B (vorn mit dem Fahrstift t) und der vordern Vertikalachse M der Direktrixschiene D . In der Nut des hintern Lineals läuft der Integratorwagen W^1 , an dem die Integrierrolle i und die Reißfeder (Zeichenstift) k für die Integralkurve befestigt sind. In der Mitte des großen Rahmens befindet sich die zweite Vertikalachse der Direktrixschiene, und zwar gleitet diese durch eine Hülse g über jener Achse. Auf der Direktrixschiene läuft der Wagen W^2 , der mit dem Rahmen C der Integrierrolle i durch ein Parallelogramm verbunden ist; durch dieses Parallelogramm wird die Ebene des Integrierwagens i stets parallel zur Direktrixschiene gehalten.

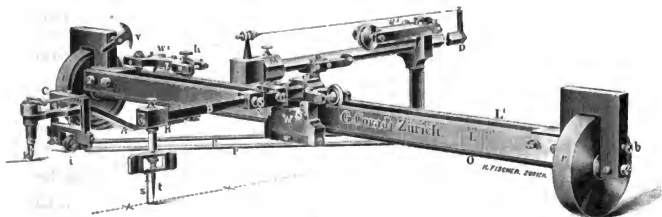


Fig. 2.

Der senkrechte Abstand der zwei Achsen der Direktrixschiene stellt die Basisstrecke des Integrations vor (wie die Strecke Gelenk-Fahrstift beim Planimeter). Die vordere Achse der Direktrixschiene ist durch die bewegliche Hülse N an dem geteilten Stab B gehalten; B trägt eine $\frac{1}{2}$ mm-Tellung (oder $\frac{1}{10}$ englische Zoll; ich lasse in allem Folgenden die entsprechenden englischen Maße weg, das Instrument ist für metrisches oder englisches Maß eingerichtet zu haben) und ein Einstellungs-Mikrometerwerk. Die Basis kann auf $\frac{1}{100}$ mm genau eingestellt werden auf jedes Maß zwischen 10 und 20 cm beim großen, zwischen 4 und $12\frac{1}{2}$ cm beim kleinen Modell. Die am Nonius zu machenden Einstellungen, für die die Ordinaten der Integralkurve in runden Verhältnissen stehen zu den dargestellten Werten, sind in einer Tabelle zusammengestellt.

Wenn die Direktrixschiene senkrecht zum großen Rahmen steht, d. h. die Richtung der Abszissenachse hat, und mit dem Fahrstift die Abszissenachse befahren wird (XX in Fig. 2), so zeichnet auch die Reißfeder k eine Gerade, die dieselbe Richtung hat. Der Leitwagen W kann in dieser „Normalstellung“ erhalten werden durch die Schraube x . Vor Beginn der Durchföhrung einer beliebigen Differentialkurve mit dem Fahrstift ist der Wagen W in diese Normalstellung zu bringen und der ganze Apparat so um den Fahrstift zu drehen, daß die Lineale L die Richtung der Ordinaten Y haben; dann wird x gelöst und, nachdem W^1 so weit als möglich nach links gehoben ist, die Durchföhrung der Differentialkurve im Uhrzeigersinn begonnen. Der Abstand zwischen dem Fahrstift t und der Schreibfeder k (in der Richtung der Abszissenachse gemessen) kann auf den Betrag 5, 4 oder 3 cm gebracht werden.

Die beiden Wagen W^1 und W^2 können sich beim großen Modell um eine Strecke von 52, beim kleinen von 27 cm bewegen; die größte Fläche, die man umschreiben kann,

ist in der einen Richtung durch die angegebene Zahl begrenzt, in der dazu senkrechten Richtung unbegrenzt. Wenn die Zeichnung der Integralkurve der gegebenen Differentialkurve nicht auf einmal möglich ist, so kann man sie selbstverständlich abgesetzt ausführen; man überzeugt sich vor der genauen Durchführung durch eine flüchtige Umschreibung davon, ob die Integration in *einem* Zug möglich ist oder nicht. Am hintern Lineal L' ist noch eine Millimeterteilung zu erwähnen, an der mit dem Nonius J des Integratorwagens W' abgelesen werden kann; mit der Basislänge von 10 cm stellt 1 cm für die 1. Integralkurve 10 cm², bei der zweiten 100 cm² u. s. f. vor; für die halb oder doppelt so große Grundlinie sind diese Werte $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ oder 2-mal, 4-mal, 8-mal so groß.

Angegeben seien auch noch einige Vorteile der neuen Konstruktion von Coradi im Vergleich mit der ältern (wie sie das Buch von Abdank-Abakanowicz zeigt und von der z. B. der Ref. ein Exemplar für die geodätische Sammlung der Technischen Hochschule Stuttgart bezog): Integrierrolle, Fahrstift und Reißfeder liegen *vorn* am Instrument, man übersieht daher deren Arbeit besser als früher; während früher die Integrierrolle leicht unbeachtet über den Brettrand hinausfuhr, ist dies jetzt nicht mehr möglich. Es können ferner bei der jetzigen Konstruktion viel flachere Integralkurven erzeugt werden; bei der Basis 10 cm kann jetzt der Fahrwagen um 20 cm (früher nur 10) links und rechts von der x -Achse entfernt werden. Da endlich jetzt das Instrument nur auf *einer* Walzenachse (und dem Fahrstift oder der Stütze in dessen Nähe) ruht, so ist die Geradföhrung sicherer und auch nicht abhängig vom Grad der Ebenheit der Unterlage.

Die Anwendungen des Instruments können sehr mannigfaltig sein; Lossier führt folgende an: Zeichnung von Funktionskurven und Auflösung numerisch gegebener Gleichungen (z. B. algebraische Gleichungen beliebigen Grades); mechanische Integration von Differentialen, wobei die Differentialkurve gezeichnet vorliegt (um z. B. die explizite Differentialgleichung $\frac{d^n y}{dx^n} = f^n(x)$, die in gezeichneter Kurve gegeben ist, zu integrieren, hat

man nichts zu tun als folgeweise n Integralkurven mit dem Instrument zu zeichnen, wobei immer das Ergebnis der vorhergehenden Integration als Differentialkurve der folgenden



Fig. 3.

genommen wird; dabei ist es für den Integraphen ganz gleichgültig von welcher Art, algebraisch oder transzendent, die gegebene Kurve ist); Bestimmung von Schwerpunkten und von Momenten (z. B. Trägheitsmoment) beliebiger Flächen; Biegemomente, elastische Linie, kontinuierliche Balken führen in die Ingenieurmechanik hinein. Der Verf. berichtet, daß er den Integraphen auf eine große Zahl von technischen Aufgaben mit gutem Erfolg und Zeitersparnis angewandt habe, besonders auch zur Zeichnung der Biegunslinie von Balken mit stark wechselndem Querschnitt.

Wie scharf und genau das neue Instrument zeichnet, mag die beistehende Fig. 3 zeigen, als unmittelbare Kopie einer damit gezeichneten Integralkurve (auf $\frac{1}{2}$ reduziert).

Von all den eben genannten Anwendungen, die Lossier vorführt, will ich hier nur auf die erste, Zeichnung von Kurven algebraischer Funktionen und damit Auflösung numerischer algebraischer Gleichungen beliebigen Grades, etwas näher eingehen, nicht weil gerade sie von besonderer Wichtigkeit wäre, sondern weil hier vielleicht die Wirkungsweise des Instruments am anschaulichsten sich zeigt.

Ist die gegebene, mit dem Fahrstift zu durchföhrnde Differentiallinie eine zur x -Achse parallele Gerade, z. B.

$$y = a,$$

so zeichnet die Reißfeder die gegen die x -Achse schiefliegende Gerade (der Index hier und im folgenden deutet die erste, zweite . . . Integration an)

$$Y_1 = ax + c_1.$$

Durchfährt man diese Gerade mit dem Fahrstift, so erhält man durch den Zeichenstift als Integralkurve die Parabel II. O. (Achse $\parallel y$ -Achse)

$$Y_2 = \frac{1}{2} ax^2 + c_1 x + c_2,$$

bei Durchföhrung dieser Parabel mit dem Fahrstift als Integralkurve die parabolische Linie III. O.

$$Y_3 = \frac{1}{6} ax^3 + \frac{1}{2} c_1 x^2 + c_2 x + c_3$$

u. s. w. Es ist damit klar, wie man eine beliebige numerische algebraische Gleichung mechanisch auflösen kann. Sind z. B. die Wurzeln der Gleichung 4. Grades

$$y = x^4 - 2,50x^3 + 1,76x^2 - 0,14x - 0,12 = 0$$

zu suchen, so gibt 3-malige Ableitung

$$y' = \frac{dy}{dx} = 4x^3 - 7,50x^2 + 3,52x - 0,14$$

$$y'' = \frac{d^2y}{dx^2} = 12x^2 - 15,0x + 3,52$$

$$y''' = \frac{d^3y}{dx^3} = 24x - 15.$$

Die vierte Ableitung

$$y^{(4)} = \frac{d^4y}{dx^4} = 24$$

braucht man nicht mehr anzuschreiben und die Linie $y^{(4)} = 24$ nicht ins Koordinatensystem einzutragen und mit dem Fahrstift zu durchfahren, weil man sogleich die schief zur x -Achse liegende Gerade $y''' = k_1x + k_2$ nach den Schnitten mit den Achsen eintragen kann. Durchfährt man sie mit dem Fahrstift am Lineal, so erhält man durch die Reißfeder die Parabel II. O., deren Durchföhrung gibt die Linie III. O., die Durchföhrung dieser endlich die Funktionskurve IV. O., deren Durchschnittpunkte mit der x -Achse die 4 Wurzeln ablesen lassen. Wie man nach jeder Integration die x -Achse parallel zu verschieben hat, ist klar; die beistehende Fig. 4 zeigt die folgeweise Entstehung der vier Kurven und die Parallelverschiebungen der x -Achse.

Die vier Wurzeln der gegebenen Gleichung lauten nach Ablesung an der letzten Kurve

$$x_1 = -0,2 \quad x_2 = +0,5 \quad x_3 = +1,0 \quad x_4 = +1,2,$$

und man überzeugt sich leicht durch Ausmultiplikation der vier Wurzelfaktoren, daß dieses Resultat richtig ist.

Nebenbei sei nochmals darauf aufmerksam gemacht, daß der Integrapp ein sehr vollkommenes Parabel-Zeicheninstrument vorstellt. Jede Gerade, die nicht genau parallel zur x -Achse liegt, gibt, als Differentialkurve durchfahren, als Integralkurve eine Kegelschnittparabel, deren Parameter von der Neigung jener Geraden gegen die x -Achse abhängt. Da man hier die Differentialkurve am Lineal durchfahren kann, so wird es nicht leicht einen Parabelographen geben, der schärfer gezeichnete Parabeln liefert, als in dieser Anwendung der Integrapp.

Hiermit sei das von Coradi neu konstruierte Modell¹⁾ des Abdank-Abakanowicz-schen Integrappens nochmals der allgemeinen Beachtung empfohlen.

Hammer.

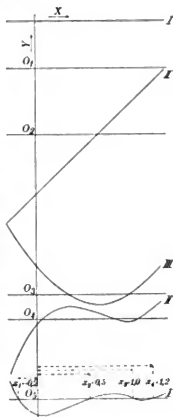


Fig. 4.

- I: $y = 24$
 II: $y = 24x - 15$
 III: $y = 12x^2 - 15x + 3,52$
 IV: $y = 4x^3 - 7,50x^2 + 3,52x - 0,14$
 V: $y = x^4 - 2,50x^3 + 1,76x^2 - 0,14x - 0,12$

¹⁾ Die Preise betragen 480 M. für das große, 360 M. für das kleine Modell.

Das Kimmprisma.

Von F. Teichgräber und K. Koß. Sonderabdruck aus „Mitt. a. d. Gebiete d. Seewesens“ 1904. Hft. 7. Pola 1904.

Der österreichisch-ungarische Korvettenkapitän Koß hat sich in den letzten Jahren durch wertvolle Beobachtungsreihen über die Abhängigkeit der Kimmtiefe vom Unterschied der Temperaturen des Seewassers und der darüber liegenden Luft bekannt gemacht. Er hat gezeigt, daß auch ohne Anzeichen über besonders Luftzustand der tatsächliche Depressionswinkel der Kimme und damit der über der Kimmlinie gemessene Höhenwinkel eines Gestirnes um viele Bogenminuten abweichen kann von seinem bei „normaler“ Refraktion des Lichtstrahls (z. B. dem Refraktionskoeffizienten 0,15) vorhandenen Wert. Erst kürzlich hat Koß diese Beobachtungsreihen durch Nachtbeobachtungen ergänzt, deren Ergebnisse im wesentlichen mit denen der Tagbeobachtungen übereinstimmen (vgl. über die Kößschen Beobachtungen und ihre Diskussion auch den Aufsatz von Kohlschütter in den *Ann. d. Hydrographie u. maritimen Meteorologie* 1903. S. 533).

Hierdurch angeregt, sind mehrfach Vorschläge zur unmittelbaren Messung der Kimmtiefe erachtet worden; ein solcher ist im Märzheft 1903 der *Proceedings of the U. S. Naval Institute* als „Navigator's Prism“ (zum Aufsetzen auf den Sextanten) beschrieben und in den *Mitt. a. d. Gebiete d. Seewesens* 1904. Hft 6 findet sich ein Prismenkreuz zu demselben Zweck angegeben¹⁾. Koß hat nun, im Verein mit dem Linienschiffsleutnant Teichgräber, neuerdings an diesem Instrument eine bemerkenswerte Vereinfachung angegeben, nach der es nur noch aus einem einzigen Prisma besteht: an einem symmetrischen Pentagonprisma schließen zwei Flächen den Winkel 90° ein und die daran anschließenden beiden Flächen bilden mit jenen je den Winkel $112^\circ 30'$ (unter sich also den Winkel $45^\circ 0'$; die scharfe Kante dieses Winkels ist durch die fünfte Ebene abgeschnitten, deren Lage jedoch gleichgültig ist); das Prisma ist also das bekannte, von Prandtl, Hensoldt u. A. zu andern Zwecken verwendete. Nur an den den rechten Winkel einschließenden beiden Flächen können Lichtstrahlen aus- und eintreten, die andern Flächen sind außen belegt. Ein in die eine Kathetenfläche eintretender Lichtstrahl wird bekanntlich von diesem Prisma um 90° abgelenkt (einerlei ob er senkrecht oder unter einem andern Winkel auf die Kathetenfläche fällt).

Das Kimmprisma dieser Art sitzt nun auf einem Bügel, der so auf den Sextanten geschoben und durch Druckschraube festgehalten wird, daß das Prisma zwischen kleinem Spiegel und Objektiv des Fernrohrs liegt. Das Prisma ist um 90° drehbar, sodaß es „Lage rechts“ und „Lage links“ (ein Schenkel des rechten Winkels nach rechts oder nach links abgewendet) annehmen kann. Hält man nun den Sextanten so, daß das Fernrohr vertikal abwärts gerichtet ist, so entsteht bei „Prisma rechts“ ein Bild der rechtsab liegenden Kimme im Gesichtsfeld; ein zweites Bild derselben Kimme entsteht durch die Sextantenspiegel im Gesichtsfeld, wenn die Alhidade des Sextanten nahezu auf 90° gestellt wird, und kommt mit der vom Prisma abgebildeten Kimmlinie zur Deckung bei der Alhidadenstellung $90^\circ - i$ (wo i hier und im folgenden den Indexfehler des Sextanten bedeutet). Wird nun aber das Prisma in die „Lage links“ gedreht, so bringt es ein Bild der linksab liegenden Kimme ins Gesichtsfeld, das um die doppelte Kimmtiefe von dem bei „Lage rechts“ entworfenen Bilde absteht und mit dem von den Sextantenspiegeln entworfenen Bild der Kimmlinie bei der Alhidadenstellung $90^\circ - i - 2r$ (wenn die Kimmtiefe r heißt) sich deckt.

Das Prisma dient also eigentlich nur in der Lage links zum Messen der Kimmtiefe r , es ist aber mit Recht doch deshalb drehbar eingerichtet worden, weil man so den Indexfehler i bei der Alhidadenstellung 90° messen und damit den Exzentrizitätsfehler des Sextanten unschädlich machen kann (eigentlich $e_0 - r_{90^\circ}$, wenn e die Exzentrizitätsfehler bei den als Index angeschriebenen Alhidadenstellungen bedeutet).

¹⁾ In dem nächsten Heft dieser Zeitschrift wird ein demselben Zweck dienendes, von Pulfrich konstruiertes Instrument beschrieben werden. — Anm. d. Red.

Beim Gebrauch muß die Prismenachse parallel zum kleinen Spiegel stehen, was durch die Neigungsschraube des kleinen Spiegels reguliert werden kann; sonst würden die Spiegelkimmlinie und die Prismenkimmlinie gekreuzt erscheinen. Wenn der Winkel der beiden Spiegelseitenflächen des Prismas, statt genau 45° zu sein, $45^\circ - x$ beträgt, so gelten, wenn neben den oben eingeführten Bezeichnungen noch a_r die Sextantenablesung bei rechts gewendetem, a_l die bei links gewendetem Prisma bedeuten, allgemein die Gleichungen

$$\text{Prisma rechts: } 90^\circ - a_r = i + x \quad \dots \dots \dots 1)$$

$$\text{links: } 90^\circ - a_l = 2i + i - x \quad \dots \dots \dots 2)$$

dennach ist die gesuchte Kimmiefe

$$i = \frac{a_r - a_l}{2} + x \quad \dots \dots \dots 3)$$

Die Konstante x des Prismas muß also bekannt sein, übrigens ist sie ja bei Prismen aus guten Werkstätten meist sehr klein, nur wenige Sekunden.

Bei der Beobachtung ist das Sextantenfernrohr dicht zur Limbusebene herabzuschrauben; am besten ist, sitzend zu beobachten und dabei die Ellbogen auf die Kniee zu stützen, damit der Sextant recht ruhig ist. Ob das Sextantenfernrohr genau auf den Nadirpunkt gerichtet ist, hat bei dem großen Gesichtsfeld nichts zu sagen.

Das Instrumentchen, das sich für die Verschärfung der Höhenwinkelmessungen der praktischen Nautik gewiß rasch sehr nützlich zeigen wird, kann, mit genügend kleinem x , von den Mechanikern R. & A. Rost in Wien zum Preis von 41 Kr. bezogen werden; der Sextant, auf dem es angebracht werden soll, wird am besten eingesandt, um die Prismenfassung der Dicke der Sextantenschleife und der Höhe der Spiegelbelagränder anpassen zu können.

Hammer.

Studien und Messungen an einem Dreipendelapparate.

Von K. D. P. Rosén. 31 S. Stockholm 1903.

Der vom Verf. zu seinen Untersuchungen benutzte Apparat gehört zu der neuerdings mehrfach konstruierten Art von Pendelapparaten, die auf demselben Stativ mehrere Pendel tragen. Das Stativ hat die Form einer Säule, von der vier Wände ausgehen. In den dadurch gebildeten vier Fächern hängen an vier Konsolen die drei Pendel und ein Pendelthermometer. Um alle drei Pendel von demselben Koinzidenzapparat aus beobachten zu können, sind in geeigneter Weise Reflexionsprismen angebracht. Über das Stativ läßt sich eine luftdicht schließende Metallhaube decken, sodaß auch Pendelbeobachtungen in verdünnter Luft angeführt werden können. Eine ausführlichere Beschreibung des Apparates findet sich bei O. Hecker, Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean sowie in Rio de Janeiro, Lissabon und Madrid. *Veröffentl. des Kgl. Preuss. Geodät. Instituts 1903. S. 90.* (Vgl. auch über die Konstruktion ähnlicher Apparate M. Haid, *diese Zeitschr.* 16. S. 191. 1896 und L. Haasemann, *diese Zeitschr.* 22. S. 97. 1902.)

Die vorliegenden Untersuchungen, die im Geodätischen Institut zu Potsdam ausgeführt sind, beziehen sich auf die Bestimmung des Mitschwingens der Pendelaufstellung mit Hilfe des genannten Apparates. Ist die Elastizität der Aufstellung nicht in allen Richtungen gleich, so ist auch die Veränderung der Schwingungsdauer, die ein Pendel durch das Mitschwingen der Aufstellung erleidet, in den verschiedenen Richtungen verschieden. Der Verf. nimmt nun an, daß sich die Aufstellung wie ein elastischer Stab verhält, der in zwei zueinander senkrechten Richtungen die größte und kleinste Verschiebung durch dieselbe Kraft erleidet. Es treten dann an Stelle einer Konstanten deren drei auf, deren Kenntnis die Berechnung des Mitschwingens der Aufstellung für eine beliebige Richtung ermöglicht.

Um diese Annahme zu prüfen, hat der Verf. eine Aufstellung benutzt, deren Elastizität in den verschiedenen Richtungen absichtlich stark verschieden gemacht war. Auf den Steinpfeiler, der auf dem Zementfußboden des Kellers festgekippt war, war eine Sandsteinplatte gelegt, zwischen diese und die Kopffläche des Pfeilers waren zwei Gummipfatten und eine Platte von Messing eingeschoben, die ein gleichseitiges Dreieck bildeten. Die Seite durch

die beiden Gummipplatten lief in der Richtung *E-W*, während die Messingplatte im *S* lag. Auf die Sandsteinplatte wurde das Pendelstativ aufgesetzt und zwar in drei Azimuten, mit Pendelthermometer nach *N*, *NE* und *E*. Außerdem wurde noch eine feste Aufstellung benutzt, bei der das Pendelstativ direkt auf den Pfeiler aufgesetzt war. Für jede Aufstellung sind die Schwingungsdauern bestimmt und außerdem ist das Mitschwingen in folgender Weise ermittelt. Nachdem alle drei Pendel beruhigt waren, wurde einem der Pendel (dem treibenden) eine große Amplitude gegeben und dann das Anwachsen der Amplituden der beiden anderen Pendel (der getriebenen) etwa 40 Minuten lang beobachtet.

Die theoretischen Entwicklungen bedürfen noch der Vervollständigung, da die Rückwirkung der getriebenen Pendel auf das treibende nicht immer vernachlässigt werden kann, wenn man die 7. Dezimale der Schwingungsdauer genau haben will. Beachtet man die vom Ref. in den *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1902, S. 250* gegebene Formel (20), so ergibt sich z. B., daß der Rückwirkung bei den Versuchen mit Gummifunterlage, Pendelthermometer *N*. die folgende Korrektur des ohne Rücksicht auf die Rückwirkung berechneten Mitschwingens entspricht:

$$\frac{\sigma}{2} \cdot \left(\frac{\psi_2}{\psi_1} \right)^2 \left\{ \cotg^2 \Delta t - \frac{\Delta t \cos \Delta t}{\sin^2 \Delta t} \right\}, \quad \text{womit} \quad \Delta = \frac{\pi(s_2 - s_1)}{2s_1s_2}.$$

Hier bedeutet σ die Korrektur der Schwingungsdauer wegen Mitschwingens, t die Zeit seit Beginn des Versuchs, s_1 und s_2 die Schwingungsdauer, ψ_1 und ψ_2 die Amplitude des treibenden und des gegenüber hängenden getriebenen Pendels zur Zeit t . Aus der angegebenen Formel folgt, daß beispielsweise an den Werten $10^7 \cdot \sigma$ der Reihe 7. S. 21 die folgenden Korrekturen anzubringen sind:

$$0, -1, -2, -2, 0, +2.$$

Die Anbringung dieser Korrekturen und die genauere Berücksichtigung der Amplitudenreduktion verbessert die innere Übereinstimmung der Reihe noch etwas, dasselbe gilt von den folgenden Reihen. Das vom Verf. auf S. 17 vorgeschlagene Aushilfsmittel zur Berücksichtigung der Rückwirkung, dessen Brauchbarkeit übrigens noch nachzuweisen wäre, dürfte nicht empfehlenswert sein, da der Einfluß der Rückwirkung nach der vom Ref. *a. a. O.* angegebenen Methode direkt ermittelt werden kann.

Die Ausgleichung der Beobachtungen ergibt bei zwei Pendeln eine sehr gute Übereinstimmung der Resultate. Es zeigt sich, daß nach Anbringung der ermittelten Korrekturen wegen Mitschwingens die beobachteten Schwingungsdauern bis auf wenige Einheiten der 7. Dezimale übereinstimmen, ein Beweis, daß die Beobachtungen mit großer Umsicht und Sorgfalt ausgeführt sind. Die Abweichungen des dritten Pendels, die bis zu 25 Einheiten der 7. Dezimale gehen, fallen nicht dem Beobachter zur Last. Das Pendel dürfte eine mangelhafte Schneide haben, sodaß sich bei etwas anderer Auflagerung der Schneide auf die Unterlage eine Änderung der Schwingungsdauer ergibt. Daß die bei diesem Pendel beobachteten Abweichungen durch die Annahme einer täglichen Änderung seiner Schwingungsdauer um 10^{-7} Sek. bis auf eine fortgeschafft werden, ist wohl Zufall. *Ph. F.*

Über Mitwindbestimmung bei Anemometer-Prüfungen.

Von E. Stach. *Ann. der Hydrographie* 32. S. 74. 1904.

Auf Veranlassung der Westfälischen Bergwerkschaftskasse ist durch Ingenieur Stach eine Anemometer-Prüfungsstation in Bochum eingerichtet worden, die mit einem Combesschen Rotationsapparat ausgerüstet ist. Da der Prüfungsraum verhältnismäßig schmal ist (7 m) und die rotierenden Anemometer sich der einen Längswand bis auf 30 cm nähern, so schien es nicht ausgeschlossen, daß Rückstau des im Raume erzeugten Mitwindes die Ergebnisse der Eichungen ungünstig und unkontrollierbar beeinflussen. Dies war umsoehr zu befürchten, da bisher die Mitwindbestimmung an fest aufgestellten Anemometern in geschlossenen Räumen nur bei großen Geschwindigkeiten einwurfsfrei war, während sonst die beobachteten Werte nach einer von Cleveland Abbe empirisch ermittelten Formel reduziert werden mußten. Diese Reduktionsformel hat sich im allgemeinen gut bewährt, sie kann aber nicht *a priori* als gültig für jeden Versuchsraum angenommen werden.

Um diese Frage näher zu untersuchen, wurde um den Versuchsapparat eine kreisrunde Einkleidung des Raumes von 7 m Durchmesser eingebaut. Hierzu benutzte man geteertes Tuch von $1\frac{1}{2}$ m Breite, welches an der obern Langseite mittels Haken an einem an der Decke des Versuchsraumes befestigten Flachisenring aufgehängt und unten durch einen zweiten in Haken liegenden Ring gespannt wurde. Die Laufzone der Anemometer befand sich in der Mitte dieser zylindrischen Auskleidung; die Luft kann nach oben und unten in den äußeren Raum entweichen, aber niemals von den Wänden zurückprallend die Anemometerflügel treffen.

Das Resultat dieses Versuches war schon insofern recht befriedigend, als sich ergab, daß in einem so eingekleideten Raum die Abbessche Reduktionsgröße gleich Null wird, d. h. das Nachlaufen des Mitwindes hält so lange an, daß der Arm des Rotationsapparates sich bis zu etwa 1 m/Sek. Umfangsgeschwindigkeit herab noch in einer stetig bewegten Luftmasse befindet. Der Verfasser teilt verschiedene Prüfungsergebnisse mit, welche zeigen, daß nach Abzug der direkt beobachteten Mitwindgrößen die Geschwindigkeiten des zu prüfenden Anemometers proportional sind den abgelesenen Umfangsgeschwindigkeiten der Anemometerachse. Von besonderer Wichtigkeit ist das Ergebnis von Eichungen eines und desselben Anemometers im nicht eingekleideten und im eingekleideten Versuchsraum mit Berücksichtigung der alten, nach Abbe reduzierten Mitwindwerte für die erste und der neuen Werte für die zweite Versuchsart. Der Verlauf der zu berechnenden Geschwindigkeiten in ihrer Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Anemometerachse ist bei beiden Versuchen im großen ganzen nahezu der gleiche, er ist jedoch im nicht eingekleideten Raume weniger regelmäßig, sodaß der Verfasser die runde Einkleidung als feststehende Einrichtung in beschränkten Räumlichkeiten empfiehlt.

Sg.

Über Methoden zur Prüfung optischer Spiegel während ihrer Herstellung.

Von G. W. Ritchey. *Astrophys. Journ.* 19. S. 53. 1904.

Als der Verf. vor zwei Jahren die von ihm ausgeführte Konstruktion des Reflektors der Yerkes-Sternwarte beschrieb (vgl. diese Zeitschr. 22. S. 335, 1902), machte er nur kurze Angaben über die Herstellung und Prüfung der optischen Teile. In der vorliegenden Abhandlung schildert er nun eingehend den Weg, den er zur Anfertigung vollkommener Planspiegel, sphärischer und parabolischer Hohlspiegel und hyperbolischer Konvexspiegel eingeschlagen hat. Die Prüfungsmethode selbst bietet nichts Neues, es ist die allbekannte Messerschneidenmethode (vgl. diese Zeitschr. 14. S. 113, 1894; 24. S. 3, 1904), deren Genauigkeit und Bequemlichkeit der Verf. außerordentlich rühmt.

Der Optiker hat zuerst einen vollkommenen sphärischen Hohlspiegel herzustellen, den er vom Kugelmittelpunkte aus prüft. Zu diesem Zwecke wird wenig seitlich vom Mittelpunkt eine punktförmige Lichtquelle (sehr feine Öffnung in einer dünnen Metallplatte, die von hinten beleuchtet wird) angebracht. Der Spiegel entwirft von diesem Lichtpunkte ein Bild, welches ebenfalls nahe am Kugelmittelpunkte liegt, und das in einem Okular betrachtet völlig scharf erscheinen muß. Bringt man nach Entfernung des Okulars das Auge direkt in den reflektierten Strahlenkegel und zwar dicht hinter dem Orte des punktförmigen Bildes, so sieht man die ganze Spiegelfläche in gleichmäßiger Helligkeit leuchten. Bewegt man nun eine scharfe Kante (Messerschneide) von der Seite her in das punktförmige Bild hinein, so wird, falls alle Zonen des Spiegels völlig gleiche Krümmung haben und also alle Strahlen genau in demselben Punkte vereinigen, für das beobachtende Auge die Beleuchtung der ganzen Spiegelfläche gleichzeitig verschwinden. Hat der Spiegel dagegen einzelne Zonen von abweichender Krümmung, die sich also entweder als ringförmige Wälle über die gewünschte Kugelfläche erheben oder als Täler unter dieselbe senken, so erscheinen diese Höhenunterschiede, sobald die Schneide den Bildpunkt halbiert, als Licht- und Schattenpartien auf der Spiegelfläche, und zwar sind diese Helligkeitsunterschiede, wie eine einfache Überlegung zeigt, ebenso verteilt, als ob jene Höhenunterschiede enorm vergrößert und sehr schräg von derjenigen Seite her, nach welcher die Schneide gerichtet ist, beleuchtet wären.

Der Optiker erkennt so auf einen Blick diejenigen Zonen, die durch weiteres Polieren noch tiefer gelegt werden müssen, und die vollkommene Kugelgestalt ist erst dann erreicht, wenn beim Hereinbewegen der Schneide die ganze Spiegelfläche, genau wie eine berg- und tallose Ebene beim Sonnenuntergang, gleichzeitig ohne die Spur eines Schattens verdunkelt wird.

Die Genauigkeit dieser Methode ist ziemlich groß. Der Verf. gibt an, daß man unter günstigen Umständen bei einem Spiegel von 60 cm Öffnung und 15 m Krümmungsradius den Ort des Bildes auf 0,25 mm, bei *sehr großer Sorgfalt* sogar bis auf 0,125 mm genau bestimmen könne. Diese Angabe ermöglicht einen direkten Vergleich mit der Genauigkeit der Methode der extrafokalen Messungen. In *dieser Zeitschr.* 24. S. 12. 1904 war für den m. F. einer Brennpunktsbestimmung nach der letztgenannten Methode die Formel $\Delta = 0,37 \cdot F/r$ gegeben. Setzt man hierin obiger Angabe entsprechend $F/r = 50$ und nach S. 16 der zitierten Stelle $\epsilon = 0,004$ mm, so erhält man als mittleren Fehler einer einzelnen Fokusbestimmung durch extrafokale Messungen für obigen Spiegel den Betrag $\pm 0,074$ mm. Man erkennt hieraus, daß letztere Methode beinahe das Doppelte der Genauigkeit besitzt, welche die Messerschneidenmethode im günstigsten Falle zu erreichen gestattet; allerdings ist sie auch etwas umständlicher, was jedoch nur wenig ins Gewicht fallen kann, da ja die hauptsächlichste Mühe bei diesen Prüfungen doch immer in dem Aufbauen des Spiegels besteht. Die extrafokalen Aufnahmen liefern dann aber ein dauerndes Protokoll jeder Prüfung, welches für den Fortgang der Korrektur sehr dienlich sein kann. Immerhin gibt die Messerschneidenmethode eine so schnelle Orientierung, daß man diesen einfachen Versuch niemals unterlassen sollte.



Fig. 1.



Fig. 2.

Der vollkommene sphärische Spiegel bildet nun weiter die Grundlage zur Prüfung eines Planspiegels von derselben Größe. Man hat nur bei der oben beschriebenen Versuchsanordnung kurz vor dem sphärischen den Planspiegel in den Lichtweg einzuschalten, sodaß das Licht aus der punktförmigen Öffnung zunächst auf den Planspiegel und erst von diesem reflektiert auf den Hohlspiegel fällt, der es wieder zum Planspiegel und von da in das beobachtende Auge zurückwirft. Da hierbei zweimalige Reflexion am Planspiegel stattfindet, so steigert sich die Genauigkeit der Beobachtung. Auch durch schräge Inzidenz am Planspiegel kann die Empfindlichkeit noch erhöht werden, und gleichzeitig ist die Änderung des Inzidenzwinkels ein Mittel, um eine allgemeine Krümmung des Planspiegels (also etwaige sphärische Gestalt) noch zu erkennen.

Bei der Untersuchung eines parabolischen Hohlspiegels tritt nun wiederum der eben hergestellte Planspiegel als Hilfsinstrument auf. Will man nur einen einzigen großen parabolischen Spiegel herstellen, so kann man den oben besprochenen sphärischen Spiegel, nachdem er bei der Prüfung des Planspiegels seinen Zweck erfüllt hat, nun zum Paraboloid umschiefeln. Die Lichtquelle wird bei der Prüfung in den Brennpunkt des parabolischen Spiegels gebracht, das parallel austretende Licht fällt auf den Planspiegel, wird von diesem zum parabolischen Spiegel zurückgeworfen und dann im Brennpunkt, wo sich das beobachtende Auge befindet, vereinigt. Damit der Beobachter hierbei nicht die Spiegel zum Teil verdeckt, wird der Strahlengang, wie in Fig. 1 ersichtlich, durch einen 45°-Spiegel zur Seite abgelenkt.

Um endlich den kleinen hyperbolischen Konkavspiegel, der im Cassegrainschen Reflektor zur Verlängerung der Brennweite dient, zu prüfen, stellt der Verf. ihn in der aus Fig. 2 ersichtlichen Anordnung auf, die nichts anderes ist, als das Cassegrainsche Teleskop mit Autokollimation. Die Beobachtung erfolgt auch hier wieder mit der Messerschneide im Fokus. Wie man sieht, wird das Licht bei dieser Prüfung siebenmal reflektiert. Ref. möchte

bemerken, daß diese Prüfung besser direkt mit Hilfe des zuerst hergestellten sphärischen Hohlspiegels ausgeführt würde, wobei der Planspiegel wegfällt und zwei Reflexionen erspart werden; der sphärische Spiegel würde hierbei an die Stelle von P gesetzt werden.

Auf die Gefahren bei der Anwendung so häufiger Reflexionen soll hier nur hingewiesen werden; nur ein außerordentlich sorgfältiger Künstler wird es vermeiden können, jede folgende Fläche um so fehlerhafter zu gestalten, je mehr sich die Fehler der übrigen, zur Prüfung benutzten Spiegel aufsummieren. Nur in dem einen Falle, den der Verf. offenbar auch im Auge hat, daß nämlich die in Fig. 2 dargestellten Spiegel nach Entfernung des großen Planspiegels selbst das herzustellende Cassegrainsche Teleskop in seiner definitiven Form bilden, wird gerade die Kompensation der Fehler des einen Spiegels durch entsprechende Fehler eines anderen zur Verbesserung des Gesamtsystems beitragen.

Von den zahlreichen wertvollen Winken, die der Verf. sonst noch gibt, sollen nur noch einige erwähnt werden. Um Verbiegungen während des Schleifens und später bei Temperaturänderungen zu vermeiden, soll das zu Spiegeln bestimmte Glas wenigstens einigermaßen optisch homogen und gut gekühlt sein. Als Dicke schlägt der Verf. für große Spiegel, die von der Rückseite unterstützt werden können, ein Siebentel des Durchmessers vor, für kleinere ein Sechstel. Um gleichmäßige Einwirkung der Wärme auf beide Seiten zu erreichen, ist auch die Rückseite zu versilbern. Bei der Prüfung stehen die Spiegel vertikal, und größere Glasscheiben werden hierzu am besten in einem breiten Stahlbände aufgehängt. Bezüglich der technischen Einzelheiten beim Schleifen und bei der Montierung wird auf eine Darstellung verwiesen, die im Laufe dieses Jahres in dem *Report der Smithsonian Institution* erscheinen wird. Vor kurzem veröffentlicht¹⁾ der Verf. noch eine Reihe von Himmelsaufnahmen, die ein beredtes Zeugnis für die hohe Vollendung seines Reflektors sind.

J. H.

Über eine Methode zur Bestimmung des Koeffizienten der gegenseitigen Induktion.

Von A. Trowbridge. *Phys. Rev.* 18. S. 184. 1904.

Die beiden Spulen, deren gegenseitiger Induktionskoeffizient M gefunden werden soll, mögen die Selbstinduktionskoeffizienten L_1 und L_2 haben. Schaltet man beide Spulen hinter einander, sodaß die Ströme in beiden Spulen gleich gerichtet sind, und mißt nach irgend einer Methode den Selbstinduktionskoeffizienten L' dieser Kombination, so ist

$$L' = L_1 + L_2 + 2M.$$

Wendet man die Stromrichtung in einer der Spulen und wiederholt die Messung, so erhält man

$$L'' = L_1 + L_2 - 2M.$$

Daraus ergibt sich

$$M = \frac{1}{4}(L' - L'').$$

Trowbridge hat diese Methode mit anderen bekannten verglichen; die Resultate weichen im Maximum um 0,7% voneinander ab; nur die Messungen nach einer von Glazebrook angegebenen Methode zeigten stärkere Abweichungen. E. O.

Über ein tragbares Torsionsmagnetometer.

Von F. Kohlrausch und H. Holborn. *Ann. d. Physik.* 13. S. 1054. 1904.

Das früher von den Verf. beschriebene Prinzip des astatischen Magnetometers (vgl. diese Zeitschr. 23. S. 257. 1903), durch welches die äußeren Störungen durch Straßenbahnen u. s. w. für die magnetometrischen Messungen unter Umständen vollständig beseitigt werden können, ist nun auch auf ein tragbares Instrument angewendet worden und hat sich hier ebenfalls gut bewährt.

¹⁾ G. W. Ritchey, *Photography with Forty-Inch Refractor and Two-Foot Reflector. The Decennial Publications, Chicago 1904.*

Das Instrument ist auf einem festen, auf Stellschrauben ruhenden Stativ aus Eichenholz befestigt. Der untere Magnet befindet sich 16 cm über dem Boden, der obere, mit einem Kupferdämpfer umgebene in einem Abstand von 126 cm vom unteren, während früher die Entfernung beider Magnete 193 cm betragen hatte; damit ist auch der Abstand des zu untersuchenden Objekts wegen dessen Einwirkung auf den zweiten Magnet auf etwa 1 m beschränkt, was jedoch in den meisten Fällen ausreichen dürfte. Das auswechselbare Magnet-system mit dem darüber befindlichen Ablesespiegel hängt mittels eines 52 cm langen ausgeglühten Platiniridiumdrahts von 0,15 mm Durchmesser an einem Torsionskopfe, der von einer Glasröhre und einem darunter befindlichen Gehäuse mit Stellschrauben getragen wird. Auch der untere Teil des Systems ist durch Röhren und Gehäuse möglichst vollkommen gegen Luftströmungen geschützt; die noch verbleibenden, sehr geringen Schwankungen der Ruhelage rührten offenbar nur von mechanischen Erschütterungen her, da sie ihren Charakter nicht änderten, als man die Magnete durch Messingzylinder ersetzte. Die Empfindlichkeit des neuen Instruments entspricht ungefähr derjenigen einer einfachen Magnetnadel im Erdfeld.

Da sich die auf dem Stativ befestigte Ablenkungsschiene ebenso wie der Ablesespiegel infolge besonderer Vorrichtungen leicht um 90° drehen läßt, so kann man mit derselben Fernrohrstellung sowohl bei der Nord-Süd- wie bei der Ost-West-Richtung der Magnete beobachten. Bei der letzteren ist die Konstanz der Empfindlichkeit am größten, dagegen wird hier die Ruhelage stärker gestört, wenn die Momente beider Magnete sich ungleich stark ändern, was im geheizten Zimmer leicht eintritt, falls die Magnete, wie bei der früheren Anordnung, sich in höheren Luftschichten und in beträchtlichem Abstand befinden; die neue Anordnung ist also auch in dieser Beziehung günstiger gewählt.

Zum Schlusse warnen die Verf. selbst vor einer Überschätzung des Apparats, dessen Verwendung ja an die Bedingung geknüpft ist, daß die äußeren Störungen beide Magnete in merklich gleicher Weise beeinflussen; dies wird namentlich dann nicht der Fall sein, wenn sich die Störungsquellen (elektrische Bahnen u. s. w.) in großer Nähe befinden. Sodann verlangt das astatische Instrument, sei es nun aufgestellt oder an der Decke aufgehängt, viel stabilere lokale Verhältnisse, als das gewöhnliche Magnetometer, welches auch wegen seiner einfacheren Einrichtung und wegen der Anwendbarkeit kleiner und schwacher Magnetnadeln unersetzte Vorzüge besitzt. Gleichwohl wird das astatische Instrument, das ja in vielen Fällen die einzige Möglichkeit ungestörten Arbeitens gewährt, auch in seiner neuen, verbesserten Form vielfach gute Dienste leisten. *Gleich.*

Neu erschienene Bücher.

- A. Schell, Der photogrammetrische Stereoskopapparat. gr. 8°. 20 S. m. Fig. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1904. 1,00 M.
- R. Bunsen, Gesammelte Abhandlungen. Im Auftrage der deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikal. Chemie hrsg. v. Prof. W. Ostwald u. Priv.-Doz. M. Bodenstein. 3 Bde. gr. 8°. CXXVI, 536 S. m. 67 Fig.; VI, 660 S. m. 93 Fig. u. 2 Taf.; VI, 637 S. m. 109 Fig. u. 10 Taf. Leipzig, W. Engelmann 1904. 50,00 M.; geb. in Leinw. 54,00 M.
- E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. 10. u. 11., neubearb. Aufl., hrsg. v. Prof. Dr. W. König. gr. 8°. X, 596 S. m. 424 Fig. in Text u. 1 farb. Spektraltaf. Leipzig, J. A. Barth 1904. 6,40 M.; geb. in Leinw. 7,20 M.
- A. L. Crellés Rechentafeln, welche alles Multiplizieren u. Dividieren mit Zahlen unter Tausend ganz ersparen, bei größeren Zahlen aber die Rechnung erleichtern u. sicherer machen. Mit e. Vorwort v. Dr. C. Bremiker. 9. Ster.-Aufl. Mit deutschem u. französ. Text. 4°. X, 452 S. Berlin, G. Reimer 1904. Geb. in Leinw. 15,00 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

August 1904.

Achtes Heft.

Über einen Apparat zur Messung der Kimmtiefe.

Von

Dr. C. Pulfrich in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiß.)

Zu Beginn dieses Jahres hat mich Hr. Dr. E. Kohlschütter darauf aufmerksam gemacht, daß in der Nautik ein Bedürfnis nach einem einfachen Apparat bestehe, welcher gestatte, den Abstand des Meereshorizontes von dem mathematischen Horizont, die sogenannte Kimmtiefe, in einfachster Weise zu bestimmen. Dieses Bedürfnis sei in neuerer Zeit besonders deshalb rege geworden, weil von verschiedener Seite, insonderheit durch die Koßschen Kimmtiefenbeobachtungen¹⁾, der Nachweis erbracht worden ist, daß die durch Rechnung aus der Höhe des Standpunktes über dem Meere abgeleiteten Werte nicht immer mit der direkt gemessenen Kimmtiefe übereinstimmen. Auch sei schon von mehreren Seiten²⁾ der Vorschlag gemacht worden, den Sextanten mit einem geeigneten Hilfsprisma auszurüsten, mit dem sich die Kimmtiefe direkt ermitteln lasse. Aber eine vollständig befriedigende Lösung der Aufgabe stelle diese Anordnung nicht dar.

Die Bedeutung eines solchen Apparates für die Nautik liegt auf der Hand. Denn wenn wir die Abweichung der Kimme von dem mathematischen Horizont jederzeit nach Größe und Vorzeichen anzugeben vermögen — nach den Beobachtungen von Hrn. Koß sind Hebungen der Kimme von 10' und Senkungen von 3' aus der normalen Lage beobachtet worden — so erhalten wir damit ohne sonstige Beobachtungen und Rechnungen sofort nach Größe und Vorzeichen diejenige Korrektur, welche an der mit dem Sextanten gemessenen Sonnen- oder Sternhöhe (siehe die Fig. 1 und 2) anzubringen ist, und das Endresultat ist eine wesentlich genauere Ortsbestimmung auf dem Meere, als ohne eine solche Berücksichtigung der Schwankungen der Kimmtiefe möglich ist.

Die gestellte Aufgabe hat große Ähnlichkeit mit einer anderen, mit der ich mich vor einer Reihe von Jahren sehr eingehend beschäftigt habe, der Aufgabe nämlich,

¹⁾ Vgl. den Aufsatz der Hrn. Korv.-Kapt. Koß und Graf Thun Hohenstein, Kimmtiefenbeobachtungen zu Verudella. *Denkschriften d. Wiener Akad., math.-nat. Kl.* **70**, S. 347, 1901 und *Veröffentl. d. Hydrograph. Amtes des k. u. k. Kriegsministeriums in Pola* 1904, Nr. 18, S. 7; ferner den Aufsatz des Hrn. Dr. Kohlschütter, Folgerungen aus den Koßschen Kimmtiefenbeobachtungen zu Verudella. *Ann. d. Hydrographie u. maritimen Meteorologie* **31**, S. 533, 1903.

²⁾ Vgl. den zitierten Aufsatz des Hrn. Kohlschütter, S. 552 bis 554 und das Referat desselben Verfassers, *ebenda* **32**, 1904 (Febr.-Hft.) über das „Kimmpisma“ des Hrn. Blish (Amerika), den Aufsatz des Hrn. Koß, Über ein Kimmpisma. *Mitt. aus dem Gebiet des Seewesens* 1904, Hft. 6, S. 495 und die soeben erschienene Arbeit von Teichgräber und Koß, Das Kimmpisma. *Ebenda* 1904, Hft. 7 (s. das Referat in *dieser Zeitschr.* **24**, S. 218, 1904).

den konstanten Ablenkwinkel eines Prandtl'schen Pentagonalprismas schnell und sicher zu messen. Aus diesem Grunde war es mir ein leichtes, sofort eine befriedigende Lösung der Aufgabe in Aussicht zu stellen und den im folgenden näher besprochenen Apparat zu konstruieren, der inzwischen auch schon in mehreren Exemplaren und, wie ich erfahre, mit bestem Erfolg in den praktischen Gebrauch übergegangen ist. Über einige vergleichende praktische Studien, welche die Hrn. Prof. E. Stück und Dr. Kohlschütter vor kurzem mit den von Koß und Kohlschütter vorgeschlagenen Anordnungen und dem einen der beiden unten bezeichneten Apparate ausgeführt haben, werden die genannten Herren später selbst näher berichten.



Fig. 1. Die beobachtete Kimme K' liegt unter dem mathematischen Horizont.

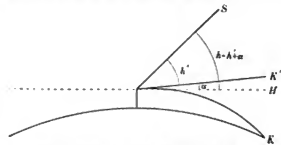


Fig. 2. Die beobachtete Kimme K' liegt über dem mathematischen Horizont.

Das Verfahren beruht im Prinzip auf der Anwendung eines *Winkelspiegels*, der aus zwei kreuzweis zueinander gestellten Einzelspiegeln (s_1 und s_2 in Fig. 3) besteht und der bekanntlich die Eigenschaft hat, daß zwei in entgegengesetzter Richtung auf den Winkelspiegel auffallende Strahlen diesen mit einem von der Haltung des Instrumentes unabhängigen Richtungsunterschied verlassen, sowie ferner auf einem in den Strahlengang eingeschalteten *Winkelmeßapparat*, durch welchen der Richtungsunterschied der beiden austretenden Strahlen entweder direkt gemessen oder um meßbare Beträge variiert werden kann.

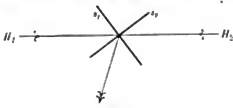


Fig. 3.

Denken wir uns die beiden Spiegel s_1 und s_2 von vornherein unter genau 90° zueinander gestellt und so gehalten, daß ihre Schnittlinie horizontal zu liegen kommt, so wird man jetzt beim Einblick in den Winkelspiegel in der Richtung von unten nach oben, bezw. von oben nach unten, die beiden seitlich gelegenen Meereshorizonte in einem *Abstände gleich der doppelten Kimmtiefe* voneinander erblicken, und es ist der zwischen den beiden Kimmen sichtbare Raum *Luft* für den Fall, daß die Kimme *unter* dem mathematischen Horizont (Fig. 4), und *Wasser* für den Fall (Fig. 5), daß die Kimme *über* dem mathematischen Horizont gelegen ist.

Die Beobachtung geschieht zweckmäßig mit einem mit dem Winkelspiegel in fester Verbindung stehenden astronomischen Fernrohr. Um alle Unbequemlichkeiten bei der Beobachtung zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Fernrohr durch ein zwischen dem Objektiv und dem Winkelspiegel eingeschaltetes 90° -Reflexionsprisma zu brechen, derart, daß die optische Achse des Fernrohres parallel zur Schnittlinie der beiden Spiegel s_1 und s_2 zu stehen kommt. Der Einblick in den Apparat geschieht dann in horizontaler Richtung, und außerdem ist damit ein Anhalt für die richtige Haltung des Instrumentes gegeben. Es läßt sich nämlich leicht die Einrichtung treffen, daß man gleichzeitig mit den beiden seitlichen Kimmen auch die in der Beobachtungsrichtung geradeaus gelegene Kimme sehen kann. In einfachster Weise geschieht dies

durch Anwendung eines Glaswürfels mit schwach durchscheinender Silberschicht. Der Anblick im Beobachtungsrohr ist dann, wie in Fig. 6 angedeutet. Die beiden rechts und links gelegenen Kimmen erscheinen vertikal, die geradeaus gelegene K_3 horizontal. K_3 dient somit als Index für diejenige Stelle der beiden Kimmen, an der die Messung ihres Abstandes zu erfolgen hat. Noch zu bemerken ist, daß die in den Fig. 4 und 5

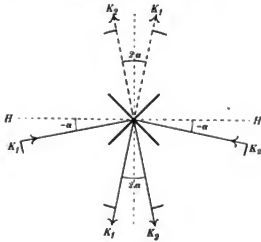


Fig. 4.

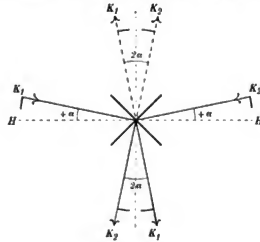


Fig. 5.



angedeutete Krümmung der beiden seitwärts gelegenen Meereshorizonte im Gesichtsfeld des Beobachtungsfernrohres so gut wie gar nicht in die Erscheinung tritt. Die beiden Kimmen erscheinen vielmehr als zwei parallele gerade Linien.

Die Kontrolle für die 90° -Stellung der Spiegel s_1 und s_2 ist dadurch gegeben, daß man den Apparat um die Fernrohrachse als Drehungsachse um 180° herumdreht. Waren die beiden Spiegel unter genau 90° zueinander gestellt, so ist die Erscheinung in beiden Fällen die gleiche, bei etwaigen Abweichungen wird das Mittel aus dieser und der vorhergehenden Messung gebildet.

Die Messung selbst kann mit Hilfe einer in der Bildebene des Fernrohres angebrachten und nach Bogenminuten bezifferten Okularskale bewerkstelligt werden. Eine solche Skale hat aber den Nachteil, daß die in konstantem Abstand voneinander stehenden Meereshorizonte wegen der Unruhe im Freihandgebrauch und der Schwankungen des Schiffes auf der Meßskale hin- und herwandern, wodurch eine genaue Ablesung der Skalenwerte sehr erschwert wird. Viel besser fährt man, wenn man statt der Okularskale im Gesichtsfeld des Fernrohres eine Reihe von kurzen vertikalen Strichen anbringt, deren Breite der Reihe nach gleich ist dem doppelten

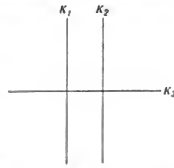


Fig. 6.

Winkelwert des Kimmwinkels $\alpha = 1, 2, 3$ u. s. w. Bogenminuten, und zur Vereinfachung der Ablesung diese Strichbreiten nach der Größe des Kimmwinkels α beziffert. Man hat dann nur diejenige Strichbreite aufzusuchen, welche gleich ist dem Abstand der beiden Kimmen, und erhält aus der zugehörigen Bezifferung sofort den gesuchten Kimmwinkel. An Stelle der Strichbreiten lassen sich auch zwei unter einem spitzen Winkel von oben nach unten verlaufende gerade Linien verwenden, deren Horizontalabstand voneinander durch eine die Kimmtiefe direkt anzeigende Vertikalskala markiert ist. Statt die beiden geraden Linien vertikal zu stellen, kann man sie auch in eine horizontale Lage bringen, und man hat dann zum Zwecke der Messung der Kimmtiefe nur darauf zu achten, an welcher Stelle der Skala das von den beiden Geraden und den beiden Meereshorizonten eingeschlossene Viereck angenähert quadratisch erscheint. Welche dieser Ablesevorrichtungen den Vorzug verdient, soll im praktischen Gebrauch noch erprobt werden.

Die *Ausführungsform* eines solchen Apparates mit feststehenden, unter genau 90° gestellten Spiegeln s_1 und s_2 ist in schematischer Anordnung in Fig. 7 wiedergegeben.

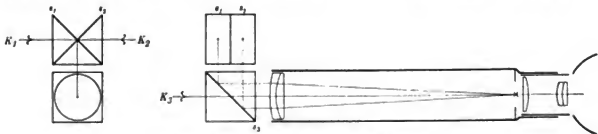


Fig. 7. Kimmtiefenmesser mit Ablese im Okular.

Als Spiegel werden bei diesem Apparat zusammengesetzte total reflektierende Prismen benutzt. Die Anwendung von Pentagonalprismen mit konstantem Ablenkungswinkel bildet eine ebenfalls ausgeführte und im Gebrauch befindliche Modifikation dieser Anordnung; sie hat den Vorteil vor den einfachen Reflexionsprismen, daß der Richtungsunterschied der austretenden Strahlen von der Stellung der beiden Prismen zueinander unabhängig ist. Zur Messung diente ein Kompensator mit drehbaren Deflexionsprismen. Eine weitere Modifikation der Anordnung besteht darin, daß man die neben einander liegenden Prismen durch hinter einander liegende mit schwach durchscheinender Silberschicht der einen der beiden Spiegelflächen ersetzt.

Eine *zweite Ausführungsform* des Kimmtiefenmessers stellt der in Fig. 8 abgebildete Apparat dar, der sich von dem ersten (Fig. 7) nur durch die Art der Messung des Winkels α unterscheidet. Wenn man nämlich einen der beiden Spiegel um die Schnittlinie derselben zum Drehen einrichtet und mit einer *Mikrometerschraube mit Trommel und Trommelteilung* versieht, so ist die Möglichkeit gegeben, die beiden seitlichen Meereshorizonte unbekümmert um die Schwankungen des Schiffes mit größter Bequemlichkeit und Sicherheit zur Berührung zu bringen. Tut man das und dreht den Apparat um die Fernrohrachse um 180° , so stehen jetzt die beiden Kimmen um den vierfachen Betrag der Kimmtiefe voneinander, bezw. sie greifen um den gleichen Betrag über einander, und man hat durch Einstellung der Mikrometerschraube die beiden Kimmen wieder von neuem zur Berührung zu bringen. Aus der Differenz der beiden Ablesungen erhält man dann sofort *den vierfachen Betrag* des Kimmwinkels α . Die Messung kann durch fortgesetzte Drehung des Apparates beliebig oft repetiert werden, es ist daher gleichgültig, ob sich die Prismen anfänglich oberhalb oder unterhalb des Fernrohres befinden. Das Vorzeichen \mp des Kimmwinkels richtet sich wieder danach, ob

nach erfolgter Umdrehung des Fernrohres um 180° der Zwischenraum zwischen den beiden Kimmen Luft oder Wasser ist.

Bei dem in Fig. 8 abgebildeten Apparat dieser Art ist die Einrichtung getroffen, daß man in beiden Stellungen des Apparates nach erfolgter Einstellung der Mikrometerschraube auf das Zusammenfallen der beiden Kimmen *direkt den Kimmwinkel α* abliest. Bei einer etwaigen Differenz der beiderseitigen Angaben kann deren Übereinstimmung durch eine kleine Verstellung der Trommel erzielt werden, und es ist dann nur eine einzige Einstellung der Mikrometerschraube auf das Zusammenfallen der beiden Kimmen erforderlich, um den Kimmwinkel α zu erhalten. Die Drehung des Apparates um 180° und die nochmalige Einstellung der Mikrometerschraube sind hierbei nur noch für die Kontrolle der richtigen Lage der Trommelteilung erforderlich.

Gegen das vorbeschriebene Verfahren muß der Einwand erhoben werden, daß die Kimmtiefe rechts und links vom Beobachter nicht immer gleich zu sein braucht. In der Tat sind schon mehrfach verschiedene Kimmtiefen an verschiedenen Stellen des Horizonts beobachtet worden, wenn auch

systematische Untersuchungen nach der Richtung bis jetzt nicht vorliegen. Solche Untersuchungen lassen sich auch nur mit Fernrohr und Libelle vom festen Erdboden aus machen. Für die Beobachtungen mit dem Kimmtiefenmesser auf dem Meere wird man also mit dieser Fehlerquelle stets zu rechnen haben, und es bietet sich nur die Möglichkeit, die mit dem Apparat ausgeführte Messung an verschiedenen Stellen des Horizontes zu wiederholen und so einen einigermaßen zuverlässigen Anhalt für die Konstanz der Kimmtiefe ringsum zu gewinnen.

Bezüglich der Verwendbarkeit des Apparates für andere Zwecke möchte ich noch kurz darauf hinweisen, daß sich das vorbeschriebene Verfahren außer zur Ermittlung der Kimmtiefe noch benutzen läßt

1. zur Elnordnung in die gerade Verbindungslinie zweier Punkte,
2. zur Ermittlung der Höhenschwankungen des Beobachtungsortes auf dem Schiffe infolge der Vertikalbewegungen des Schiffes und endlich
3. zu Entfernungsmessungen, insonderheit zur Ermittlung der Entfernung eines Schiffes oder einer Küste durch Messung des Winkelabstandes der Kimme von der Wasserlinie des Schiffes bzw. der Küste.

Jena, im Juni 1904.

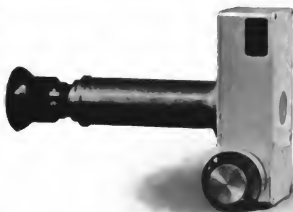


Fig. 8. Kimmtiefenmesser mit Trommelablesung.

Großer Quarzspektrograph.

Von

Dr. Hans Lehmann.

(Mitteilung aus der optisch-astronomischen Werkstatt von C. A. Steinheil Söhne in München.)

Vor einiger Zeit wurde in dieser Zeitschrift ein Spektralapparat beschrieben¹⁾, dessen optische Teile aus Glas mit solchen aus Quarz ausgewechselt werden konnten. Die Konstruktion dieser Quarzoptik wich von der allgemein gebräuchlichen nur insofern ab, als die beiden 30°-Teilprismen des Cornuschen Rechts-Links-Quarzprismas nicht durch ein Kittmittel, sondern durch Atmosphärendruck infolge sorgfältigster Ausführung der Flächen zusammengehalten wurden.

Auch bei dem hier zu beschreibenden großen Quarzspektrographen wurde ein derartig zusammengesetztes Prisma verwendet, dessen Flächendurchmesser 50 mm betrug.

Um die sphärische Aberration der einfachen Quarzlinsen zu vermindern, wird gewöhnlich das Verhältnis der Krümmungsradien zu 1:6 gewählt, das für Medien von ähnlicher Brechung wie bei Glas bekanntlich zu einem Minimum der sphärischen Aberration führt. Der Aberrationsrest ist jedoch auch so immer noch beträchtlich, sodaß er durch Verringerung der relativen Öffnung der Linse weiter verkleinert werden muß (die sphärische Aberration ist ja eine Funktion des Öffnungswinkels). Hierdurch wird aber auch die Lichtstärke des Apparates mit verringert, da durch die relative Öffnung des optischen Systems (Verhältnis der Öffnung der Linse zu ihrer Brennweite) die Helligkeit des durch den Apparat entworfenen Bildes ausgedrückt wird. Ganz besonders ist dies der Fall bei Apparaten größerer Dimensionen; denn mit der Brennweite des Apparates werden auch die Aberrationsreste mit vergrößert. Da nun die Definition der Spektrallinien von der absoluten Größe der Aberrationsreste abhängt, so muß man bei Verlängerung der Brennweite die relative Öffnung der Linse entsprechend verkleinern, um dieselbe optische Wirkung in Bezug auf Definition der Linien zu erreichen, wie mit einer Linse mit kürzerer Brennweite.

Konstruktionen von Quarzspektrographen größerer Dimensionen können also nach diesen Gesichtspunkten nur ziemlich lichtschwach ausfallen.

Nachdem es uns nun seit einiger Zeit gelungen ist, durch ein besonderes Verfahren die letzten geringen Reste von sphärischer Aberration an *Objektiven*²⁾ zu beseitigen, sowie die sphärische Aberration von Kugelspiegeln größter Öffnung zu beheben, sodaß die Kugelspiegel sich in *parabolische Spiegel*³⁾ verwandeln, gingen wir neuerdings daran, an *einfachen Linsen* die sphärische Aberration mit Hilfe dieses Verfahrens zu beseitigen.

Derartige aufs vollkommenste sphärisch korrigierte Linsen kann man nach einem Vorschlage von J. Hartmann⁴⁾ mit Vorteil als Objektive in Spektrographen verwenden.

Dieser Vorteil beruht erstens in der außerordentlich großen Lichtstärke, welche man diesen Linsen infolge ihrer sphärischen Korrektion verleihen kann; ferner wird eine fast vollkommene Achromatisierung der einfachen Linse durch Neigen der photographischen Platte gegen die optische Achse erreicht, worauf ich weiter unten zurückkommen werde.

¹⁾ H. Lehmann, diese Zeitschr. 22. S. 261, 1902.

²⁾ Diese Zeitschr. 22. S. 103, 325, 1902.

³⁾ Diese Zeitschr. 23. S. 298, 1903.

⁴⁾ Diese Zeitschr. 22. S. 330, 1902.

Das erwähnte Verfahren, einfache Linsen von sphärischer Aberration zu befreien, beruht in einer derartigen „Retusche“ der Linsenflächen, bis sich alle von der Mitte nach dem Rand zu parallel der Achse einfallenden Strahlen in genau demselben Punkt, dem Brennpunkt, schneiden. Derartige Linsen sind mit den sogenannten *Cartesianischen Ovalen* identisch, deren Herstellung man bisher für unmöglich hielt. Als Mittel zur Prüfung, inwieweit dieser Zustand erreicht ist, dient auch hier Hartmanns *astrofokale Meßmethode*¹⁾.

Auch bei dem großen Quarzspektrographen wurden einfache, sphärisch korrigierte Quarzlinsen als Kollimator- und Kameraobjektiv verwendet. Diese Linsen haben eine Öffnung von 40 mm und eine Brennweite von 400 mm, also eine Helligkeit 1:10. Die Kristallachse ist natürlich parallel der optischen Achse gewählt worden, um die Doppelbrechung des Quarzes und die dadurch entstehende Unschärfe der Spektrallinien zu vermeiden.

In Fig. 1 sind die Resultate graphisch aufgezeichnet, welche die Prüfung dieser Linsen nach Hartmanns Methode ergab.

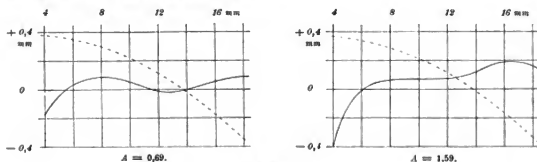


Fig. 1.

Als Ordinaten sind die Schnittweiten-Differenzen in zehntel Millimeter, als Abszissen die Einfallshöhen der Strahlen in Millimeter aufgezeichnet. Die punktierte Kurve gibt den Verlauf der sphärischen Aberration der Linsen vor der Retusche an. Die Zahl A ist eine technische Konstante²⁾, welche als Maß des Auflösungsvermögens der Linse für monochromatisches Licht gilt, wobei 1 erfahrungsgemäß für *korrigierte Objektive* als normal angenommen wird. *Es zeigt sich also, daß sich einfache Linsen mittels des beschriebenen Verfahrens mindestens ebenso vollkommen sphärisch korrigieren lassen, als wie ganze Objektive.*

Ein weiterer Fehler, welcher die Schärfe des Spektrumbildes wesentlich beeinflusst, ist die sogenannte *Koma* oder sphärische Aberration außer der Achse. Dieser Fehler ist in der Achse 0; er wächst mit der Größe der Öffnung, also der Helligkeit der Linse, sowie mit der Vergrößerung des Bildwinkels. Letzterer beträgt für den Quarzspektrographen infolge der großen Dispersion eines 60°-Quarzprismas für das ganze (in Luft) photographierbare Spektralgebiet von der Wellenlänge $650 \mu\mu$ bis $185 \mu\mu$ etwa 14° , sodaß an den Enden des Spektrums die Unschärfe infolge von Koma namentlich bei größeren Apparaten störend auftritt.

Man kann nun die Koma einer Linse durch geeignete Wahl des Verhältnisses ihrer Krümmungsradien beseitigen. Dieses Verhältnis hängt von dem Brechungs-exponenten des Linsenmediums ab; für Quarz fand ich es zu 1:44.

Hieraus geht hervor, daß eine sphärische Linse mit durch Wahl des Radienverhältnisses 1:6 verminderter sphärischer Aberration nicht auch zugleich komafrei sein kann.

¹⁾ J. Hartmann, Objektivuntersuchungen. *Diese Zeitschr.* 24. S. 1, 33, 97. 1904.

²⁾ *Diese Zeitschr.* 22. S. 327. 1902.

Da wir aber in der Lage sind, Linsen mit beliebigem Radienverhältnis mit Hilfe des oben erwähnten Verfahrens sphärisch zu korrigieren, so ist es möglich, einfache Linsen zugleich vollkommen sphärisch korrigiert und komafrei herzustellen. Benutzt man jedoch die komafreie sphärische Form der Linse, um durch Retusche die sphärische Aberration zu beseitigen, so entsteht wieder Koma. Ich fand schließlich für die sphärisch korrigierte, komafreie Linse das Radienverhältnis 1 : 27.

Um sich ungefähr eine Vorstellung machen zu können von der Größe der durch Koma entstehenden Unschärfe, ist in Fig. 2 das durch den oberen Randstrahl R_o , den



Fig. 2.

Hauptstrahl H und den unteren Randstrahl R_u gebildete Dreieck abc in 14-facher Vergrößerung für eine Quarzlinse des großen Spektrographen dargestellt, und zwar für einen halben Bildwinkel von 10° und für die bisher übliche Form des Radienverhältnisses 1 : 6. Für die komafreie Linsenform schrumpft also das Dreieck abc , dessen Basis ab in Wirklichkeit 3 mm lang ist, in einen Punkt zusammen. Wie schon erwähnt, beruht der Hauptvorteil dieser so korrigierten Linsen in der Möglichkeit einer sehr großen Lichtstärke, welche man noch weit größer als 1 : 10 wählen kann.

Die chromatische Korrektur wird, wie schon angedeutet, durch Schiefstellung der photographischen Platte erreicht. Der Vorteil dieser Methode ist bereits in dem Aufsatz über den kleineren Quarzspektrographen eingehend dargelegt worden: es läßt sich mit Anwendung einfacher Linsen ein sehr viel größeres Spektralgebiet auf einer Ebene scharf abbilden als mit Hilfe von Achromaten aus Quarz und Kalkspat oder Flußspat.

Der große Quarzspektrograph liefert auf ebenen photographischen Platten Spektumbilder von etwa 17 cm Länge von der Wellenlänge 500 bis $185 \mu\mu$, wobei das Gebiet von 360 bis $200 \mu\mu$ von ganz hervorragender Definition ist, also etwa $\frac{1}{4}$ des ganzen photographierbaren Spektrums.

Dieser Apparat erfordert jedoch infolge seiner Lichtstärke eine sehr genaue Justierung, weil die Zerstreungskreise der Bildpunkte infolge der starken Neigung der photographischen Platte gegen die optische Achse bei unscharfer Einstellung sehr rasch wachsen.

Die Justierung geschieht derart, daß man zunächst in bekannter Weise die optischen Achsen des Kollimators und der Kamera sowie den durch das Prisma gelegten Hauptschnitt in eine Ebene bringt. Alsdann stellt man nach der Kollimationsmethode mit Hilfe eines Fernrohrs mit langer Brennweite das Kollimatorrohr auf Unendlich ein, am besten mittels eines Filters für rote Strahlen; davon bringt man in Abzug die aus der ermittelten Brennweite der Quarzlinse berechnete Fokusedifferenz für die mittlere Wellenlänge des abzubildenden Spektralgebietes; ich wählte $\lambda_{ca} = 257 \mu\mu$. Dann verlassen Strahlen der Wellenlänge $257 \mu\mu$ das Kollimatorrohr parallel unter sich.

Die weitere Justierung erstreckt sich auf die Einstellung des Prismas auf das Minimum der Ablenkung für $\lambda = 257 \mu\mu$, was man in erster Annäherung im verdunkelten Zimmer leicht mittels der unter Einwirkung des ultraviolett Spektrums fluoreszierenden Mattscheibe bewerkstelligen kann. Auf dieselbe Weise stellt man est, daß der Strahl dieser mittleren Wellenlänge durch Drehen der Kamera um die

Stativachse mit der optischen Kamera-Achse zusammenfällt. Dies ist erreicht, wenn beim Neigen der Mattscheibe das Fluoreszenzbild der Linie $257 \mu\mu$ ruhig bleibt, da die Neigungsachse der Kassette die optische Achse schneidet.

Ferner ermittelt man, ebenfalls in erster Annäherung, die Einstellung der photographischen Platte in der Richtung der Achse und ihre Neigung gegen die Achse, indem man senkrecht über der Mitte des Spaltes einen feinen Streifen von schwarzem Papier befestigt und mittels einer Lampe das Spektrum auf der Mattscheibe entwirft. In dem Spektrum zeigt sich das Bild des Streifens. Die Mattscheibe wird nun so durch Verschieben und Neigen eingestellt, daß das Bild des Streifens in allen sichtbaren Spektralgebieten scharf begrenzt erscheint.

Jetzt kann man die photographische Einstellung auf das Minimum der Ablenkung vornehmen, indem man das Prisma durch die vorher optisch ermittelte Lage hindurch immer um etwa $1/3^\circ$ weiterdreht und jedesmal vom Spektrum eine Aufnahme macht.

Nunmehr erfolgt die photographische Einstellung der Kamera auf „Haarschärfe“. Dies erfordert eine größere Anzahl von Aufnahmen, wegen der zweifachen Bewegung der Platte: Verschieben in der Achse und Neigen gegen die Achse.

Sehr schnell kommt man zum Ziel durch Anwendung von Hartmanns extrafokaler Meßmethode; mit ihrer Hülfe kann man mit sehr großer Genauigkeit durch nur zwei Aufnahmen die Gestalt und Lage der Bildfläche des Apparates ermitteln.

Man verfährt hierbei folgendermaßen¹⁾. Vor der Kamera-Linse wird eine Blende angebracht, welche symmetrisch zur Mitte zwei strichförmige Öffnungen von etwa 2 bis 3 mm Breite hat. Diese Öffnungen werden dem Spalt parallel gerichtet. Alsdann macht man von einem linienarmen Spektrum, etwa dem des Kadmiums, durch Verschieben der photographischen Platte in der Achse je eine Aufnahme außerhalb und innerhalb des Fokus. Vorausgesetzt ist dabei, daß der Apparat in der oben erwähnten Weise optisch eingestellt ist, und daß die Verschiebung der Platte so groß gewählt wird, daß die Brennpunkte für alle Spektrallinien zwischen den beiden Plattenstellungen liegen; es genügt bei dem beschriebenen Apparate 10 bis 20 mm. Auf der photographischen Platte erscheint dann jede Spektrallinie verdoppelt. Die Größe dieser Verdopplung wird mit Hülfe eines Meßmikroskops bestimmt und die Messung sodann nach folgendem Schema reduziert.

Bei AB befindet sich die Kamera-Linse (Fig. 3). Es sind dann AD und BC die zwei durch die Blende isolierten Strahlen, die sich in F schneiden und dort ein einfaches Spaltbild erzeugen. Die Aufnahme des Spektrums erfolgt jedoch einmal in der Stellung P_i und dann in der Stellung P_a der Platte, welche gegen die optische Achse den Winkel α bildet. Die Verschiebung der Platte in der Richtung der optischen Achse betrage v Millimeter. Es wird sich dann die Spektrallinie infolge

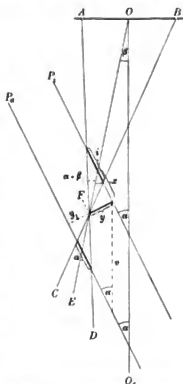


Fig. 3. $O O_1$ ist die optische Achse für $\lambda = 257 \mu\mu$.

¹⁾ Die von Hrn. Prof. Hartmann in dieser Zeitschr. 20. S. 51. 1900 angegebene Versuchsanordnung setzt bei diesem Apparat ein Geißlersches Rohr mit Quarzkapillare voraus, das mir nicht zur Verfügung stand.

der Blendenwirkung auf beiden Aufnahmen doppelt abbilden. Die Größen der Verdoppelungen seien i und a . Gesucht sind die rechtwinkligen Koordinaten x und y des Schnittpunktes F der beiden Strahlen in Bezug auf die Plattenstellung P_i .

Vorausgesetzt ist, daß der Hauptstrahl OE ebenfalls durch den Punkt F geht; diese Bedingung ist aber in Wirklichkeit erfüllt, da das optische System *komafrei* konstruiert ist. Ferner muß der Winkel β des Hauptstrahles OE gegen die optische Achse OO_1 bekannt sein. Diesen Winkel findet man leicht für jede beliebige Wellenlänge aus der Dispersion eines für die Wellenlänge $257 \mu\mu$ auf das Minimum der Ablenkung eingestellten 60° -Quarzprismas.

Als dann folgt aus Fig. 3

$$\frac{y}{y_1} = \frac{i}{a}, \quad y = \frac{i}{a+i} \cdot (y+y_1), \quad y+y_1 = v \sin \alpha = \text{Konst.}$$

$$\begin{cases} y = \frac{i}{a+i} \cdot v \sin \alpha \dots \dots \dots 1) \\ x = \frac{i}{a+i} \cdot v \sin \alpha \cdot \cotg(\alpha + \beta) \dots \dots \dots 2) \end{cases}$$

Die aus Gl. 1) und 2) folgenden Koordinaten von F kann man nun direkt an das in Stellung P_i aufgenommene Spektrum auftragen.

Da aber die Differenzen von x für die verschiedenen Wellenlängen für die Gestalt der Bildfläche nur von unbedeutendem Einfluß sind, so kann man sich hierbei auf das y beschränken. Hierbei ergibt sich die bemerkenswerte Vereinfachung, daß der Dispersionswinkel β fortfällt. In der einfachen Beziehung

$$y = \frac{i}{a+i} \cdot k$$

treten also nur die gemessenen Verdoppelungen i und a , sowie die aus den Ablösungen v und α am Apparat gebildete Konstante k auf.

Für ein Exemplar des neuen Apparates führte ich die eben beschriebene Untersuchung aus und fand für y folgende Werte:



Fig. 4.

λ_{Ca} $\mu\mu$	y mm	λ_{Ca} $\mu\mu$	y mm
480	3,192	313	4,536
468	3,212	308	4,617
442	3,441	275	4,715
361	4,031	257	4,626
347	4,193	231	3,982
340	4,232	227	3,723
328	4,354	219	3,425

Die Gestalt der Bildfläche zeigt Fig. 4, wo die y in *6-facher Vergrößerung* auf dem um $\frac{1}{3}$ verkleinerten Spektrum aufgetragen sind. Aus dem regelmäßigen Verlauf der Kurve darf man wohl auf eine sehr hohe Genauigkeit dieser Methode schließen, die sich übrigens auch für jeden beliebigen Spektrographen anderer Konstruktion anwenden läßt.

Mit Hilfe dieser Kurve läßt sich nun leicht die genaue Einstellung der photographischen Platte ermitteln, welche man einfach an den Teilungen der Verschiebungs- vorrichtung der Kameralinse und der Neigungsvorrichtung der Platte ablesen kann.

Aus obiger Tabelle folgt für das Spektralgebiet von 500 bis 200 μ ein Krümmungsradius von etwa 90 cm^1). Mittels geeignet konstruierter Kassetten kann man der gewöhnlichen photographischen Glasplatte durch Biegen leicht die angenäherte Form der ermittelten Bildfläche geben, sodaß dann in der Tat *das ganze Spektrum haarscharf abgebildet wird*²⁾.

Den äußeren Bau des Quarzspektrographen zeigt die photographische Aufnahme Fig. 5 in etwa $\frac{1}{10}$ natürlicher Größe. Sämtliche bewegliche Teile des Apparates sind zum Zweck genauer Justierung mit feinen Teilungen versehen und zwar die Trommel

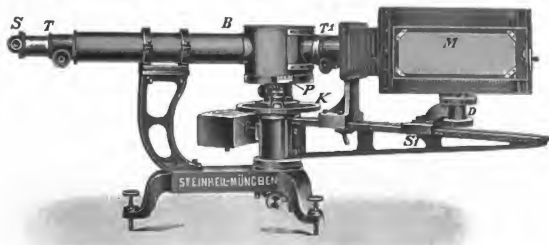


Fig. 5.

der Mikrometerschraube am Spaltschlitten *S*, die Triebvorrichtung *T* am Kollimatorrohr, die Irisblende *B* (zum Zweck photometrischer u. ä. Untersuchungen), der Prismentisch *P*, der Ablesekreis *K* der Kamera (mit Lupe und Nonius für 1'), die Triebvorrichtung *T*₁ am Kameraobjektiv, der Schlitten *S*₁ der Kamera; ferner der Drehungskopf *D* der Kamera (mit Nonius), dessen verlängerte Achse in der empfindlichen Schicht der photographischen Platte liegt, die Verschiebungsvorrichtung der Kasette oder Mattscheibe *M*, mittels der man 40 bis 50 bis zu 1 mm schmale Spektren (durch Anwendung eines kurzbreitenweitigen Kondensors) auf einer Platte photographieren kann, endlich die Drehungsvorrichtung der durchsichtigen Skale in dem in Fig. 5 nicht sichtbaren Skalenfernrohr. Die Skale muß deswegen gegen die optische Achse geneigt werden, weil sie auf der ebenfalls geneigten photographischen Platte abgebildet werden muß. Die Teilstriche der Skale müssen jedoch zum Zwecke der bequemen geradlinigen Interpolation einen wachsenden Abstand voneinander haben.

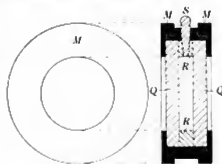


Fig. 6.

Bemerkenswert ist noch ein vor den Spalt zu schlagendes totalreflektierendes 60°-Vergleichsprisma aus Quarz, sowie die Hartmannsche Spaltblende³⁾.

Zum Apparat gehören außerdem zwei planparallele Quarz-Kuvetten besonderer Konstruktion. In Fig. 6 ist *RR* ein Ring aus gewöhnlichem Glas mit planparallelen,

¹⁾ Für den früher beschriebenen Apparat ermittelte ich einen Krümmungsradius von 55,5 cm ; dieser Wert mit dem Brennweitenverhältnis 40/25 reduziert ergibt 89 cm (*diese Zeitschr.* 22, S. 265, 1902).

²⁾ Über ein *sphärisch korrigiertes, komafrües Kameraobjektiv mit anastigmatischer Bildebnung* aus Quarz, bei dessen Anwendung eine Biegung der photographischen Platte unnötig ist, wird demnächst berichtet werden.

³⁾ *Diese Zeitschr.* 20, S. 57, 1900.

polierten Endflächen, auf welchen die planparallelen Quarzplatten QQ durch eine Metallfassung M festgehalten werden. Der Ring R kann natürlich auch in sehr großer Länge ausgeführt werden, zur Untersuchung von Flüssigkeiten in großer Dicke. Ferner können noch Schultzsche Körper aus Quarz in dieser Kuvette angebracht werden. Der eingeriebene Glasstöpsel S dient zum luftdichten Verschließen der Zelle.

Die Metallfassung hält mittels Schraubengewinde Quarzplatten und Glasring durch leichten Druck zusammen, sodaß ein *Verkiten der Kuvetten unnötig ist* und infolgedessen die Reinigung durch Auseinandernehmen leicht bewerkstelligt werden kann.

Die numerischen Kontrollrechnungen dieser Untersuchung hat Hr. P. F. Everitt in dankenswerter Weise übernommen.

Beitrag zur Bestimmung der Lage der sagittalen und meridionalen Bilder.

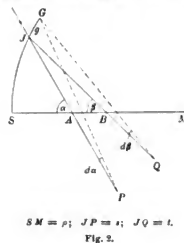
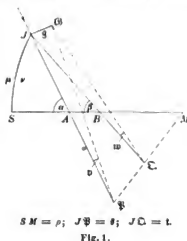
Von

Dr. Arthur Kerber in Leipzig.

Eine sehr bequeme Formel zur Berechnung der Koordinaten eines *sagittalen* Bildpunktes ist neuerdings von König und von Rohr im 1. Bande der Theorie der optischen Instrumente auf S. 251 bis 252 abgeleitet worden. Auch sind daselbst, S. 252 bis 256, in einigen Spezialfällen die entsprechenden Beziehungen für tangentielle Büschel angegeben. Im folgenden wird der Versuch gemacht, zu neuen Formeln dadurch zu gelangen, daß auf der Achse der schiefen Kegel *zwei* Objektpunkte angenommen, also *zwei* demselben Hauptstrahle unendlich nahe Büschel in Vergleich gezogen werden, um die Elemente des einen, unbekannt, durch die des anderen, bekannten, zu bestimmen.

Die allgemeinen Formeln.

Für den Raum in der Nachbarschaft der Hauptachse optischer Systeme hat bereits im Jahre 1853 (*Astr. Nachr.* 37. S. 105) L. Seidel solche Formeln abgeleitet, wonach die Winkel und Einfallshöhen eines achsialen Strahles aus den Elementen



eines zweiten sich ermitteln lassen. Nach den Untersuchungen von Abbe macht es keine Schwierigkeit, die entsprechenden Beziehungen auch für die schiefe Brechung aufzustellen.

Ein schiefer Strahl $J\Psi$ (Fig. 1) treffe eine von den Medien μ, ν begrenzte Kugelfläche, deren Radius SM bei ρ bezeichnet sei, im Punkte J und werde von der

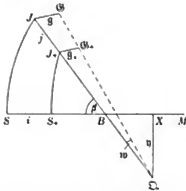
Kugelfläche in die Richtung $JB\Omega$ gebrochen. Seine Neigungswinkel mit der Achse seien vor der Brechung α , nach derselben β , die Inzidenzwinkel ϵ und ζ . Auf diesem Strahle, der als Achse eines schiefen Kegels betrachtet wird, liegen in den Punkten \mathfrak{P} und Ω (Fig. 1) die Spitzen des einfallenden und des gebrochenen *sagittalen* Bündels und ebenso bei P und Q (Fig. 2) die Spitzen der entsprechenden *meridionalen* Bündel. Wir bezeichnen den Treffpunkt eines Strahles des *sagittalen* Bündels mit \mathfrak{G} , den Abstand der Inzidenzpunkte \mathfrak{G} und J mit g , die Schnittweite vor und nach der Brechung, also $J\mathfrak{P}$ und $J\Omega$, mit s und t , die Winkel mit der Bündelachse mit v und w ; und dementsprechend den Treffpunkt des *meridionalen* Bündels mit G (Fig. 2), das Bogenelement zwischen beiden Inzidenzpunkten, G und J , mit g , Objekt- und Bildabstand durch s und t , die Neigungswinkel durch da und $d\beta$, als Inkremente der Winkel α und β .

Alsdann ist nach den Formeln Abbes für die m -te Kugelfläche

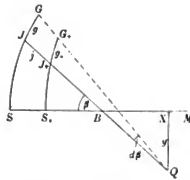
$$\frac{r_m}{t_m} - \frac{\mu_m}{s_m} = \frac{r_m \cos \zeta_m - \mu_m \cos \epsilon_m}{\rho_m} = K \dots \dots 1)$$

$$\frac{r_m \cos^2 \zeta_m}{t_m} - \frac{\mu_m \cos^2 \epsilon_m}{s_m} = \frac{r_m \cos \zeta_m - \mu_m \cos \epsilon_m}{\rho_m} = K \dots \dots 2)$$

und hieraus sollen nun die gesuchten Formeln abgeleitet werden, wobei der Index m in der Regel weggelassen, auch der Kürze wegen für $(m+1)$ das Zeichen + geschrieben wird.



$J\Omega = t$; $J_+ \Omega = s_+$; $SX = r$.
Fig. 3.



$JQ = t$; $J_+ Q = s_+$; $SX = r$.
Fig. 4.

Aus Gl. 1) ergibt sich für den *Sagittalschnitt* die Beziehung

$$\frac{r \nu - \mu \nu}{g} = K.$$

Ferner ist in diesem Schnitte (vgl. Fig. 3), wenn man die sog. schiefe Dicke durch j , die Einfallshöhe des *sagittalen* Strahles an der $(m+1)$ -ten Fläche durch g_+ bezeichnet,

$$\frac{g - g_+}{w} = j.$$

Nehmen wir nun auf derselben schiefen Achse einen *zweiten* Objektpunkt an, z. B. A , und nennen die Elemente eines von demselben entsandten *sagittalen* Strahles g' , β' , t' , v' , w' , so hat man nach den letzten beiden Gleichungen

$$\frac{r \nu' - \mu \nu'}{g'} = \frac{r \nu - \mu \nu}{g} = K$$

und

$$\frac{g' - g'_+}{w'} = \frac{g - g_+}{w} = j,$$

und hieraus folgen nun genau nach der von Seidel angegebenen Entwicklungsmethode die gesuchten Formeln, nach denen man die Elemente des ersten sagittalen Strahles durch die des zweiten bestimmen kann, nämlich

$$r_m w_m w'_m (t'_m - t_m) = \mathfrak{T}' \dots \dots \dots 3)$$

$$\frac{g_m}{g'_m} = \frac{g_1}{g'_1} - \mathfrak{T}' \mathfrak{E}'_m \dots \dots \dots 4)$$

und

$$\frac{w_m}{g_1} = \frac{w'_m}{g'_1} + \frac{\mathfrak{T}'}{g_1} \left(\frac{1}{r_m g'_m} - w'_m \mathfrak{E}'_m \right) \dots \dots \dots 5)$$

worin \mathfrak{T}' und \mathfrak{E}'_m gegeben sind durch

$$\mathfrak{T}' = \mu_1 v_1 v'_1 (g'_1 - g_1)$$

und

$$\mathfrak{E}'_m = \sum_1^{m-1} \frac{j}{r g' g'_+} = \frac{1}{r_m g'_m w'_m} - \frac{1}{\mu_1 g'_1 v'_1} + \sum_1^m \frac{r \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu r v' w' \varrho}$$

Ganz ebenso erhält man die Bestimmungsgleichungen für die Elemente eines meridionalen Strahles in der Nachbarschaft der schiefen Achse nach der m -ten Brechung. Man schreibt die Gl. 2)

$$\frac{r \cos \zeta d\beta - \mu \cos \varepsilon da}{g} = K,$$

bestimmt die schiefe Dicke j durch die Bogenelemente g und g_+ (Fig. 4), setzt also

$$\frac{g \cos \zeta - g_+ \cos \varepsilon_+}{d\beta} = j,$$

und erhält hieraus ohne weiteres für zwei meridionale Strahlen ($g, da, d\beta$ und $g', da', d\beta'$) die Beziehungen

$$\frac{r \cos \zeta d\beta' - \mu \cos \varepsilon da'}{g'} = \frac{r \cos \zeta d\beta - \mu \cos \varepsilon da}{g}$$

und

$$\frac{g' \cos \zeta - g'_+ \cos \varepsilon_+}{d\beta'} = \frac{g \cos \zeta - g_+ \cos \varepsilon_+}{d\beta}$$

Diese führen dann nach dem Seidelschen Verfahren zu den gesuchten Formeln zur Bestimmung der Elemente des ersten meridionalen Strahles, nämlich

$$r_m d\beta_m d\beta'_m (t'_m - t_m) = T' \dots \dots \dots 6)$$

$$\frac{g_m}{g'_m} = \frac{g_1}{g'_1} - T' S' \dots \dots \dots 7)$$

und

$$\frac{d\beta_m}{g_1} = \frac{d\beta'_m}{g'_1} + \frac{T'}{g_1} \left(\frac{1}{r_m g'_m \cos \zeta_m} - d\beta'_m S'_m \right) \dots \dots \dots 8)$$

worin unter T' und S'_m das Folgende verstanden wird:

$$T' = \mu_1 da_1 da'_1 (s'_1 - s_1)$$

und

$$S'_m = \sum_1^{m-1} \frac{j}{r \cos \zeta \cos \varepsilon_+ g' g'_+} = \frac{1}{r_m g'_m \cos \zeta_m d\beta'_m} - \frac{1}{\mu_1 g'_1 \cos \varepsilon_1 da'_1} + \sum_1^m \frac{r \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu r \cos \varepsilon \cos \zeta da' d\beta' \varrho}$$

Die Formeln 3) und 6) ergeben sich auch unmittelbar aus Gl. 1) und 2).

Anwendung der Formeln.

Es sollen nun mit Hilfe dieser Formeln, soweit als möglich, die Koordinaten beliebiger sagittaler und meridionaler Bildpunkte, nämlich ξ und η (Fig. 3), bezüglich x und y (Fig. 4), gefunden werden.

Sagittalschnitt. Wir verlegen den Objektpunkt des zweiten sagittalen Büschels in den Schnitt des Hauptstrahles mit der Symmetrieachse vor der ersten Brechung; dann liegt der Bildpunkt dieses Büschels nach der m -ten Brechung ebenfalls im Schnitte des Hauptstrahls mit der Achse, d. h. im Punkte B_m , und es ist

$$JB = t', \quad B\Omega = t - t' = -\frac{v}{\sin \beta},$$

mithin zufolge Gl. 3)

$$\mathfrak{X}' = \frac{v_m \text{ID}_m \text{ID}'_m v_m}{\sin \beta_m}.$$

Wir setzen nun in Gl. 5) $g_1 = g'_1 = 1$ und dividieren sie beiderseits durch $\mathfrak{X}' w'_m$. Hierauf schreiben wir statt \mathfrak{X}' auf der linken Seite

$$\frac{v_m \text{ID}_m \text{ID}'_m v_m}{\sin \beta_m},$$

im ersten Gliede der rechten Seite

$$\mathfrak{X}' = \mu_1 v_1 v_1' (\delta_1' - \delta_1) = \mu_1 (v_1 - v_1'),$$

und substituieren in der erhaltenen Beziehung den zweiten Wert von \mathfrak{X}'_m . Alsdann verwandelt sich die Gl. 5) in

$$\frac{\sin \beta_m}{v_m v_m} = \frac{v_1}{v_1'} \frac{\text{ID}_m'^2}{\mu_1 (v_1 - v_1')} - \text{ID}_m'^2 \sum_1^m \frac{v \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu v v' \text{ID}' \varrho}$$

oder

$$\frac{\sin \beta_m}{v_m v_m} = \frac{v_1}{v_1'} \frac{\text{ID}_m'^2}{\mathfrak{X}'_1} - \text{ID}_m'^2 \sum_1^m \frac{v \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu v v' \text{ID}' \varrho}.$$

Wenn man noch die Ordinate des ursprünglichen Objektpunktes mit p_1 bezeichnet, so ist nach Fig. 1

$$-p_1 = (J_1 \mathfrak{B}_1 - J_1 A_1) \sin \alpha_1 = (\delta_1 - \delta_1') \sin \alpha_1,$$

das heißt

$$p_1 = \frac{\mathfrak{X}'_1 \sin \alpha_1}{\mu_1 v_1 v_1'}, \quad \frac{1}{\mathfrak{X}'_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\mu_1 v_1 v_1'} \frac{1}{p_1},$$

und nach Einführung des letzten Wertes in die vorige Beziehung ergibt sich für die Ordinate v_m

$$\frac{\sin \beta_m}{v_m v_m} = \left(\frac{\text{ID}_m'}{v_1'} \right)^2 \frac{\sin \alpha_1}{\mu_1 p_1} - \text{ID}_m'^2 \sum_1^m \frac{v \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu v v' \text{ID}' \varrho}.$$

Hierin haben wir noch v' und w' , die Neigungswinkel des zweiten sagittalen Strahles, durch die Hauptstrahlelemente auszudrücken.

Bezeichnet man in Fig. 3 die Lote aus den Einfallspunkten J, J_+ auf die Achse mit h, h_+ , und denkt man sich den zweiten sagittalen Strahl $\mathfrak{G}' \mathfrak{G}_+ B$ gezogen, so ist

$$\frac{\mathfrak{G}'_+}{\mathfrak{G}'_1} = \frac{J_+ B}{JB} = \frac{h_+}{h},$$

woraus

$$\frac{g'_m}{g'_1} = \frac{h_m}{h_1}$$

oder, wegen $g'_1 = 1$,

$$g'_m = \frac{h_m}{h_1} = \frac{t'_m \sin \beta_m}{\delta'_1 \sin \alpha_1} = \frac{t'_m \sin \beta_m v_1'}{\sin \alpha_1}$$

erhalten wird. Mithin ergibt sich

$$v'_m = \frac{g'_m}{t'_m} = \frac{\sin \beta_m}{\sin \alpha_1} v_1'$$

und ebenso

$$v'_m = \frac{\sin \alpha_m}{\sin \alpha_1} v_1'$$

Mit Benutzung dieser Werte erhält man schließlich für die *Ordinate des sagittalen Bildpunktes* nach der m -ten Brechung

$$\frac{1}{\eta_m} = \frac{v_m \sin \beta_m}{\mu_1 \sin \alpha_1} \frac{1}{p_1} - v_m \sin \beta_m \sum_1^m \frac{v \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu v \sin \alpha \sin \beta \varrho}$$

und die zugehörige Abszisse aus $\xi_m = SB + BX = b_m - \eta_m \cotg \beta_m$, worin b_m die Schnittweite des Blendenstrahles nach der m -ten Brechung vorstellt. Diese Formel ist identisch mit der von König und von Rohr gefundenen.

Meridianschnitt. Auch hier ist der Vergleichspunkt auf dem Hauptstrahle so zu legen, daß die Neigungswinkel des von ihm ausgehenden meridionalen Büschels von vornherein durch die Hauptstrahlelemente bestimmbar sind. Dies gelingt jedoch nur in folgenden Fällen.

1. *Ebenensysteme.* Hier wird der leuchtende Vergleichspunkt in unendlicher Entfernung angenommen, sodaß für alle Flächen $da' = d\beta' = 0$ und $g_1' = g_2' = g_3'$ u. s. w. zu setzen ist. Wir erhalten also aus Gl. 7) und 8) für $g_1 = g_1' = 1$

$$g_m = 1 - T^n S'_m \quad \text{und} \quad d\beta_m = \frac{T^n}{v_m \cos \zeta_m},$$

also

$$t_m = \frac{g_m \cos \zeta_m}{d\beta_m} = \frac{v_m \cos^2 \zeta_m}{T^n} - v_m \cos^2 \zeta_m S'_m.$$

Nun ist in unserem Falle

$$T^n = \mu_1 da_1 da_1' (e_1' - e_1) = \mu_1 da_1 \cos e_1 = \frac{\mu_1 \cos^2 e_1}{s_1}$$

und

$$S'_m = \sum_1^{m-1} \frac{j}{v \cos \zeta \cos \varepsilon_j} = \sum_1^{m-1} \frac{j}{v \cos^2 \zeta} = \sum_1^{m-1} \frac{i}{v \cos^2 \zeta},$$

wenn i den Abstand zweier Ebenen bedeutet. Setzt man diese Werte ein, so ergibt sich schließlich, wie bei König und von Rohr (S. 253),

$$t_m = \frac{v_m \cos^2 \zeta_m}{\mu_1 \cos^2 e_1} s_1 - v_m \cos^2 \zeta_m \sum_1^{m-1} \frac{i}{v \cos^2 \zeta}.$$

2. *Abweichungsfreie Flächen.* Besteht das optische System aus lauter für den Hauptstrahl abweichungsfreien Flächen der ersten oder zweiten Art, sodaß beliebige geneigte Hauptstrahlen nach der c -ten Brechung die Achse in demselben Punkte schneiden, so verlegen wir den leuchtenden Vergleichspunkt in den Mittelpunkt

der Eintrittspupille. Dann liegt das Bild des zweiten meridionalen Büschels nach der c -ten Brechung ebenfalls in der Hauptachse, im Punkte B (Fig. 4), und es ist

$$JB = t', \quad BQ = t - t' = -\frac{y}{\sin \beta},$$

mithin nach Gl. 6)

$$T'' = \frac{r d\beta d\beta' y}{\sin \beta}.$$

Wir setzen nun das Bogenelement $g_1 = g_1' = 1$ und behandeln Gl. 8) genau, wie früher bei den sagittalen Strahlen Gl. 5). Alsdann ergibt sich für die Ordinate y_m

$$\frac{\sin \beta_m}{r_m y_m} = \left(\frac{d\beta_1'}{d\alpha_1'} \right)^2 \frac{\sin \alpha_1}{\mu_1 p_1} - d\beta_1'^2 \sum_1^m \frac{r \cos \zeta - \mu \cos \epsilon}{\mu r \cos \epsilon \cos \zeta d\alpha_1' d\beta_1' \rho}.$$

Behufs Bestimmung von $d\alpha_1'$, $d\beta_1'$ fallen wir von J und J_+ auf die Systemachse die Lote h , h_+ und denken uns den zweiten meridionalen Strahl $G'G_+B$ gezogen (vgl. Fig. 4). Dann ist

$$\frac{h_+}{h} = \frac{J_+ G_+ \cdot \cos \epsilon_+}{J G' \cdot \cos \zeta} = \frac{g'_+ \cos \epsilon_+}{g' \cos \zeta},$$

und daraus folgt in bekannter Weise, wenn man das Zeichen

$$\pi_c = \frac{\cos \epsilon_1 \cos \epsilon_2 \dots \cos \epsilon_c}{\cos \zeta_1 \cos \zeta_2 \dots \cos \zeta_c}$$

einführt,

$$\frac{h_m}{h_1} \frac{1}{\pi_m} = \frac{g'_m \cos \zeta_m}{g'_1 \cos \epsilon_1}$$

oder, wegen $g_1' = 1$,

$$g'_m \cos \zeta_m = \frac{h_m \cos \epsilon_1}{h_1} \frac{1}{\pi_m} = \frac{t'_m \sin \beta_m \cos \epsilon_1}{\epsilon_1' \sin \alpha_1 \pi_m} = \frac{t'_m \sin \beta_m d\alpha_1'}{\sin \alpha_1 \pi_m},$$

also

$$d\beta_m' = \frac{g'_m \cos \zeta_m}{t'_m} = \frac{d\alpha_1'}{\sin \alpha_1} \frac{\sin \beta_m}{\pi_m}$$

und dementsprechend

$$d\alpha_1' = \frac{d\alpha_1'}{\sin \alpha_1} \frac{\sin \alpha_m}{\pi_m - 1}.$$

Substituiert man diese Werte in die obige Beziehung, so erhält man für die Ordinate des meridionalen Bildes bei abweichungsfreien Flächen

$$\frac{1}{y_m} = \frac{r_m \sin \beta_m}{\mu_1 \sin \alpha_1} \left(\frac{1}{\pi_m} \right)^2 \frac{1}{p_1} - \sum_{c=1}^{c=m} \frac{r_m \sin \beta_m}{\sin \alpha_c \sin \beta_c} \cdot \frac{\pi_c - 1}{\pi_m} \frac{\pi_c}{\pi_m} \frac{r_c \cos \zeta_c - \mu_c \cos \epsilon_c}{\mu_c r_c \cos \epsilon_c \cos \zeta_c \rho_c},$$

worin $\pi_0 = 1$ zu setzen ist.

3. *Konzentrische Flächen.* Wenn alle Flächen eines optischen Systemes dasselbe Krümmungszentrum haben (wie das Okular von Schröder), so fallen wir vom Zentrum auf alle Richtungen des Hauptstrahles Perpendikel und verlegen den zweiten Objektpunkt in den Fußpunkt des ersten Perpendikels. Alsdann ist für den zweiten meridionalen Strahl $\epsilon_1' = \epsilon_1 \cos \alpha_1$, mithin nach Gl. 2) $t_1' = \epsilon_1 \cos \zeta_1$, und ebenso $\epsilon_2' = \epsilon_2 \cos \alpha_2$, $t_2' = \epsilon_2 \cos \zeta_2$ u. s. w. Ferner ist

$$\frac{g'_+ \cos \epsilon_+}{g' \cos \zeta} = \frac{\epsilon'_+}{t'_+} = \frac{\epsilon_+ \cos \epsilon_+}{\rho \cos \zeta} \quad \text{d. h.} \quad \frac{g'_+}{g'_1} = \frac{\epsilon_+}{\rho}, \quad \text{also} \quad \frac{g'_m}{g'_1} = g'_m = \frac{\epsilon_m}{\rho_1}$$

und

$$d\beta_m' = \frac{g'_m \cos \zeta_m}{t'_m} = \frac{1}{\rho_1}.$$

Hiernach verwandeln sich die Formeln 7) und 8) in

$$g_m = g'_m (1 - T' S') = \frac{\varrho_m}{\varrho_1} (1 - T' S')$$

und

$$d\beta_m = \frac{1 - T' S'}{\varrho_1} + \frac{T' \varrho_1}{r_m \varrho_m \cos \zeta_m},$$

woraus die Schnittweite des *ersten* meridionalen Strahles nach der *m*-ten Brechung,

$$t'_m = \frac{g_m}{d\beta_m}, \text{ berechnet werden kann.}$$

Eine weit bequemere Beziehung ergibt sich für die Differenz von t_m und t'_m , d. h. für $t_m - \varrho_m \cos \zeta_m$. Wenn nämlich p und q (Fig. 5) die Lote vom Mittelpunkt auf den Hauptstrahl vor und nach der Brechung sind, dp und dq der Abstand des *ersten* meridionalen Strahles vom Fußpunkte dieser Lote, so haben wir direkt

$$dq = g \cos \zeta - \varrho \cos \zeta d\beta,$$

oder mit Benutzung der soeben bestimmten Werte von g_m und $d\beta_m$

$$dq_m = - \frac{T' \varrho_1}{r_m} = \frac{\mu_1 \cos \varepsilon_1}{r_m} \frac{s_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1}{s_1},$$

da nach der Bemerkung zu Gl. 8)

$$T' = \mu_1 da_1 da_1' (s_1' - s_1) = - \frac{\mu_1 \cos \varepsilon_1}{s_1} \frac{\cos \varepsilon_1}{s_1'} (s_1 - s_1'),$$

d. h. in unserem Falle

$$T' = - \frac{\mu_1 \cos \varepsilon_1}{s_1} \frac{1}{\varrho_1} (s_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1).$$

Setzen wir nun weiter in der obigen Beziehung für $d\beta_m$ den zweiten Wert von S' ein, so wird unter Berücksichtigung von $g' = \frac{\varrho}{\varrho_1}$ und $d\beta' = da' = \frac{1}{\varrho_1}$

$$\begin{aligned} d\beta_m &= \frac{1}{\varrho_1} + T' \left(\frac{1}{\mu_1 \cos \varepsilon_1} - \sum_1^m \frac{r \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu r \cos \varepsilon \cos \zeta} \frac{\varrho_1}{\varrho} \right) \\ &= \frac{1}{\varrho_1} + \frac{\mu_1 \cos \varepsilon_1}{\varrho_1} \frac{s_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1}{s_1} \left(\frac{1}{\mu_1 \cos \varepsilon_1} - \sum_1^m \right) \\ &= \frac{\cos \varepsilon_1}{s_1} + \mu_1 \cos \varepsilon_1 \frac{s_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1}{s_1} \sum_1^m \frac{r \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu r \cos \varepsilon \cos \zeta}, \end{aligned}$$

und schließlich

$$\frac{1}{r_m} \frac{1}{t_m - \varrho_m \cos \zeta_m} = \frac{1}{r_m} \frac{d\beta_m}{dq_m} = \frac{1}{\mu_1} \frac{1}{s_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1} + \sum_1^m \frac{r \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu r \cos \varepsilon \cos \zeta \varrho},$$

womit auch x und y (Fig. 4) bestimmt sind.

Diese Gleichung gilt bei konzentrischen Systemen für beliebigen Objektstand und beliebig gestellte Blende.

Durchrechnungsformeln.

Die bequemste Formel zur Bestimmung der Lage des *sagittalen* Bildes ist ohne Zweifel die von König und von Rohr gefundene. Da in dieser die schiefe Dicke (j) nicht vorkommt, so wird es nötig sein, dieselbe auch bei Durchrechnung *meridionaler* Bündel auszuschalten.

Nach bekannter Formel ist für den Hauptstrahl $\nu(b - \varrho) \sin \beta = \mu(a - \varrho) \sin \alpha$, wenn $a(b)$ die Schnittweite desselben vor (nach) der Brechung vorstellt, oder $\nu q = \mu p$ (Fig. 5), also auch $\nu dq = \mu dp$. Ferner folgt aus $\beta - \alpha = \varepsilon - \zeta$

$$d\beta - d\alpha = \frac{d \sin \varepsilon}{\cos \varepsilon} - \frac{d \sin \zeta}{\cos \zeta} = \left(\frac{dp}{\cos \varepsilon} - \frac{dq}{\cos \zeta} \right) \frac{1}{\varrho},$$

d. h. unter Berücksichtigung von $\nu dq = \mu dp$

$$d\beta - d\alpha = \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu \nu \cos \varepsilon \cos \zeta} \frac{\mu dp}{\varrho},$$

also

$$d\beta_m = d\alpha_1 + \sum_1^m \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu \nu \cos \varepsilon \cos \zeta} \frac{\mu dp}{\varrho} \dots \dots \dots 9)$$

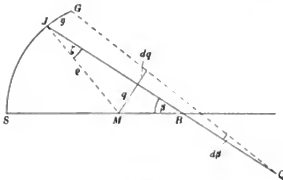


Fig. 5.

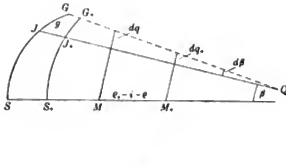


Fig. 6.

Weiter ist nach Fig. 6 $dp_+ - dq = (\varrho - \varrho_+ - i) \cos \beta d\beta$, oder $dp_+ - \mu/\nu dp = (\varrho - \varrho_+ - i) \cos \beta d\beta$, folglich

$$\mu_+ dp_+ - \mu dp = \nu (\varrho - \varrho_+ - i) \cos \beta d\beta$$

und

$$\mu_m dp_m = \mu_1 dp_1 + \sum_1^{m-1} \nu (\varrho - \varrho_+ - i) \cos \beta d\beta \dots \dots \dots 10)$$

Setzt man also bei Durchrechnung eines meridionalen Strahles $\mu_1 dp_1 = 1$, so ist der Reihe nach zu bestimmen

$$d\alpha_1 = \frac{\mu_1 dp_1}{\mu_1 (\varepsilon_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1)},$$

sodann nach Gl. 9) und 10): $d\beta_1; \mu_2 dp_2, d\beta_2; \mu_3 dp_3, d\beta_3$ u. s. w. und schließlich

$$t_m = \varrho_m \cos \zeta_m + \frac{dq_m}{d\beta_m}.$$

In konzentrischen Systemen ist $\varrho - \varrho_+ - i = 0$, also $\mu_m dp_m = \mu_1 dp_1$ und ebenso $\nu_m dq_m = \mu_1 dp_1$, folglich

$$d\beta_m = \frac{\nu_m dq_m}{\nu_m (t_m - \varrho_m \cos \zeta_m)} = \frac{\mu_1 dp_1}{\nu_m (t_m - \varrho_m \cos \zeta_m)}.$$

Nach Einführung dieses Wertes in Gl. 9) ergibt sich dann

$$\frac{1}{\nu_m} \frac{1}{t_m - \varrho_m \cos \zeta_m} = \frac{1}{\mu_1} \frac{1}{\varepsilon_1 - \varrho_1 \cos \varepsilon_1} + \sum_1^m \frac{\nu \cos \zeta - \mu \cos \varepsilon}{\mu \nu \cos \varepsilon \cos \zeta \varrho},$$

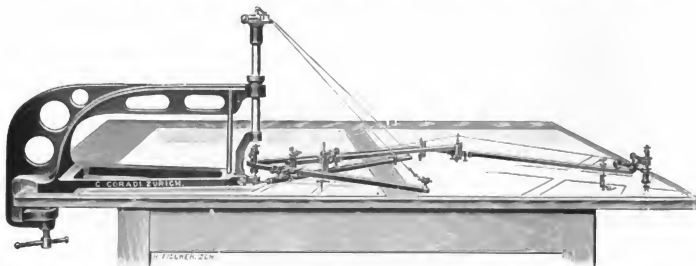
wie oben schon gefunden wurde.

Referate.

Neues Gestell für Pantographen.

Von G. Coradi, Zürich.

Bei der außerordentlich großen Verbreitung, die die Coradischen Hängepantographen mit Recht erlangt haben, möchte der Ref. nicht unterlassen, hier auf das neue Gestell aufmerksam zu machen, mit dem der Verfertiger diese Instrumente jetzt ausstattet und das besonders für starke Verkleinerungen, z. B. für manche kartographische Zwecke, von Wichtigkeit ist. Bei den Verkleinerungen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{20}$ war beim bisherigen Gestell, dessen Fuß dann



ganz auf dem Zeichnungsblatt ruhte, das Verschieben und Drehen dieses Blattes sehr erschwert. Wie die Figur zeigt, wird nun der neue Träger zur Unterstützung des Pantographenpols am Rand des Tisches festgeschraubt und seine Unterfläche liegt etwa 1 cm über der Tischebene; auf das Ende des untern Arms ist der Pol einzusetzen und das Blatt, auf dem die reduzierte Zeichnung entstehen soll, ist unter der Drehachse des Pantographen ganz ungehindert zu orientieren und zu verschieben.

Hammer.

Vorrichtung zur Ermittlung von Koordinaten.

Von L. Reinhardt. *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 429. 1903.

Der Verf. beschreibt einen neuen metallenen Quadranten zur Auflösung rechtwinkliger Dreiecke aus gegebener Hypotenuse und gegebenem Winkel (sowie aus den gegebenen Katheten), etwa mit der bei Berechnung gewöhnlicher Zugmessungen besonders in der Markscheidkunst erforderlichen Genauigkeit, nämlich zur Bestimmung der Beträge

$$s \cdot \cos \alpha \quad \text{und} \quad s \cdot \sin \alpha$$

aus dem Richtungswinkel α und der Strecke s (sowie zur Berechnung von s und α aus gegebenen Koordinatenunterschieden). Um den Mittelpunkt des geteilten Quadranten, dessen 0°-Halbmesser der Richtung der Abszissenachse und dessen 90°-Halbmesser der der Ordinatenachse entspricht, ist ein Arm drehbar angeordnet; die Einstellung am Nonius des Arms auf der Kreisteilung, mit Klemme und Feinschraube, soll auf 10" geschehen können; für diese Genauigkeit muß natürlich die Zentrierung des Drehungspunkts entsprechend sorgfältig ausgeführt sein. An der Teilung des Arms, die bis 300 m geht, soll 0,01 m noch einstellbar sein; auf dem „Längenschieber“, der zu dieser Einstellung von s auf der Armteilung dient, ist ein kleines Lineal so drehbar, daß der Drehungspunkt genau in die Parallele zur Armteilung durch den Mittelpunkt der Kreisteilung des Quadranten fällt. An dieses kleine Lineal ist nach Einstellung des Arms auf α an der Kreisteilung und Einstellen des Längenschiebers auf s am Arm das Ordinatenlineal durch eine am Rahmen des Instruments angebrachte

Kurbel anzurücken, worauf an der untern Abszissentellung und an der Teilung des Ordinatenlineals die Beträge $s \cos \alpha$ und $s \sin \alpha$ abgelesen werden.

Die Größe der Ausführung des Instruments, der Preis, die tatsächlich erreichbare Genauigkeit auf Grund von Versuchen werden nicht angegeben. Ob der Nutzen des jedenfalls nicht billigen Instruments gegenüber einer 5-stelligen Logarithmentafel, deren Benutzung kaum mehr Zeit als die hier notwendigen Feineinstellungen und Ablesungen in Anspruch nimmt, groß sein wird, bleibe dahingestellt. *Hammer.*

Apparat zur Bestimmung des Flächeninhalts, des statischen Moments, Trägheitsmoments und beliebiger anderer Momente krummlinig begrenzter ebener Figuren.

Von J. Schnöckel. *Zeitschr. f. Math. u. Phys.* 49. S. 372. 1903.

Der Verf. geht von der Frage aus, ob es nicht möglich sei, für beliebig begrenzte Flächen ein Verfahren zu finden, nach dem man sie ebenso einfach in ein flächengleiches Dreieck verwandeln könnte, wie man dies für Polygone nach dem Verfahren des „Parallelabschiebens“ (Parallele zu einer Diagonale zwischen zwei übernächsten Punkten verwandelt das n -Eck in ein $(n-1)$ -Eck und $(n-3)$ -malige Anwendung einer solchen Parallelen in ein Dreieck). Er hat diese Aufgabe durch einen einfachen Apparat gelöst und zugleich auf die Bestimmung beliebiger Momente ausgedehnt.

Das Instrument besteht aus einem Lineal aus durchsichtigem Zelluloid, 25 cm lang, 5 cm breit, 1 mm stark, auf Abschragungen der Längskanten mit Teilungen versehen. Im Mittelpunkt des Lineals, mitten zwischen A und B (Fig. 1), sitzt eine nach unten bellartig geformte scharfe Stahlschneide, parallel zu den Teilungskanten und rund $\frac{1}{2}$ mm unter die Unterfläche des Lineals herabreichend. An der Kante A ist auf dieser Unterfläche des Lineals mit kräftigen Strichen eine vom Mittelpunkt nach beiden Seiten gehende gleichförmige Skala aufgetragen, deren Striche Meterstrichen im Maßstab 1:150 entsprechen. An der Kante B ist von der Mitte aus die eine Seite ganz ebenso geteilt, die andere aber mit doppelt so langen Teilen versehen (also 1:75-Meterstrichen entsprechend); und ein zweites Lineal hat, während es im übrigen dem ersten gleich ist, an seinen Kanten B und C die zuletzt angeführte und eine weitere Teilung C , die von der Mitte aus nach beiden Seiten den Maßstäben 1:150 (wie A) und 1:50 (3-mal so große Teile) entspricht.

Zur Ausgleichung (wie der Verf. sich ausdrückt) eines beliebigen Linienzugs oder einer geschlossenen beliebigen Figur nach der Fläche dient die Kante A des ersten Lineals nach Andeutung der Fig. 2. Man legt, um den Linienzug OKE „gegen die Leitlinie MN auszugleichen“, die Kante A mit dem Nullpunkt so an den Anfangspunkt O , daß sie in die Tangente daselbst fällt, und bewegt die Linealkante nach rechts hin durch Verschiebung und Drehung allmählich so weiter, daß der Teilungsnulppunkt (Mittelpunkt) stets die Strecke

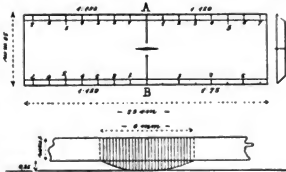


Fig. 1.

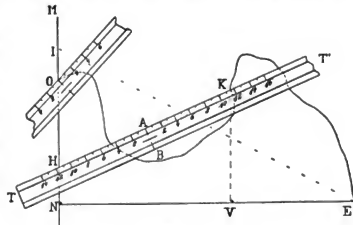


Fig. 2.

zwischen dem Schnittpunkt der Linealkante mit der Leitlinie MN und dem Schnittpunkt der Linealkante mit der Kurve halbiert, d. h. daß an diesen Schnittpunkten der Linealkante mit MN und mit der Kurve stets dieselben Zahlen an den zwei Seiten der Teilung von A stehen. Man kommt so, von O ausgehend und die Kurve OKE durchlaufend, allmählich in

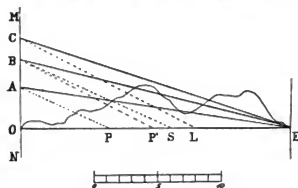


Fig. 3.

Hülfe der Kante C , deren Nullpunkt in jeder Lage des Lineals die Strecke HK im Verhältnis 3:1 zerlegen muß.

Fig. 3 zeigt die „Ausgleichung“ des Linienzugs OE mit den Linealen A, B, C in den Geraden EA, EB, EC ; es ist dann

$$\text{Fläche} = \frac{1}{2} \overline{AO} \cdot \overline{EO}$$

$$\text{Statisches Moment} = \frac{1}{3} \overline{BO} \cdot \overline{EO}^2$$

$$\text{Trägheitsmoment} = \frac{1}{4} \overline{CO} \cdot \overline{EO}^3;$$

man kann also leicht Schwerpunktsordinate und reduzierte Pendellänge konstruieren, wie die Hilfslinien in der Figur andeuten.

Die Theorie wird einfach entwickelt; dabei wird nochmals darauf hingewiesen, daß man nicht auf Auswertung der Integrale

$$\int y \, dx, \quad \int y^2 \, dx, \quad \int y^3 \, dx$$

wie oben beschränkt ist, sondern auf demselben Weg ganz allgemein auch das Integral

$$\int y^n \, dx$$

behandeln kann, wobei die Schneide für positive (ganze wie oben oder gebrochene) n zwischen H und K , für negative ganze n jenseits K und für negative gebrochene n jenseits H liegt. Auch Umfahrungsplanimeter für Fläche, statisches und Trägheits-Moment ließen sich auf das hier benutzte Prinzip begründen, doch ist die Ausführung sicher nicht lohnend.

Die Fehlerfortpflanzung beim Gebrauch des hier angezeigten Apparats ist günstig; nach Versuchen berichtet der Verfasser, daß bei etwa 15 cm langen Linienzügen (wie geformt?) der mittlere Fehler in den Strecken AO, BO, CO (Fig. 3) kleiner als 0,5 mm gewesen sei. Dem Ref. steht eigene Erfahrung mit dem Instrument selbst bis jetzt nicht zu Gebot; an einem selbst gefertigten (unvollkommenen) Versuchsmodell habe ich aber die Verfolgung des Linienzugs nicht sehr bequem gefunden. Immerhin ist das Instrument wegen seiner Einfachheit und Billigkeit neben den andern damit vergleichbaren Integrationsapparaten (Stangenplanimeter von Prytz, Traktorienplanimeter von Kleritj oder dem feinen, aber auch teuren Integraphen von Abdank-Abakanowicz-Coradi [*diese Zeitschr.* 24. S. 213. 1904]) bemerkenswert.

Hammer.

Über einen Kreiselsversuch zur Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde.

Von A. Föppl. *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* 34. S. 5. 1904.

L. Foucault war der erste, der gezeigt hat, daß man aus den Bewegungen eines Kreisels ebenso wie aus denen eines Pendels die Rotation der Erde erkennen kann; bislang hatte aber noch niemand quantitative Ergebnisse in dieser Richtung erzielt. Erst dem Verf. ist es durch zweckmäßige Ausgestaltung der Versuchsanordnung unter Benutzung der modernen technischen Hilfsmittel gelungen, alle experimentellen Schwierigkeiten, die sich bisher der Realisierung der Foucaultschen Ideen entgegengestellt hatten, zu überwinden



und nicht nur die Rotation der Erde aus den Kreiselsbewegungen nachzuweisen, sondern direkt auch ihre Winkelgeschwindigkeit auf diesem Wege zu messen.

Hr. Föppl benutzt als Kiesel zwei aus Flußeisen zusammen genietete Schwungräder von 50 cm äußerem Durchmesser und je 30 kg Gewicht, die an den beiden Enden der Welle eines kleinen Elektromotors aufsitzen (vgl. die Figur¹⁾). Dieser ist an drei Stahldrähten an der Decke des Versuchsraumes aufgehängt und vermag mit Winkelgeschwindigkeiten von ungefähr 2400 Umdrehungen in der Minute umzulaufen. Nach unten hin sind an dem Elektromotor zwei sich kreuzende Blechtafeln befestigt, die in ein mit Öl gefülltes Gefäß tauchen und zur Dämpfung der Schwingungen dienen. Oben sind mit dem Elektromotor zwei sich gegenüber stehende horizontale Zeiger verbunden, die auf Gradeinteilungen spielen und den Zweck haben, die Veränderungen des Azimuts der Kreiselschse zu messen. Jeder von

¹⁾ Von der Kgl. Bayr. Akademie der Wissenschaften der Zeitschrift freundlichst zur Verfügung gestellt.

ihnen trägt ebenfalls zur Dämpfung noch einen Flügel, der in ein Öligefäß eintaucht (in der Figur weggelassen). Um eine bequeme Bestimmung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Motors zu ermöglichen, können die zum Anker führenden Drähte von der äußeren Leitung gelöst und durch Zwischenschaltung eines nach den Angaben eines Tourenzählers geeichten Voltmeters kurz geschlossen werden. Aus einer Eichungstabelle kann dann die zu einer Voltmeterablesung gehörende Winkelgeschwindigkeit ohne weiteres entnommen werden.

Der Versuch wird nun in der Weise angestellt, daß zunächst die Zeigerstellung bei nicht rotierendem Kreisell abgelesen wird. Dann wird, nachdem der Motor angelassen, gewartet, bis die Umlaufgeschwindigkeit konstant geworden ist, und die neue Gleichgewichtslage der Zeiger, aus den Sinusschwingungen, die die Zeiger um sie ausführen, bestimmt. Nach Schluß des Versuches wird noch konstatiert, ob die Zeiger, wenn der Motor abgestellt ist, in die ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückkehren.

Gleich die ersten Versuche zeigten, daß noch wesentliche Fehlerquellen vorhanden waren, die vor den definitiven Versuchen beseitigt werden mußten. So störte vor allem der von den schnell umlaufenden Schwungrädern erzeugte Wind. Um dagegen Abhilfe zu schaffen, wurden zwei Trommeln aus Blech angefertigt, die die Schwungräder mit 1 cm Spielraum umschlossen. Auch elastische Schwingungen einzelner Apparateile (Blechtrommeln, Aufhängedrähte) machten anfangs bedeutende Schwierigkeit, da sie, wenn die Rotation des Motors mit ihnen in Resonanz trat, sehr heftig wurden. Es war deshalb eine Beschränkung auf die Umlaufzahlen 1500 bis 2300 pro Minute geboten, bei denen eine solche Resonanz nicht vorhanden war.

Die Theorie des Versuchs ist sehr einfach; die Kreiselachse und die Erdachse zeigen, wie Foucault sich ausdrückt, die Tendenz zum Parallelismus, und zwar zum gleichslängigen Parallelismus, d. h., wenn das von der trifilaren Aufhängung ausgeübte Drehungsmoment nicht vorhanden wäre, würde sich die Kreiselachse derart in den Meridian einstellen, daß von Süden gesehen die Schwungräder im Uhrzeigersinn rotieren. Infolge der Gegenwirkung der trifilaren Aufhängung wird diese Stellung nicht erreicht werden; der Flächensatz zeigt vielmehr, daß folgende Relation bestehen muß:

$$M = \theta \omega \mu \cos \varphi \cos \psi,$$

wo θ das Trägheitsmoment der rotierenden Massen in Bezug auf die Rotationsachse, ω die konstante Winkelgeschwindigkeit der Kreiselrotation, μ diejenige der Erdrotation und φ die geographische Breite des Beobachtungsortes bedeutet; ψ bezeichnet den Winkel, den die Gleichgewichtslage des rotierenden Kreisels mit der E-W-Richtung bildet, und M das Moment des von der Aufhängevorrichtung auf das Kreiselgestell in dieser Lage in der horizontalen Ebene übertragenen Kräftepaars.

Versuch Nr.	Richtung des Drehungsvektors	Zahl der Umläufe in der Minute	Ablenkung der Kreiselachse		Differenz Beob.—Rechn.
			berechnet	beobachtet	
1	S ¹⁾	1915	0°	0,10°	+ 0,10
2	N	1830	0	0,28	+ 0,28
3	W	1520	5,54	5,65	+ 0,11
4	W	1530	5,58	5,71	+ 0,13
5	E	1540	5,62	5,58	— 0,04
6	E	1550	5,65	5,60	— 0,05
7	E	1710	6,23	6,12	— 0,11
8	W	1800	6,55	6,61	+ 0,06
9	E	1900	6,92	7,18	+ 0,26
10	W	2000	7,27	7,45	+ 0,18
11	E	2200	7,99	7,63	— 0,36
12	W	2280	8,27	8,23	— 0,04

¹⁾ Richtung S des Drehungsvektors bedeutet, daß die Schwungräder von Süden gesehen im Uhrzeigersinn rotieren.

Da θ aus dem Gewicht und den Dimensionen der Schwungräder durch Rechnung ermittelt werden konnte und das Moment M das dem Ablenkungswinkel der Aufhängevorrichtung gegen ihre Nulllage bei nicht rotierendem Kreisel proportional ist, durch einen besonderen Versuch bestimmt wurde, so konnte aus obiger Gleichung, wenn ψ und ω beobachtet war, u berechnet werden oder umgekehrt bei bekanntem u und ω der Winkel ψ .

Im ganzen sind 12 Versuche angestellt; bei zweien von ihnen lag die nicht rotierende Kreiselschale im Meridian, bei den übrigen senkrecht dazu. Die Resultate sind in vorstehender Tabelle enthalten.

Zu der Tabelle ist noch zu bemerken, daß die bei den ersten beiden Versuchen beobachteten Ablenkungen nach verschiedenen Seiten liegen. Mittelt man die Resultate der letzten 10 Versuche ohne Rücksicht darauf, ob der Drehungsvektor nach E oder W zeigte, so ergibt sich als berechnete Ablenkung $6,56^\circ$ und als beobachtete $6,58^\circ$. Die Rechnung stimmt also mit der Beobachtung ausgezeichnet überein. Zum Vergleich mögen noch einige Angaben über Pendelversuche zur Bestimmung der Erdrotation folgen. Die genauesten Versuche mit dem Foucault'schen Pendel und zwar mit einer Modifikation desselben, dem sogenannten Gauss'schen Pendel, hat wohl H. Kamerlingh Onnes (*Nieuwe bewijzen van de aarentling der aarde*, Dissertation Groningen 1879) in Groningen angestellt. Er findet die Komponente der stündlichen Erdrotation für die Vertikale des Beobachtungsortes gleich $12,03^\circ$, während die Theorie $12,04^\circ$ ergibt. Die Einzelwerte bei seinen zahlreichen Versuchen liegen zwischen $11,2^\circ$ und $12,8^\circ$. Man erkennt aus diesen Angaben, daß der Föppl'sche Kreiselsversuch als mindestens gleichwertig neben die Pendelversuche gesetzt werden kann. Beide Autoren, Föppl und Kamerlingh Onnes, geben übrigens an, daß sich die Genauigkeit ihrer Versuche noch steigern läßt, sodaß einstweilen noch unentschieden bleibt, mit welcher der beiden Versuchsanordnungen die größere Präzision erzielt werden kann.

Ph. F.

Elektrischer Thermostat.

Von H. Darwin. *Phil. Mag.* 7. S. 408. 1904.

Es wird eine Vorrichtung beschrieben, die Temperatur eines elektrisch erwärmten Ölbades automatisch konstant zu halten. Im Innern des Bades befinden sich zwei Heizdrähte, von denen der eine ständig vom Strome durchflossen, während der andere zur Einregulierung der Temperatur nur dann in den Stromkreis eingeschaltet wird, wenn die Temperatur des Bades zu fallen beginnt. Dieses Einschalten wird durch einen mittels Motors oder Uhrwerks angetriebenen Mechanismus bewirkt. Als eigentlicher Thermoregulator dient eine Wheatstonesche Brücke, von der je zwei gegenüberliegende Zweige aus Kupfer bezw. aus Manganin bestehen. Die beiden kupfernen Brückenarme befinden sich in der Badflüssigkeit; ihr Widerstand ist mit der Temperatur des Bades veränderlich; die beiden Manganinarme befinden sich auf Zimmertemperatur, ihr Widerstand ist von den Temperaturänderungen nahezu völlig unabhängig.

Durch Veränderung des Brückenarm-Verhältnisses läßt sich für jede Temperatur des Bades bis $+80^\circ \text{C}$. das Gleichgewicht der Brücke einstellen, welches dann lediglich durch die Schwankungen der Badtemperatur gestört wird. Je nachdem die letztere zu hoch oder zu niedrig ist, gibt das Galvanometer der Brücke einen Ausschlag nach der einen oder nach der andern Seite, und dadurch wird bewirkt, daß der oben erwähnte, in beständiger Bewegung befindliche Mechanismus den Kontakt des zweiten Heizdrahtes öffnet oder schließt und gleichzeitig um ersten Heizdraht Vorschaltwiderstände ein- oder ausschaltet.

Hinsichtlich der Einzelheiten in der Konstruktion dieses Schaltmechanismus ist auf die Arbeit selbst zu verweisen. Die Maße des für den Spektrographen des Refraktors im Observatorium zu Kapstadt ausgeführten Apparates sind nicht angegeben; ebenso fehlen zahlenmäßige Mitteilungen über das Funktionieren des immerhin recht komplizierten Mechanismus.

Rt.

Das Flimmerphotometer und die Messung verschiedenfarbigen Lichtes.

Von H. Krüß. *Journ. f. Gabel, u. Wasservers.* 47. S. 129. 1904.

Das Flimmerphotometer nach Simmance-Abady.

Von Simmance und Abady. *Phil. Mag.* 7. S. 341. 1904.

Von den zur Vergleichung verschiedenfarbiger Lichtquellen vorgeschlagenen Methoden ist die von Rood 1893 begründete Flimmerphotometrie in den letzten Jahren immer mehr in den Vordergrund des Interesses getreten. Das Prinzip ist folgendes. Wenn ein Photometerschirm in verhältnismäßig langsamem Wechsel durch zwei gleichfarbige Lichtquellen unter gleichen Einfallswinkeln beleuchtet wird und die von den Lichtquellen erzeugten Beleuchtungen voneinander verschieden sind, so hat ein auf den Photometerschirm blickendes

Auge die unangenehme Empfindung des Flimmerns. Das Flimmern kann man natürlich zum Verschwinden bringen, wenn man die Zahl der in einer Sekunde erfolgenden Wechsel (Wechselzahl) genügend erhöht oder auch dadurch, daß man die Beleuchtungen durch irgend ein optisches Verfahren einander gleich macht. Auch beim Vergleich von Lichtquellen, deren Färbung sehr verschieden ist, kann man ein Aufhören des Flimmerns durch Änderung der

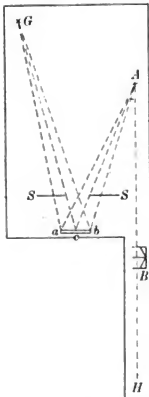


Fig. 1.

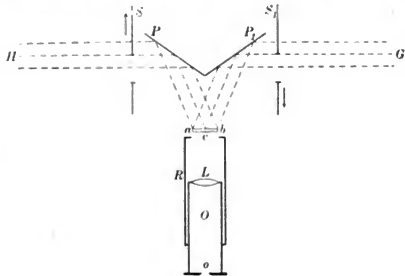


Fig. 2.

Beleuchtungen bewirken. Rood nimmt nun auch in diesem Falle das Verschwinden des Flimmerns als Kriterium der Gleichheit der Beleuchtungen an.

Die vorliegende lehrreiche Arbeit von Krüß zerfällt in zwei Teile. In dem ersten Teile wird nach einer erschöpfenden Darlegung des Flimmerprinzips und nach Aufzählung der verschiedenen Methoden der verschiedenfarbigen Photometrie über Arbeiten von Polimanti und Schatarnikoff berichtet, welche mehr für die physiologische Optik als für die praktische Photometrie von Interesse sind. Hierauf werden nacheinander beschrieben eine gewöhnlich Rood zugeschriebene, von Whitman veröffentlichte Vergleichsvorrichtung eine zweite Anordnung von Rood, über welche in dieser Zeitschr. 20. S. 190. 1900 bereits berichtet ist, und ein von Simmance und Abady konstruiertes Photometer. Bei dem letzteren (Fig. 1), welches von Vivian Lewes auf der vorjährigen Versammlung der Internationalen Lichtmeßkommission in Zürich vorgeführt wurde, beleuchten die zu messende Lampe G (Gasglühlicht) und die Zwischenlichtquelle A (Argandbrenner) durch die Blende SS hindurch die Mattglasscheibe acb . Die Blende SS wird durch eine geeignete Vorrichtung in schnelle Schwingungen in ihrer Ebene versetzt. Die Scheibe acb läßt sich in der Richtung ihrer Normalen verschieben und wird so eingestellt, daß, wenn die Blende SS, wie in Fig. 1 angegeben, in ihrer Mittelstellung angelangt ist, A nur die eine Hälfte ac und G nur die andere

Hälfte cb der Mattglasscheibe beleuchtet. Ist SS an dem äußersten linken bezw. rechten Ende der Bahn angelangt, so wird acb nur von G bezw. A beleuchtet; in den Zwischenstellungen von SS erhält der eine Teil von a b Licht von der einen, der übrige Teil Licht von der anderen Lichtquelle. Die Einstellung auf Verschwinden des Flimmerns wird durch Änderung des Gaskonsums von A ausgeführt. Die Lichtstärke, welche A dann besitzt, wird endlich mittels des Photometers B und der Lichteinheit I auf einer gewöhnlichen geraden Photometerbank bestimmt. Die Anwendung einer Zwischenlichtquelle A macht, wie Krüß mit Recht hervorhebt, den Apparat unnötig kompliziert.

Im zweiten Teil beschäftigt sich Krüß mit seinen eigenen Arbeiten. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Flimmerphotometer werden die Strahlen der beiden zu vergleichenden Lichtquellen H und G mittels der Spiegel P und P_1 auf die Mattglasscheibe ab geworfen. ab ist in das eine Ende des Rohres R gefaßt und läßt sich zum Zwecke der Justierung mit R mehr oder weniger tief in das Photometergehäuse einschieben. In dem Rohre R ist das Okularrohr O mit der auf ab einzustellenden Lupe L und dem Okularloch o verschiebbar. Vor den beiden Lichteinströmungsöffnungen des Photometergehäuses befinden sich die mit sektorenförmigen Ausschnitten versehenen Scheiben S und S_1 , welche mittels dreier konischer Räder mit gleicher Geschwindigkeit, aber in entgegengesetzten Richtungen in Bewegung gesetzt werden. S und S_1 sind so angeordnet, daß eine Lichteinströmungsöffnung frei ist,

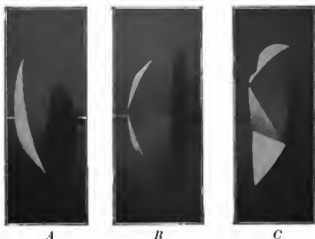


Fig. 3.

sobald die andere verschlossen ist, und daß die Ränder der Sektorenausschnitte gleichzeitig vor die Mitte der Lichteinströmungsöffnungen zu stehen kommen. In der letzteren Stellung müssen sich die Randstrahlen der beiden Strahlenbündel in der Mitte c der Mattglasscheibe schneiden, was durch Verschieben von R bewirkt wird. Außerdem hat Krüß noch die in Fig. 3 dargestellten Photometerkörper A, B, C konstruiert, welchen das Ritchlesche Prinzip des Keilphotometers zugrunde liegt. Der Körper A entsteht, wenn man von den beiden niedrigen Kegelstumpfen I und II (Fig. 4), deren Mantellinien unter 45° gegen die Grundflächen geneigt sind, die Stücke abc und def abtrennt und die übrigbleibenden Teile mit den elliptischen Schnittflächen ab und de aneinander legt; natürlich kann A auch aus einem Stück hergestellt werden. Läßt man den Körper A um seine Achse, welche mit der Achse der Photometerbank zusammenfällt, rotieren, so nimmt der senkrecht zur Drehungsachse auf den Umfang der Scheibe blickende Beobachter abwechselnd die Beleuchtung der beiden geneigten Flächen wahr. Da die Grenze zwischen den letzteren nach 360° denselben Rand der Scheibe erreicht, so erfolgt bei einer Umdrehung also ein zweimaliger Wechsel. Um eine genügende Wechselzahl zu erzielen, müßte man also ein Laufwerk benutzen. Die Photometerkörper B und C gestatten einen Handbetrieb, da der Wechsel vier- bezw. achtmal bei einer Umdrehung erfolgt.



Fig. 4.

Mittels des in Fig. 2 dargestellten Flimmerphotometers fand Krüß bei Benutzung einer Heferlampe und eines Gasglühlichtapparates folgendes. Bei ganz langsamer Drehung unterscheidet man deutlich die Aufeinanderfolge eines rötlichen und eines bläulichen Streifens mit schwach verwachsener Grenze zwischen beiden. Steigert man die Umdrehungsgeschwindigkeit allmählich, so kann man bald die einzelnen Färbungen nicht mehr unterscheiden; es entsteht der Eindruck der Mischfarbe, aber die Empfindung des Helligkeitswechsels, des Flimmerns, besteht noch fort, bis auch diese bei weiterer, indessen nicht zulässiger Steigerung

der Geschwindigkeit aufhört. Bei zu geringer Geschwindigkeit hört das Flimmern überhaupt nicht auf; man findet dann bei Verschiebung des Photometers nur eine Stelle der Bank, wo es ein *Minimum* ist. Bei zu großer Geschwindigkeit kann man auf einer mehr oder minder langen Strecke der Photometerbank kein Flimmern wahrnehmen. Die Mitte dieser Strecke gibt dann die richtige Einstellung. Bei einer ganz bestimmten Wechselzahl hört das Flimmern nur an einer Stelle der Bank auf. Diese Einstellung ist die genaueste. Die hierzu erforderliche Geschwindigkeit wächst mit der Beleuchtungsstärke. Beim Vergleich eines Gasglühlichtapparates und einer Hefnerlampe, die an den Enden der Photometerbank fest aufgestellt sind, bedarf man also einer geringeren Geschwindigkeit als in dem Falle, wo ein 16-kerziger Argandbrenner an die Stelle der Hefnerlampe tritt.

Einen Auszug aus der vorigen Arbeit gibt Krüß unter der Überschrift „Das Problem der Flimmerphotometrie“ in der *Physik. Zeitschr.* **5**, S. 65. 1904; von den Vergleichsvorrichtungen werden dort nur die Photometerkörper *A*, *B* und *C* (Fig. 3) beschrieben.

Das in der zweiten oben angeführten Arbeit beschriebene Photometer von Simmance-Abady unterscheidet sich wesentlich von dem in Fig. 1 dargestellten Apparat. Dasselbe ist als Winkelphotometer gebaut; sein wichtigster Bestandteil ist ein Photometerkörper, welcher mit dem Krüßschen Körper *A* (Fig. 3) ungefähr übereinstimmt. Es wird behauptet, daß vier Personen mit verschiedenem Farbensystem mit diesem Photometer selbst beim Vergleich von Rot und Grün die gleiche Einstellung machten. Diese Übereinstimmung kann, falls keine Versuchsfehler begangen worden sind, nur eine zufällige gewesen sein.

Lb.

Über ein Reflexions-Interferenz-Refraktometer.

Von Th. Vautler. *Compt. rend.* **137**, S. 615. 1903.

Die Aufgabe, auf lange Wegstrecken die zwei später interferierenden Büschel zu trennen, wird durch vier Planspiegel gelöst, von denen zwei einfach belegt sind (M_1 und M_2), während der dritte und vierte durch die zwei Flächen einer beiderseits versilberten Planplatte M gebildet werden.



Der Gang der Strahlen ist aus der Figur ohne weiteres ersichtlich. Wären die vier spiegelnden Ebenen einander streng parallel, so würde die Sammellinse L_2 nur ein Bild des Spaltes S entwerfen. Eine geringe Neigung eines der Spiegel um eine zum Spalte parallele Achse bewirkt, daß die den zwei Strahlenbüscheln zukommenden Spaltbilder auseinander rücken in die Lage S_1, S_2 . Die von S_1 und S_2 ausgehenden Strahlenbüschel erzeugen nun in dem ihnen gemeinsamen Interferenzfeld scharfe Interferenzstreifen.

Um die Wegstrecken noch weiter zu verlängern, läßt man die Büschel an den Flächen M und M_1 , bzw. M und M_2 mehrmals hin- und herreflektieren, ehe sie an M bzw. M_2 vorbei zur Linse L_2 gelangen.

Die auf diese Weise gesteigerte Empfindlichkeit wird jedoch bald störend groß. Z. B. bewirkt bei einer Wegstrecke von 13 m in Luft schon eine Temperaturschwankung von etwa $0,002^\circ \text{C}$, daß das Streifensystem sich um eine Streifenbreite verschiebt. Außerdem ist bei wiederholter Reflexion der Büschel das Streifensystem gegen kleine Erschütterungen der Spiegel, die sich durch ein Zittern des Interferenzbildes zu erkennen geben, sehr empfindlich. Als Schutz dagegen wird eine Kautschukunterlage empfohlen.

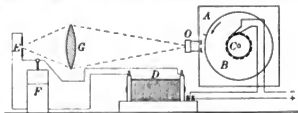
Die Streifenverschiebungen wurden entweder mit dem Auge beobachtet oder auf einer rotierenden Trommel photographisch registriert, wofür vermöge der Reflexionen an undurchsichtigen Silberschichten offenbar genügende Intensität vorhanden war.

L5.

Chronophotographie schneller Vorgänge mittels elektrischer Funken.

Von L. Bull. *Compt. rend.* **138**, S. 755. 1904.

Bei Anwendung elektrischer Funken kann die photographische Platte in kontinuierlicher Bewegung gehalten werden, da die Zeitdauer der Funken außerordentlich kurz ist; bei den gewöhnlichen kinematographischen Aufnahmen muß dagegen bekanntlich die Platte bei jeder Belichtung arretiert werden. Verf. gelang es, mit seinem Apparate bis 1500 Aufnahmen in der Sekunde zu erzielen. In der photographischen Kamera *A* befindet sich eine Walze *B*, auf der die lichtempfindliche Schicht aufgebracht ist; auf derselben Achse sitzt ein Unterbrecher *C*, welcher den Primärstrom des Induktionsapparats *D* öffnet und schließt. Der Sekundärstrom ist mit einem Kondensator *F* und der Funkenstrecke *E* verbunden, welche aus zwei Magnesium-Elektroden besteht. Die Strahlen der Funken gelangen durch die Linse *G* und das Objektiv *O* der Kamera auf die photographische Schicht. Der hinter dem Objektiv *O* angeordnete Verschluss wird durch einen an der Walze *B* befestigten Stift geöffnet und geschlossen, sodaß die Belichtung nur während einer Umdrehung stattfindet. Auf diese Weise können die zwischen *G* und *O* befindlichen Objekte aufgenommen werden. Leider ist nicht angegeben, in welcher Weise die photographische Schicht für diese sehr große Empfindlichkeit präpariert wird.



W. J.

Über Präzisionsnormale der Selbstinduktion.

Von F. Dolezalek. *Ann. d. Physik* **12**, S. 1142. 1903.

Während man bisher Selbstinduktionsnormale, wie sie zuerst von Max Wien hergestellt worden sind, aus massivem Draht zu wickeln pflegte, zeigt Dolczalek, daß derartige Rollen bei Periodenzahlen, die über 300 in der Sekunde liegen, fehlerhafte Resultate geben. Es werden nämlich die Stromlinien im massiven Draht nach der Achse der Rolle zusammengedrängt; dies macht sich dadurch bemerkbar, daß der ohmsche Widerstand mit der Periodenzahl wächst, während der Wert der Selbstinduktion, wenn auch in schwächerem Maße, abnimmt. So wurden z. B. an einer Spule von 0,03 Henry, die aus 0,1 mm starkem Draht gewickelt war, folgende Resultate gefunden:

Perioden pro Sekunde	Selbstinduktion in Henry	Wechselstromwiderstand	Gleichstromwiderstand
591	0,0325	5,43 Ohm	4,83 Ohm
917	0,0325	6,32 "	
1452	0,0325	8,54 "	
2286	0,0325	14,13 "	

Die Zunahme des Widerstandes steigt mit dem Quadrat der Periodenzahl, sodaß man den Wechselstromwiderstand $R' = R + k n^2$ setzen kann, wo k eine Konstante ist, die vom Querschnitt des Drahtes abhängt. Die Abnahme der Selbstinduktion tritt in dieser Tabelle noch nicht hervor; dagegen wurde an einer Spule aus 2 mm starkem Draht gefunden:

Periodenzahl	Selbstinduktion
825	0,03194
1650	0,03176

Der besprochene Einfluß verschwindet fast vollständig, wenn man die Normale mit Litze bewickelt, die aus 0,1 mm dicken isolierten Drähten zusammengedrillt ist. Aus derartiger Litze sind nun sämtliche Normalrollen nach Dolezalek hergestellt.

Bei Rollen von größerem Betrag tritt dann nur noch die Kapazität störend hervor, die sich kaum beseitigen läßt. Für eine Normalrolle von 1 Henry ergab sich eine Kapazität von 0,00016 Mikrofarad.

E. O.

Konstruktion eines empfindlichen Galvanometers.

Von C. G. Abbot. *Astrophys. Journ.* 18. S. 1. 1903.

Der Verfasser stellt die Bedingungen zusammen, welche zur Erreichung hoher Empfindlichkeit eines Nadelgalvanometers erfüllt werden müssen, und ergänzt dieselben auf Grund experimenteller Untersuchungen, insbesondere über die Beschaffenheit sehr kleiner Magnete. Das Resultat der Untersuchungen ist folgendes:

Für die Magnete ist ein runder oder quadratischer Querschnitt besser, als ein flacher.

Bei Magneten aus rundem Draht, deren Länge das 5- bis 40-fache des Durchmessers beträgt, ist das Moment proportional dem Ausdruck $W a^3/r$, wo W das Gewicht, $2a$ die Länge und $2r$ den Durchmesser bedeutet.

Wenn mehrere Magnete parallel zu einer Gruppe verbunden sind, verringern sie gegenseitig ihr Moment und zwar um $1/2$, wenn der Abstand 2 Durchmesser, und um $1/10$, wenn er 5 Durchmesser beträgt.

Die Empfindlichkeit, soweit sie vom Magnetsystem abhängt, ist proportional $\frac{NM}{NJ_m + J_n}$, wo N die Anzahl der Einzelmagnete, M das magnetische Moment, J_m das Trägheitsmoment eines jeden und J_n das Trägheitsmoment des nicht magnetischen Teils des Systems bezeichnet. Drückt man J_m und ebenso nach der empirisch gefundenen Formel M durch die Linear-

dimensionen aus, so ergibt sich $\frac{N W a^3}{\frac{1}{3} N W a^2 + J_n}$.

Diese Formel ist der Konstruktion des Systems zugrunde gelegt, indem der Verf. danach die Empfindlichkeit für eine Reihe von Anordnungen berechnet und die besten auswählt.

Von Interesse ist die Herstellungsmethode der Systeme. Mit einer besonders konstruierten Schere werden von gehärtetem Stahldraht (0,08 mm Durchmesser) mittels Anschlag Stücke von gleicher Länge (z. B. 1,3 mm) abgeschnitten. Jedes wird auf einem Karton befestigt und bis zur Sättigung magnetisiert. Dann werden an Magnetometer die Momente verglichen, die besten Stücke ausgewählt und nach den gemessenen Zahlen so in Gruppen verteilt, daß jede Gruppe gleiches Gesamtmoment und gleiches Gewicht erhält. Zur Befestigung der Magnete an der aus einem Glasfaden bestehenden Achse dient eine Vorrichtung aus zwei gleich dicken Glasstreifen mit gerader Kante, die in einem Abstand von 0,8 mm auf eine andere Glasplatte gekittet sind. In dem Spalt ist ein Draht ausgespannt, an einem Ende von einer Feder gehalten. Die Magnete werden quer über den Spalt auf die mit Zuckersirup bestrichenen Glasstreifen gelegt. Ist der Sirup hart geworden, so wird der als Achse dienende Glasfaden aufgelegt, nachdem er vorher an den Stellen, wo die Magnete sitzen sollen, mit Schellack bestrichen ist. Nun wird der Draht durch einen elektrischen Strom erwärmt, bis der Schellack um die Magnete fließt, und endlich das System mit Wasser von dem Zucker gelöst und abgewaschen. Das fertige System wird mit einem vielpoligen Elektromagneten von entsprechender Polanordnung magnetisiert. *Dist.*

Neu erschienene Bücher.

O. Koll, Geodätische Rechnungen mittels der Rechenmaschine. gr. 8°. IV, 81 S. m. Fig. Halle, E. Strien 1903. Geb. in Leinw. 5,00 M.

Noch bei Gauß war der wichtigste Teil der „mathematischen Exekutive“ (um mit F. Klein zu reden) aufs engste mit der mathematischen Theorie verknüpft; die Meister der reinen Mathematik haben auch die Anwendungen und damit die Rechenpraxis ihrer nicht für unwürdig gehalten. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts gingen aber die Wege auseinander; für die „reine“ Mathematik kam die zahlenmäßige oder zeichnerische *Durchführung*

mathematischer Aufgaben, ja es kamen selbst die methodischen Anforderungen der ganzen praktischen Mathematik als etwas Gleichgültiges oder Inferiores nicht weiter in Betracht. Astronomie, Geodäsie, die ganze Technik (graphische und analytische Theorie der Konstruktionen der Ingenieure u. s. w.), das Versicherungswesen u. s. f. haben für ihre praktisch-mathematischen Bedürfnisse selbst zu sorgen gehabt und gesorgt; und erst neuerdings wendet sich auch das Interesse der mathematischen Theoretiker z. T. wieder der Methodik der Zweige der praktischen Mathematik, den Bedingungen und Hilfsmitteln der Durchführung ihrer Aufgaben zu.

Bei allen praktisch-mathematischen Rechnungen, die ein sehr beträchtliches Zifferwerk zu bewältigen haben, ist in der letzten Zeit die Anwendung mechanischer Hilfsmittel stark in den Vordergrund gerückt worden. So hat erst vor kurzem der Astronom der Leipziger Universität H. Bruns in seinen „Grundlinien des wissenschaftlichen Rechnens“, Leipzig, B. G. Teubner 1903, S. 7, darauf hingewiesen, daß man in manchen Zweigen der rechnenden Astronomie, wenn sie ihre Aufgaben mit Erfolg bewältigen sollen, vor der Notwendigkeit steht, „über kurz oder lang zu einem zentralisierten Großbetrieb überzugehen . . . Daß hierbei die Maschine und zwar die jedesmal für eine einzige bestimmte Aufgabe möglichst vollkommen durchgebildete Maschine, die unentbehrliche Helferin sein wird, steht meiner Überzeugung nach außer Frage“. Es sei auffallend, daß man bei Ausrüstung einer Sternwarte für Instrumente große Summen verausgabt und dabei die Fortschritte der Technik sorgfältig heranziehe, aber vorläufig garnicht daran denke, „ob die Technik, die so sinnreiche Apparate wie die Schreibmaschine und die Kontrollkasse geschaffen hat, nicht etwa auch für die Rechenarbeit, welche zeitlich bemessen ein Vielfaches der Beobachtungsarbeit ausmacht, hilfreiche Dienste leisten könnte“.

Bei den Rechnungen der Geodäsie, wenigstens in der technischen Geodäsie (Katastermessungen, Ingenieurmessungen, besonders Topographie u. s. f.) ist man, wie in andern Zweigen der Technik, wie ich glaube von jeher weniger gleichgültig dagegen gewesen, ob die richtigen, d. h. in diesem Fall rationellen, bei bestimmten Genauigkeitsansprüchen förderlichsten Hilfsmittel zur Berechnung der Messungen angewandt werden oder nicht.

Für eine größere Zahl von Rechnungen hat man auf Vermessungsbureaux schon seit langer Zeit die vorhandenen „Rechenmaschinen“ in Dienst gestellt; ja man ist m. A. nach darin vielleicht schon zu weit gegangen: statt sich für bestimmte Zwecke *Spezialinstrumente* auszubilden, deren Preis sie freilich dem Einzelnen meist unerschwinglich machen würde, hat man die Additionsmaschinen oder „Aggregat“-Maschinen auch für solche geodätischen Rechnungen benutzt, bei denen sie kaum eine Erleichterung bringen können. Wenn wir freilich nur einmal von den Additionsmaschinen (Thomas oder jetzt Burkhardt, Odhner u. s. f.) zur wirklichen Multiplikationsmaschine vorschreiten könnten! In Prof. Sellings Maschine stand oder steht sie in Aussicht (vgl. *diese Zeitschr.* 7. S. 403, 443. 1887) und auch Steiger-Egllis „Millionär“ ist ein weiterer Schritt auf diesem Weg. Mit einer wirklichen Multiplikations- oder Determinanten-Maschine wäre für allgemeine praktisch-arithmetische Zwecke außerordentlich viel erreicht.

Der Verf. des hier anzusehenden Buchs erörtert die Anwendung der bereits vorhandenen Rechenmaschinen (von denen er die Burkhardtsche und die Steiger-Egllische beschreibt) auf einige geodätische Aufgaben, wobei er für Winkelfunktionen die Benutzung der F. G. Gaußschen fünfstelligen trigonometrischen und polygonometrischen Tafeln für Maschinenrechnen (Halle 1901) voraussetzt. Die Maschinenrechnung erklärt er für einfacher, sicherer und genauer als die logarithmische Rechnung; die Zeitersparnis betrage $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ des Zeitaufwands für die logarithmische Rechnung und ein Rechner könne schon in einem Jahr den Preis selbst der teuersten Maschine einbringen. Dabei müßte angegeben sein, für welche geodätische Rechnungen dies zutreffen soll und für welche Rechner. Meinen eignen Erfahrungen nach bin ich geneigt, in sehr vielen Fällen diese Sätze stark einzuschränken und mit nicht genügender logarithmischer Rechenpraxis vieler Rechner zu erklären. Wenn erst Funktionen gemessener Winkel aus *Tafeln* aufgesucht werden müssen, um an der Maschine

eingestellt und so für die Rechnung verwendbar zu werden, müssen jene Sätze gewiß oft allgemein beschränkt werden oder können nur individuelle Gültigkeit haben. Um z. B. bei der Zugrechnung die Produkte $s \cdot \cos \alpha$ und $s \cdot \sin \alpha$ bilden zu können, habe ich für die Maschinenrechnung $\cos \alpha$ und $\sin \alpha$ ganz ebenso aufzuschlagen wie bei der Tafelrechnung $\log \cos \alpha$ und $\log \sin \alpha$; für das Aufschlagen von $\log s$, die Addition der zwei Logarithmen und die Rückkehr zu den Zahlen brauche ich nicht länger Zeit als zur Einstellung der aufgeschlagenen Zahlen an der Rechenmaschine, nun kommt aber bei der Maschine noch 10-, 15- oder noch mehr-maliges Kurbeldrehen (bei den reinen Additionsmaschinen) mit vielfacher Versetzung des Rechenmaschinenrahmens, wobei das Geräusch der Maschine den Kopf des Rechnenden auch nicht gerade entlastet, und endlich Ablesung der Ergebnisse. Es gibt freilich andere Aufgaben der niedern Geodäsie genug — und viele in dem Kollischen Werk erläuterte gehören dazu — bei denen auch ich den Gebrauch der Rechenmaschinen, die uns jetzt zu Gebot stehen, für ganz angezeigt halte; es sind in erster Linie die rein arithmetischen Aufgaben, in die gar keine Winkel eingehen (Determinanten-Aufgaben, wie z. B. Bestimmung der rechtwinkligen Koordinaten des Schnittpunkts der Verbindungslinien zweier Paare durch ihre Koordinaten gegebener Punkte u. s. f.; aus der höhern Geodäsie, wo in der Durchführung der *Ausgleichung* der Messungsergebnisse nicht, wie in der niedern Geodäsie *meist*, der Rechenchieber ausreicht, oder selbst in der niedern Geodäsie bei vielen Unbekannten, wo die Auflösung eines großen Gleichungssystems mit dem Rechenchieber zu unsicher werden kann, ist insbesondere die Bildung und Auflösung der Normalgleichungen zu nennen). Aber für die vorhin herausgehobene, wichtige und im ganzen eine so außerordentlich große Ziffernmasse erfordernde Aufgabe der Zugrechnung, die stets wiederkehrende Bildung der Produkte $s \cdot \cos \alpha$ und $s \cdot \sin \alpha$, würde ich ein wichtiges Vorschreiten über die logarithmische Rechnung oder sonstige Tafelrechnung hinaus nur erblicken können in der Konstruktion einer *Spezialmaschine* irgend welcher Art, die das *Aufschlagen* von \cos und \sin in einer Tafel entbehrlich machen würde, vielmehr durch *einfaches Einstellen* von s und α als den gegebenen Zahlen und nach *einfacher* mechanischer Manipulation die bequeme, sichere und genügend scharfe Ablesung der Produkte gestatten würde.

Hammer.

Sammling Göschens. 3., 91., 99., 179., 198., 210. u. 211. Bdchn. kl. 8°. Leipzig, G. J. Göschens. Geb. in Leinw. je 0,80 M.

3. F. Barth, Die Maschinenelemente. 155 S. m. 86 Fig. 1904. — 91. W. F. Wislicenus, Astrophysik, die Beschaffenheit der Himmelskörper. 2., verb. Aufl. 156 S. m. 11 Abbildgn. 1903. — 99. G. Hessenberg, Ebene u. sphärische Trigonometrie. 2., verb. Aufl. 167 S. m. 70 Fig. 1904. — 179. W. Hauber, Statik. II. Tl. Angewandte (techn.) Statik. 148 S. m. 61 Fig. 1904. — 198. J. Herrmann, Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- u. Wechselstromtechnik. 3. Tl. Die Wechselstromtechnik. Kurze Darstellg. der Gesetze d. Wechselstromes u. Beschreibg. d. Generatoren, Transformatoren u. Motoren f. Wechselstrom. 140 S. m. 108 Fig. 1904. — 210. W. Bröns, Kristallographie. 144 S. m. 190 Abbildgn. 1904. — 211. O. Schmidt, Metalloide. Anorgan. Chemie. I. Tl. 155 S. 1904.

J. Traube, Grundriß der physikalischen Chemie. Lex.-8°. VIII, 360 S. m. 24 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1904. 9,00 M., geb. in Leinw. 10,00 M.

Bibliothek, Elektrotechnische. 63. Bd. 8°. Wien, A. Hartleben. 4,00 M.; geb. 5,00 M.

63. F. Neesen, Kathoden- u. Röntgenstrahlen, sowie die Strahlung aktiver Körper. VIII, 240 S. m. 50 Abbildgn. 1904.

J. M. Eder u. E. Valenta, Beiträge zur Photochemie u. Spektralanalyse. Enth. 5 Tle. m. 93 Illust. im Texte u. 60 Taf. 4°. XIII, 425; 174; 167; 30 u. 51 S. Wien, R. Lechners Sort. in Komm. — Halle, W. Knapp in Komm. 1904. Geb. in Leinw. 25,00 M.

H. Leblanc, *Traité élémentaire de Cinématique. Les mécanismes.* 8°. 440 S. m. 234 Fig. Paris 1904. Geb. in Leinw. 4,50 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

September 1904.

Neuntes Heft.

Über ein neues Kameraobjektiv für Spektrographen.

Von

J. Hartmann in Potsdam.

Will man mit einem Spektrographen ökonomisch arbeiten, so muß man an ihn die Forderung stellen, daß er eine größere, womöglich die ganze photographierbare Strecke des Spektrums gleichzeitig scharf abbildet. Die Erfüllung dieser Bedingung ist besonders dann von Bedeutung, wenn es sich, wie dies bei den astrophysikalischen Arbeiten meistens der Fall ist, um die Aufnahme lichtschwacher Spektren handelt, die eine sehr lange Belichtung erfordern. Ist der Apparat im obigen Sinne richtig konstruiert, so gewinnt man mit demselben in der gleichen Zeit ein viel umfangreicheres Beobachtungsmaterial, als wenn durch ihn nur eine kurze Strecke des Spektrums fehlerfrei abgebildet wird. Bei Gitterspektrographen, deren Bildkurve nahe kreisförmig ist, pflegt man die photographische Platte entsprechend zu biegen, wodurch man die gleichzeitige Aufnahme beliebig großer Strecken des Spektrums ermöglichen kann. Bei Prismenspektrographen hat man dieses Mittel meines Wissens bisher noch nicht angewandt, da dieselben in der Regel eine so stark gekrümmte Bildfläche haben, daß keine photographische Platte die notwendige Biegung aushalten würde. Zwar könnte man durch Benutzung photographischer Films die Anschmiegung der empfindlichen Schicht an jede Form der Bildfläche erreichen, doch halte ich dieses Mittel nicht für empfehlenswert. Denn einerseits ist es noch nicht gelungen, die Films in gleicher Vollkommenheit wie die besten photographischen Platten herzustellen, andererseits ist zu beachten, daß die gewaltsame Deformation der Platte oder des Films zwar sehr kleine, aber doch bei den schärfsten Messungen merkliche und gänzlich unkontrollierbare Verziehhungen der Bildschicht zur Folge haben muß.

Man hat daher die Biegung der photographischen Schicht als einen Notbehelf zu betrachten, den man, wenn es möglich ist, bei scharfen Messungen vermeiden soll. Hierzu bietet sich nun bei Prismenapparaten ein Mittel in der Konstruktion des Kameraobjektivs, die so zu wählen ist, daß eine möglichst große Strecke des Spektrums in einer Ebene abgebildet wird. Diese Forderung erfüllen nun die bisher meistens benutzten Fernrohrobjektive nur in sehr beschränktem Maße, da die von derartigen Linsen scharf abgebildeten Teile des Spektrums nur einen Bildwinkel von höchstens $1\frac{1}{3}^\circ$ umfassen. So hatte z. B. die größte von Vogel bei seinen Untersuchungen über die Sternbewegungen im Visionsradius gemessene Strecke des Spektrums eine Länge von $8,26 \text{ mm}^1$), die bei 408 mm Brennweite des Kameraobjektivs einem Bildwinkel von $1^\circ 10'$ entspricht. Ebenso zeichnete, wie Campbell²⁾) mitteilt, das erste für den

¹⁾ *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam 7. Teil I. S. 49. 1892.*

²⁾ *Astrophys. Journ. 8. S. 133. 1898.*

Mills-Spektrographen der Lick-Sternwarte gelieferte Kameraobjektiv nur 10 mm des Spektrums, einem Bildwinkel von $1^{\circ} 26'$ entsprechend, scharf.

Um dem Übelstande dieses kleinen Bildfeldes abzuwehren, ließ zuerst Vogel im Jahre 1896 bei der Bestellung der optischen Teile für den neuen Spektrographen III das Kameraobjektiv durch Verkitung aus drei Linsen sehr sorgfältig achromatisieren, und er erreichte hierdurch bei 604 mm Brennweite die scharfe Abbildung einer 28 mm langen Strecke, entsprechend einem Winkel von $2^{\circ} 40'$. Genau ebenso wirkt das zweite, ebenfalls dreiteilige Objektiv, welches Campbell für den Mills-Spektrographen beschaffte¹⁾, sowie das dreiteilige Kameraobjektiv B des Bruce-Spektrographen²⁾ der Yerkes-Sternwarte; ersteres zeichnet bei 406 mm Brennweite 18 mm oder $2^{\circ} 32'$ scharf, letzteres bei 607 mm Brennweite etwa 30 mm oder $2^{\circ} 50'$.

Jedoch auch die zuletzt erwähnten Winkel umfassen nur einen kleinen Teil derjenigen Strahlen, die bei den genannten Apparaten bis zur photographischen Platte gelangen. Ich habe daher, von Hrn. Geheimrat Vogel in der entgegenkommendsten Weise unterstützt, eine über mehrere Jahre sich erstreckende Reihe von Versuchen ausgeführt, um die für scharfe Messungen nutzbare Strecke des vom Spektrographen III entworfenen Spektrums bis zur äußersten Grenze zu erweitern. Diese vor einiger Zeit zum Abschluß gekommene Untersuchung hat nun zu einer so bedeutenden Vervollkommnung der Leistungsfähigkeit des Spektrographen geführt, daß es von Interesse sein wird, im folgenden kurz darüber zu berichten.

Der zunächstliegende Gedanke war, eines der modernen photographischen Objektive, die ja sehr große Bildfelder eben abbilden, zu benutzen. Ich habe daher im Jahre 1898 eine Anzahl derartiger Objektive geprüft, und es zeigte sich hierbei, daß bei den vorgeschriebenen Dimensionen von Öffnung und Brennweite eine Hälfte eines zeißischen Satz-Anastigmaten den gestellten Bedingungen am besten entsprach. Es war dies ein aus drei Linsen verkitetes Objektiv von 40 mm Öffnung und 560 mm Brennweite. Zwar lieferte auch dieses an keiner Stelle des Gesichtsfeldes eine so tadellos scharfe Abbildung, wie das oben erwähnte, von Steinheil angefertigte dreiteilige Objektiv; jedoch besaß es ein so ausgedehntes ebenes Bildfeld, daß, namentlich bei einiger Abblendung, schon ziemlich gute Aufnahmen über einen Bildwinkel von etwa 12° gelangen. Allein im Laufe einiger Jahre verschlechterte sich das Bild mehr und mehr, ein Übelstand, der nach den späteren Untersuchungen von Lehmann³⁾ und Eberhard⁴⁾ bei allen verkiteten Objektiven zu befürchten ist.

Außer dieser Gefahr der allmählichen Verschlechterung besitzen die photographischen Objektive im allgemeinen noch weitere für den vorliegenden Zweck nachteilige Eigenschaften. Da bei denselben in erster Linie große Lichtstärke und ausgedehntes Gesichtsfeld verlangt werden, so wird die Korrektur der sphärischen Aberration in der Regel nur so weit getrieben, daß die Bildscharfe wohl für die gewöhnlichen photographischen Aufnahmen, nicht aber für die bei starker Vergrößerung auszumessenden Spektralaufnahmen ausreicht. Leisten die photographischen Objektive in dieser Beziehung nicht das, was hier verlangt werden muß, so erfüllen sie andererseits für den vorliegenden Zweck ganz überflüssige Bedingungen — Bildfeld von 60° und mehr, gute Achromatisierung — die eine komplizierte Zusammensetzung aus zahlreichen, teilweise stark lichtabsorbierenden Einzellinsen erfordern. So hatte ich noch

¹⁾ *Astrophys. Journ.* **8.** S. 134. 1898.

²⁾ *Astrophys. Journ.* **15.** S. 13. 1902.

³⁾ *Diese Zeitschr.* **22.** S. 326. 1902.

⁴⁾ *Diese Zeitschr.* **23.** S. 275. 1903.

Gelegenheit, die Zeißschen Systeme Unar, Tessar und Planar auf ihre Verwendbarkeit als Kameraobjektiv am Spektrographen III zu untersuchen. Es ergab sich hierbei, daß die Definitionsschärfe, d. h. die Korrektur der sphärischen Aberration bei dem lichtstarken Unar (1:5) für Präzisionsaufnahmen ganz ungenügend ist. Das Tessar besitzt recht gute Ebenung des Bildes und erheblich bessere Bildschärfe als das Unar; doch ist dieselbe immer noch nicht ausreichend. Dagegen hat das Apochromat-Planar eine den höchsten Anforderungen genügende Bildschärfe¹⁾, dabei allerdings wieder etwas stärkere Bildwölbung als das Tessar. Für exakte Aufnahmen könnte nur das Apochromat-Planar in Frage kommen. Leider enthält dieses aber ein so stark absorbierendes Glas, daß es für Aufnahmen im ultravioletten Teile des Spektrums nicht zu brauchen ist; zudem ist ein verkittetes Linsenpaar in diesem Objektiv vorhanden.

Nach dem Gesagten muß der Wunsch, einen für Spektrographen speziell geeigneten Objektivtypus zu schaffen, durchaus berechtigt erscheinen. Ein solcher hat, um es nochmals kurz zusammenzufassen, folgende drei Bedingungen zu erfüllen: 1. Abbildung des von einem gegebenen Prismensatz erzeugten Spektrums in einer Ebene, 2. sehr vollkommene Beseitigung der sphärischen Aberration für die ganze Ausdehnung des Bildes, und 3. Herstellung aus möglichst wenigen, dünnen und unverkitteten Linsen eines recht lichtdurchlässigen Glases. Wie man sieht, ist die Aufgabe, ein derartiges Objektiv zu konstruieren, nicht vollständig bestimmt. Gleichzeitig für alle beliebigen Spektrographen geeignet könnte dasselbe nur dann sein, wenn es außer der Bildebenung auch die Bedingung der *strengen* Achromatisierung für alle in Frage kommenden Wellenlängen erfüllte, da sich jede Abweichung hiervon wieder als eine Wölbung des spektralen Bildes verraten würde. Ein solches Objektiv zu konstruieren, ist aber vorläufig unmöglich.

Ich hielt es daher für das Einfachste, die Achromatisierung überhaupt zu unterlassen und die Schwierigkeit, die aus der Abhängigkeit der Bildwölbung von der speziellen Dispersion des angewandten Prismensatzes hervorgeht, dadurch zu beseitigen, daß das Objektiv aus der zu den Prismen verwendeten Glassorte hergestellt wird. Wie ich schon früher²⁾ zeigte, bildet eine einfache Linse das von einem Prisma aus derselben Substanz erzeugte Spektrum nahe in einer Ebene ab, die bei einem Prismenwinkel von 60° der Richtung des einfallenden Lichtbüschels parallel liegt. Befreit man daher eine solche Linse durch Retusche von den Resten der sphärischen Aberration, so sind die gestellten Bedingungen in der denkbar einfachsten Weise erfüllt. In dieser Weise hat die Firma C. A. Steinheil Söhne für das Astrophysikalische Observatorium vor Jahresfrist eine Quarzlinse von 40 mm Öffnung und 320 mm Brennweite hergestellt, die in Verbindung mit einem Quarzprisma einen außerordentlich leistungsfähigen Spektrographen bildet, über den ich später Näheres berichten werde. Während bei diesem ersten Versuche zur Erleichterung der Retusche von der Linsenform mit der kleinsten sphärischen Aberration ausgegangen wurde, schlug Hr. Dr. Lehmann³⁾ zur weiteren Verbesserung des außerachsialen Bildes noch diejenige Form vor, welche der Sinusbedingung genügt.

Mit der einfachen Linse gelingt es jedoch nicht, das Bildfeld für ausgedehntere Strecken, d. h. für die durch mehrere Prismen erzeugte starke Dispersion, die einen Bildwinkel von etwa 15° umfaßt, hinreichend zu ebenen. Hierzu ist die Kombination

¹⁾ Vgl. diese Zeitschr. 24. S. 115. 1904.

²⁾ Diese Zeitschr. 20. S. 19. 1900.

³⁾ laut briefl. Mitteilung.

von zwei Linsen desselben Glases mit zwischenliegender Luftlinse nötig. Die Firma C. Zeiß hat auf meine Veranlassung die Konstruktion eines derartigen Objektivs, welches wegen seiner Eigentümlichkeit der Nichtachromatisierung die Bezeichnung „Chromat“ erhalten hat, übernommen. Das erste Exemplar dieses neuen Typus wurde vor einiger Zeit für das Astrophysikalische Observatorium geliefert, und es hat sich in Verbindung mit den drei Prismen und dem Kollimator des Spektrographen III ganz vorzüglich bewährt.

Den anschaulichsten Beweis für den durch die Anwendung des neuen Objektivs erreichten Fortschritt würde die Reproduktion eines mit demselben aufgenommenen Spektrums bilden. Allein letztere müßte, um die Schärfe der Originalaufnahme überall erkennen zu lassen, in so starker Vergrößerung erfolgen, daß der hier zur Verfügung stehende Raum dafür nicht ausreicht.

Ich beschränke mich daher auf die Mitteilung der folgenden Zahlenangaben über die optischen Eigenschaften des neuen Objektivs. Für die Zonenfehler erhielt ich durch extrafokale Aufnahmen mit Licht von der Wellenlänge $\lambda = 435$ folgende Werte:

Zone	df
5 mm	+ 0,22 mm
7	+ 0,35
9	+ 0,24
11	+ 0,17
13	+ 0,18
15	+ 0,17
17	- 0,05
19	- 0,53.

Bei $r = 17$ mm ist also die Strahlenvereinigung hervorragend gut, erst der Rand zeigt etwas zu kurze Vereinigungsweite.

Zur scharfen Bestimmung der Lage der Bildfläche des Spektrographen habe ich

zwei verschiedene Verfahren angewandt, von denen das erste auf der Einstellung auf „scharfes Bild“, das zweite auf extrafokalen Aufnahmen beruht.

Die Ablesung an der Millimeterteilung des Kameraauszuges sei A und die Neigung der Platte gegen diejenige Lage, in der sie senkrecht auf der Richtung der Bewegung des Auszuges steht, werde mit i bezeichnet. Die Änderung der Plattenneigung erfolge durch Drehung um die in der Plattenebene gelegene Achse M (Fig. 1). Ist dann P ein Punkt der Bildfläche und $N = PM$ sein in der Platten-

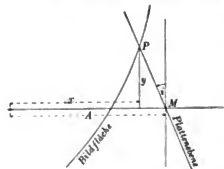


Fig. 1.

ebene gemessener Abstand von der Achse, so sind die rechtwinkligen Koordinaten von P

$$\begin{aligned} x &= A - N \sin i \\ y &= N \cos i \end{aligned} \quad \dots \dots \dots 1)$$

Das erste Verfahren, um eine Anzahl von Punkten P der Bildfläche zu finden, besteht darin, bei verschiedenen Einstellungen A Aufnahmen eines linienreichen Spektrums zu machen und auf jeder Platte den Abstand N der Mitte der scharf abgebildeten Strecke von der Drehachse zu messen. Damit diese scharfen Strecken recht kurz und somit ihre Mitten genau bestimmbar werden, ist es günstig, der Platte eine recht starke Neigung gegen die Bildfläche zu geben, wie dies auch in Fig. 1 angedeutet ist. Vorzüglich geeignet für diese Art der Fokussierung sind Auf-

nahmen des Sonnenspektrums, die man auf feinkörnigen Platten macht. Ist die Bildfläche selbst stark geneigt, so tritt noch eine erhebliche Vereinfachung des Verfahrens ein, wenn man die Aufnahmen bei $i=0$, d. h. bei Senkrechtstellung der Platte zur Auszugsrichtung macht; dann ist direkt $x=A$ und $y=N$.

In dieser letzteren Weise ergaben sechs Aufnahmen unter Benutzung des neuen Kameraobjektivs folgende Punkte der Bildfläche

x	y
20,00 mm	+ 53,23 mm
25,00	+ 29,63
30,00	+ 10,53
35,00	- 7,77
40,00	- 26,77
45,00	- 50,17.

Trägt man diese Punkte in ein Millimeternetz ein, so erhält man (Fig. 2, $\frac{2}{5}$ nat. Größe) die Bildfläche in ihrer natürlichen Form; man sieht, daß dieselbe völlig eben ist. Daher kann man aus obigen sechs Punkten die Gleichung derjenigen Geraden,

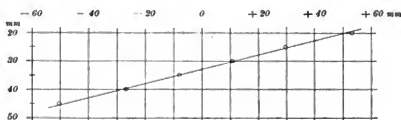


Fig. 2.

d. h. diejenige Plattenstellung bestimmen, welche sich am engsten an die Bildfläche anschmiegt. Ist A_0 die Ablesung am Auszug und i_0 die Plattenneigung bei dieser Stellung, so erhält man sechs Gleichungen von der Form

$$x = A_0 - y \operatorname{tg} i_0,$$

deren Auflösung zu den Werten führt

$$A_0 = 32,88 \text{ mm} \quad i_0 = 14,18^\circ.$$

Die Einsetzung dieser Werte läßt in den x folgende Beobachtungsfehler übrig

$$+0,57 \quad -0,39 \quad -0,11 \quad +0,16 \quad +0,36 \quad -0,56 \text{ mm.}$$

Das zweite Verfahren zur Bestimmung von Punkten der Bildfläche besteht in der Ausmessung zweier extrafokaler Aufnahmen¹⁾. Man stellt hierfür einen nahe richtigen Wert von i ein, setzt vor das Kollimatorobjektiv eine Blende, die nur zwei dem Spalte parallele, etwa 4 mm breite spaltförmige Öffnungen hat, und macht innerhalb und außerhalb des Fokus je eine Aufnahme. Die in der bekannten Weise nach der Formel

$$A = A_1 + \frac{r_1}{c_1 + c_2} (A_2 - A_1)$$

ausgeführte Berechnung liefert wieder zusammengehörige Werte von A und N , aus denen nach Formel 1) die x und y zu berechnen sind. Ich gebe hier ein vollständiges Beispiel der in dieser Weise ausgeführten Fokussierung.

Bei den Aufnahmen war $i = 14,5^\circ$, $A_1 = 18,0$, $A_2 = 38,0$.

¹⁾ Diese Zeitschr. 20, S. 56, 1900.

λ	N	r_1	r_2	A	x	y	Δ
	mm			mm	mm	mm	mm
4494	- 14,30	1,218	0,398	33,07	36,65	- 13,84	+ 0,33
4404	- 6,88	1,093	0,392	32,72	34,44	- 6,66	- 0,08
4315	+ 1,48	1,042	0,370	32,76	32,39	+ 1,43	- 0,10
4282	+ 4,82	0,992	0,346	32,83	31,62	+ 4,67	- 0,06
4260	+ 7,15	0,972	0,342	32,80	31,01	+ 6,92	- 0,10
4210	+ 12,78	0,937	0,324	32,86	29,66	+ 12,37	- 0,09
4118	+ 24,43	0,850	0,277	33,09	26,97	+ 23,65	+ 0,05
4064	+ 32,39	0,777	0,254	33,07	24,96	+ 31,36	- 0,02
4005	+ 41,86	0,720	0,228	33,19	22,71	+ 40,52	+ 0,03

Bestimmt man aus den neun Wertepaaren x, y nun wieder in der angegebenen Weise die günstigste Lage der Platte, so ergibt sich

$$A_0 = 32,85 \text{ mm} \quad i_0 = 14,09^\circ.$$

Diese Werte befinden sich fast in absoluter Übereinstimmung mit den nach der ersten Methode gefundenen Zahlen. Wie genau die Bildfläche mit der auf diese Weise bestimmten Ebene zusammenfällt, erkennt man deutlich aus den in der Tabelle unter Δ aufgeführten Darstellungsfehlern; abgesehen von dem ersten Werte, bei welchem die Messung wegen Schwäche der Linien sehr unsicher war, liegt keiner der beobachteten Bildpunkte um mehr als 0,1 mm von der Plattenebene entfernt.

Was die Anwendung dieser beiden Fokussierungsmethoden anbelangt, so hat jede ihre besonderen Vorzüge und Nachteile. Die erste Methode (Einstellung auf Schärfe) ist, wie ja auch aus den angegebenen Fehlerresten hervorgeht, bedeutend weniger genau, als die zweite. Dafür hat sie aber den Vorzug, daß sie die Bestimmung des Fokus für die ganze Ausdehnung des Spektrums erlaubt, während die extrafokalen Messungen am Rande der Platte wegen der Vignettierung des einen Strahlenbündels bei sehr schiefer Durchgänge durch den Prismensatz versagen. Außerdem setzt die letztere Methode auch voraus, daß der Apparat frei von Aberration¹⁾ ist, da nur in diesem Falle der Durchschnittspunkt der beiden Strahlenbüschel auch mit dem Fokus der vollen Öffnung zusammenfällt. Der Arbeitsaufwand ist bei beiden Methoden ziemlich gleich; bei der ersten ist eine größere Anzahl Aufnahmen zu machen, bei der zweiten genügen zwei Aufnahmen, die jedoch eine umständlichere Ausmessung und Reduktion erfordern. Hierbei muß aber bemerkt werden, daß man die hier ausgeführte Berechnung von x und y , sobald erst einmal die richtige Plattenneigung i_0 gefunden ist, nicht mehr nötig hat; man erhält dann vielmehr sofort durch einfache Mittelbildung aus den Werten A der Tabelle den gesuchten Fokus A_0 . Nach Beendigung der Voruntersuchung des Apparates wird man daher die laufenden Fokussierungen, namentlich zur Bestimmung des Temperatureinflusses, nur nach der zweiten Methode ausführen.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, will ich hier noch bemerken, daß bei Gitterspektrographen die Fokussierung durch extrafokale Aufnahmen nicht zulässig ist, also stets die erste Methode angewendet werden muß.

Zum Vergleiche mit dem vollständig geebneten Bildfelde des neuen Objektivs ist in Fig. 3, ebenfalls in $\frac{2}{3}$ nat. Größe, die Form des Bildes bei Verwendung des oben erwähnten dreiteiligen Fernrohrobjektivs an demselben Spektrographen darge-

¹⁾ Vgl. diese Zeitschr. 20. 8. 55. 1900.

stellt. Während bei letzterem eine Fokusänderung von fast 10 mm nötig war, um die verschiedenen Teile des Spektrums auf der Platte scharf zu erhalten, und selbst bei der günstigsten Einstellung nur eine Strecke von 28 mm Länge auf der Platte gemessen werden konnte, wird jetzt das ganze Spektrum von 13 cm Länge in einem Bildwinkel von 14° völlig scharf abgebildet. Hiermit ist nun auch die praktische Grenze für die

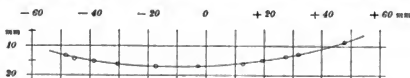


Fig. 3.

nutzbare Erweiterung der scharfen Abbildung erreicht, da die Begrenzung des auf einer Platte meßbaren Spektrums jetzt nicht mehr durch die Unschärfe des Bildes stattfindet, sondern vielmehr durch dessen Lichtschwäche, die eine Folge der bei langen Prismensätzen unvermeidlichen Vignettierung der stark geneigten Strahlenbündel ist.

Potsdam, Astrophys. Observatorium, den 18. Juli 1904.

Über Tiefsee-Umkippthermometer.

Von

Dr. Fr. Grötzmacher.

Zu den mannigfachen, bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Prüfung eingerichteten Arten von Thermometern sind in den letzten Jahren die Umkippthermometer hinzugekommen. Diese Instrumente dienen dazu, in beliebigen Meerestiefen die Temperaturen genau zu bestimmen und daraus auf etwaige Meeresströmungen und ihre Veränderungen Schlüsse zu ziehen.

Auf die verschiedenen Methoden dieser Temperaturbestimmungen mit sogenannten „trägen“, durch Hartgummi oder dergl. isolierten Thermometern, mit Maximum-Minimumthermometern, elektrischen Thermometern soll hier nur kurz eingegangen werden, da die jahrelangen Erfahrungen mit diesen Instrumenten von berufener Seite ausführlich erörtert worden sind¹⁾. Für alle Fälle brauchbar ist bisher keine dieser Methoden, da jede ihre Vorzüge und Nachteile hat.

Die sogenannten trägen (Pinsel-, Hartgummi- u. s. w.) Thermometer sind nämlich nur für Messung von Oberflächentemperaturen bis zu wenigen Metern Tiefe brauchbar. Denn in je größeren Tiefen diese Instrumente verwendet werden sollen, um so besser muß für den langen Rückweg die Isolierung sein. Um so länger muß aber auch andererseits die Expositionsdauer sein, damit man sicher ist, daß die Thermometer die zu messende Temperatur angenommen haben. Hierzu sind bei gut isolierten Instrumenten mindestens 1½ Stunden erforderlich. Das Schiff aber auf hoher See so lange auch nur annähernd auf einer Stelle zu halten, ist selten möglich, und man

¹⁾ Vgl. z. B. die Darlegungen von Prof. Martin Knudsen in *The Danish „Ingolf“-Expedition. Hydrography.* Kopenhagen 1899, von Dr. Gerhard Schott, *Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer „Valdivia“, 1898–1899.* Bd. I: Ozeanographie und maritime Meteorologie und von Fridtjof Nansen, *Some Oceanographical Results of the Expedition with the Michael Sars in the Summer of 1900.* *Nyt Magazin f. Naturvidenskab.* 39, Hft. 2. Christiania 1901.

hat bei dem Treiben des Schiffes keine Gewähr dafür, daß in der Tiefe wirklich der letzte Temperaturengleich erfolgt ist, sowie, daß später bei dem beispielsweise etwa $\frac{1}{4}$ Stunden in Anspruch nehmenden Heraufholen des Instruments aus 5000 m Tiefe (bei einer Geschwindigkeit von 2 m in der Sekunde) nicht schon wieder eine Temperaturveränderung eintrat.

Die an sich so bequemen Maximum-Minimumthermometer können ebenfalls nur beschränkte Anwendung finden. Während sich dieselben sonst für Tiefseeforschungen ausgezeichnet eignen, sind sie nämlich nicht brauchbar für polare Gewässer mit „diehothemer Schichtung“, d. h. polare Meeresgegenden, in welchen Wasserströmungen und -Schichtungen von verschiedener Temperatur neben oder über einander lagern. Außerdem müssen die Instrumente vor der Ausreise sorgfältig daraufhin ausgesucht sein, daß die Stahlstifte die richtige Reibung in der Kapillare haben. Sitzt der Stift zu fest, so geht das Quecksilber daran vorbei, sitzt er zu lose, so verschiebt er sich willkürlich durch die unvermeidlichen Erschütterungen des Lotdrahtes. In beiden Fällen erhält man also unrichtige Angaben, abgesehen davon, daß sich die Angaben der Maximum-Minimumthermometer nach Six sehr bald in wechselnder Weise durch allmähliches Ineinandergehen der beiden Thermometerflüssigkeiten verändern.

Auch verschiedene elektrische Methoden sind auf den Expeditionen der letzten Jahre versucht worden¹⁾. Die Hauptschwierigkeiten bestanden darin, daß die Galvanometer große Empfindlichkeit besitzen sollten, aber weder von den Stößen und Schwankungen des Schiffes, noch von der Änderung der Lage zum magnetischen Meridian beeinflusst werden durften. Ferner wurden die der notwendigen guten Isolierung spezifisch leichten Zuleitungsdrähte bei Strömungen erheblich abgetrieben. Trotz dieser Schwierigkeit der Verhältnisse wurden beispielsweise von der Valdivia-Expedition sorgfältige Reihenbestimmungen auf elektrischem Wege ausgeführt, welche anscheinend gute Resultate lieferten, aber schon für Tiefen von 200 m von den mit verschiedenen Thermometern ausgeführten Temperaturmessungen bis etwa 2° abwichen. Eine Erklärung hierfür konnte nicht gefunden werden. Daß die gegen den Wasserdruck geschützten Thermometer zu hoch gezeigt haben sollten, ist ausgeschlossen, andererseits widerspricht die elektrisch gemessene Temperatur — 3,1° selbst in polaren Meeren bei größerer Tiefe jeder bisherigen Erfahrung.

Neuerdings sind zwar mit den Nansenschen Schöpfmeiern (d. s. gut isolierte, mit Tiefseethermometern ausgestattete Gefäße, mit welchen das in der bestimmten Tiefe geschöpfte Wasser schnell hochgezogen wird) bei der guten Isolierung und großen spezifischen Wärme des Wassers recht gute Temperaturbestimmungen erzielt worden. Auch bieten diese Eimer ja den Vorteil, daß mit *einem* Apparat aus derselben Tiefe zugleich das für anderweitige Untersuchungen nötige Wasser beschafft wird. Immerhin hat man aber auch bei dieser Methode keine sichere Gewähr dafür, daß auf dem manehmal sehr langen Wege die Temperatur des geschöpften Wassers nicht doch erheblich beeinflusst wird.

Von allen diesen Fehlerquellen ist das Umkippthermometer unabhängig. Seiner ausschließlichen Verwendung für Tiefseemessungen standen jedoch bisher gewisse Mängel des Instruments hinderlich im Wege.

Die zuerst und seit langen Jahren von Negretti & Zambra in London verfertigten Thermometer geben im Verhältnis zu ihrer Teilung in halbe Grade gute

¹⁾ Vgl. außer den bereits genannten Expeditionen: Prof. v. Drygalski, Grönland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Berlin 1897.

Resultate. Bei den von mir bisher untersuchten Instrumenten wirkte mit wenigen Ausnahmen die Abreißvorrichtung auf einige hundertstel Grade sicher, sodaß die Korrekturen der Thermometer auf Zehntelgrade abgerundet angegeben werden konnten. Nansen verlangt aber jetzt (*a. a. O.*) für seine Untersuchungen eine Genauigkeit von $0,01^\circ$, welche mit den z. Z. vorhandenen Umkippthermometern genannter Firma nicht zu erreichen ist; denn selbst bei einer absolut zuverlässig wirkenden Abreißvorrichtung würde bei der Teilung in halbe Grade höchstens eine Genauigkeit von einem halben Zehntelgrad möglich sein.

Durch den Kustos des Instituts für Meereskunde an der Universität Berlin, Hrn. Stahlberg, sind mir in zuvorkommender Weise zu vergleichenden Untersuchungen neuerdings zwei Thermometer (Nr. 101764

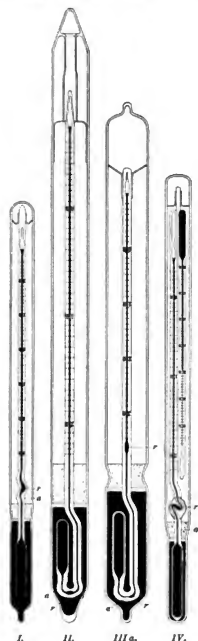


Fig. 1.

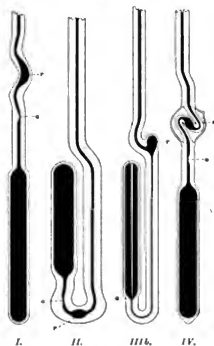


Fig. 2.

und 101765) von Negretti & Zambra-London, ein Thermometer (Nr. 51) von F. C. Jacob-Kopenhagen und ein Thermometer (Nr. 76893) von Victor Chabaud-Paris zur Verfügung gestellt worden. Außerdem lagen zwei Instrumente von C. Richter-Berlin (Nr. 495 und 496) zum Vergleich vor. Selbstverständlich lassen sich aus dem Verhalten dieser einzelnen Instrumente keine allgemeinen Schlüsse auf den Wert der von

den genannten Firmen verfertigten Umkehrthermometer ziehen. Aber es ist sehr instruktiv, die Untersuchungsergebnisse dieser Instrumente einander gegenüberzustellen.

Um die Größenverhältnisse der einzelnen Fabrikate vor Augen zu führen, sind die Thermometer in Fig. 1 in $\frac{2}{5}$ nat. Größe abgebildet worden. Die Buchstaben *a* und *r* bezeichnen stets die Abreißstelle (Verengung der Kapillare durch Einschnürung oder Glasstift) bezw. den Reserveraum, welcher nach Umkippen des Thermometers bei steigender Temperatur das nachfließende Quecksilber auffangen und an der Ver-

einigung mit der bereits abgetrennten Meßsäule verhindern soll. Zur besseren Veranschaulichung sind diese Vorrichtungen in Fig. 2 in größerem Maßstabe besonders gezeichnet worden. Der Vollständigkeit halber sind die Maße und Gewichte in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Verfertiger	I		II	III	IV	
	Negretti & Zambra, London		F. C. Jacob, Kopenhagen	Violet Chabaud, Paris	C. Richter, Berlin	
Thermometer-Nr.	101 764	101 765	51	16 893	495	496
Gewicht	98,5 g	103 g	296 g	452,5 g	90 g	94 g
Durchmesser des Rohres .	13,4 mm	13,3 mm	21,6 mm	25,1 mm	15,1 mm	15 mm
„ „ Gefäßes	13 „	12,3 „	21,6 „	25,4 „	12,5 „	12 „
Glassorte	unbekannt	unbekannt	Jena 16 ^{III}	unbekannt	Jena 16 ^{III}	Jena 16 ^{III}
Teilung	0,5°	0,5°	0,1°	0,2°	0,2°	0,2°

Die verhältnismäßig großen Abmessungen der Thermometer II und III sind durch das umgebogene Thermometergefäß bedingt. Da aber mit dem größeren Durchmesser des Umhüllungsrohres und dem größeren Gewicht des Instruments die Bruchgefahr für dasselbe ganz erheblich zunimmt, so sind in dieser Beziehung die Thermometer von Negretti & Zambra und die von C. Richter vorzuziehen. Umkip- und gewöhnliche Tiefseethermometer dieses Fabrikanten haben Druckprüfungen bis 700 kg stets ausgehalten. Die Thermometer von Negretti & Zambra sind im Kew-Observatorium mit den dortigen Druckeinrichtungen zwar nur bis etwa 440 Atm. geprüft worden, aber wahrscheinlich würden auch diese Instrumente einen erheblich höheren Druck aushalten. Ob dies jedoch bei den großen Thermometern von Jacob und Chabaud ebenfalls zutrifft, ist sehr fraglich.

Die Prüfungsergebnisse sind folgende. Die Eispunktsbeobachtungen bei dem Thermometer N. & Z. Nr. 101764 ergaben innerhalb 0,03° übereinstimmende Werte, die Abreißvorrichtung (Einschnürungsstelle in der Kapillare) wirkte also gut. Die Korrekturen des von zehn zu zehn Grad geprüften Thermometers betragen nur 0,1°. Bei dem Thermometer N. & Z. Nr. 101765 befand sich in der oberen Erweiterung eine große Luftblase, sodaß die Angaben des umgekehrten Thermometers um rund 6° zu hoch waren. Da dies Luftpolster von der darauf drückenden Quecksilbersäule wegen der Reibung des Fadens in der Kapillare verschieden komprimiert wird, so variierten die Eispunktsablesungen außerdem bis 0,3°, sodaß bei diesem Thermometer über die Güte der Abtrennstelle nichts gesagt werden kann. Beide Thermometer zeigten den von allen Tiefseeforschern bisher bei Umkippthermometern gerügten Mangel, daß beim Schütteln des Instruments das in höherer Temperatur noch nachfließende Quecksilber sich mit dem vorher abgetrennten vereinigte.

Diesen Fehler hat Knudsen seinerzeit dadurch beseitigen wollen, daß er dem Umkippthermometer eine andere Form gab, indem er (wie in Fig. 1 u. 2 unter II u. III) das Gefäß an das Thermometerrohr zurückbiegen ließ. Negretti & Zambra haben diese Knudsen'sche Form zuerst ausgeführt, und Jacob sowohl wie Chabaud dieselbe nahezu unverändert angenommen. Indem die Abtrennstellen dicht an das umgekehrte Gefäß gelegt, und gleich dahinter der Reserveraum aufgeblasen wurde, sollte eine Vereinigung des nachfließenden Quecksilbers unmöglich gemacht werden. Dies ist aber nach den Erfahrungen, welche Gerhard Schott mit derartigen Thermometern auf der Valdivia-Expedition machte, keineswegs ausgeschlossen. Im Gegenteil vereinigte sich bei dem fast stets vorhandenen Seegang und den dadurch be-

dingten Erschütterungen der Instrumente durch den Lotdraht nahezu regelmäßig das nachgestiegene Quecksilber mit dem vorher abgetrennten, sobald die Menge des ersten den Betrag von etwa 15° überstieg, d. h. also, sobald die Temperatur der Oberflächenschichten um etwa 15° höher war, als diejenige in der Tiefe des Meeres. Schott schließt daraus, daß der Reserveraum mehr als 15° Grad nachfließendes Quecksilber nicht mehr zurückzuhalten imstande sei. Man solle deshalb das Umkehrthermometer in den Tropen nur mit Einschränkung brauchen, dagegen sei es in der gemäßigten Zone, für die Messung von Oberflächentemperaturen, überhaupt für geringere Temperaturunterschiede als 15° sehr gut verwendbar und für polare Meere mit dichothermen Schichtungen, wo die übrigen Thermometer mehr oder weniger versagen, geradezu unersetzlich.

Bei dem Thermometer Nr. 76893 von Chabaud gelang es gleichfalls leicht, durch Schütteln des um 20° bis 30° erwärmten Instruments die nachgestiegene Quecksilbermenge mit dem vorher abgetrennten zu vereinigen, sodaß auch bei diesem Instrument Schotts Erfahrungen bestätigt werden. Dieser Fehler liegt aber nicht an der Knudsenschen Form des Umkehrthermometers, sondern nur an der mangelhaften Ausführung. Einerseits riß nämlich bei der Prüfung dieses Thermometers öfter die Meßsäule auseinander (was auf unreines oder lufthaltiges Quecksilber schließen läßt), wodurch die Ablesung z. B. -6° anstatt $+30^{\circ}$ ergab. Ferner wirkte die Abreißvorrichtung mangelhaft, sodaß sich bei den Eispunktsbestimmungen des in $0,2^{\circ}$ geteilten Thermometers Differenzen bis zu $0,5^{\circ}$ und bei der Prüfung bei 30° Abweichungen bis 2° ergaben. Andererseits konnte bei dem Jacobschen Thermometer (Nr. 51), welches ebenfalls nach dem Knudsenschen Prinzip angefertigt ist, nur mit großer Mühe durch energisches Schütteln und Schleudern ein Nachfließen des Quecksilbers erreicht werden. Es ist also bei diesem Thermometer der Reserveraum nicht nur groß genug, um eine Quecksilbermenge von etwa 30° zu fassen, sondern auch der Form nach geeignet, das Nachfließen des Quecksilbers unter nicht zu ungünstigen Verhältnissen zu verhindern. Die Abreißvorrichtung an diesem Instrument ist jedoch weniger gut gelungen, da die Eispunktsbestimmungen an dem in Zehntelgrade geteilten Thermometer bis $0,07^{\circ}$ von einander abwichen. Die Korrekturen des Thermometers von zehn zu zehn Grad liegen innerhalb $0,1^{\circ}$.

Als außerordentlich gute Instrumente müssen die beiden Richterschen Thermometer bezeichnet werden. Ihre Abreißvorrichtung wirkte derart sicher, daß unter vier Eispunktsbestimmungen die größte Abweichung nur $0,008^{\circ}$ betrug bei Einteilung der Instrumente in $0,2^{\circ}$. Der Reserveraum ist reichlich groß und derart zu einer S-Form ausgebildet, daß das Quecksilber nur mit größter Mühe und noch schwerer, wie aus dem Jacobschen Thermometer, daraus entfernt werden konnte. Zum Schutze ist über diesen S-Bogen noch ein besonderes Gefäß geblasen. Die Erweiterung am Ende der Richterschen Umkippthermometer ist jetzt nach mehrfachen Versuchen passend geformt und nicht ganz luftleer gemacht, sodaß aus derselben die abgetrennte Quecksilbermenge durch einen leichten Stoß des Instruments auf eine elastische Unterlage (Handfläche) zwecks Neueinstellung bequem entfernt werden kann. Ist nämlich die Erweiterung, wie bei Normalthermometern gebräuchlich, birnförmig oder absolut luftleer, so hält es bei Umkippthermometern sehr schwer, das Quecksilber wieder daraus zu entfernen. Läuft aber die Erweiterung spitz aus, oder enthält dieselbe Luft, dann wird sie vom Quecksilber nicht dicht anschließend ausgefüllt und gibt zu variablen Angaben des Instruments Veranlassung. Das Volumen dieser Erweiterungen wird am besten auf etwa 80° gebracht, d. h. in ein passendes

Verhältnis zum Reserveraum und dem möglichen Temperaturumfang. Die Dimensionen größer zu wählen, ist nicht ratsam, da mit der größeren Quecksilbermenge auch der Fehler für die nachträgliche Temperaturkorrektur des Fadens (sogen. „sekundären Thermometers“) zunimmt. Um die abgetrennte Quecksilbermenge nachträglich reduzieren und ihre zeitige Temperatur bestimmen zu können, ist die Größe der Erweiterung auf letzterer angegeben, und im Umbüllungsrohr ein besonderes Fadenthermometer entsprechend eingeschlossen. Sollte trotzdem auf diese Weise die Temperatur der abgetrennten Quecksilbermenge um 1° falsch bestimmt werden, so beträgt der hieraus entstehende Fehler bei der oben angenommenen Größe der Erweiterung nur etwa 0,01°.

Die Prüfungsergebnisse der beiden Richterschen Thermometer sind folgende.

Zentral-Laboratorium für die internationale Meeresforschung, Christiania. Sept. 1903.				Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Charlottenburg. März-April 1904.		
bei Grad C.	Korr. für Nr. 495	bei Grad C.	Korr. für Nr. 496	bei Grad C.	Korrektion für	
					Nr. 495	Nr. 496
- 3 bis + 12,5	- 0,02	- 3 bis - 2,5	0			
+ 12,5 „ + 16	- 0,03	- 2,5 „ - 0,5	- 0,01	0	- 0,03	- 0,01
+ 16 „ + 19	- 0,04	- 0,5 „ + 9,5	- 0,02			
+ 19 „ + 22	- 0,05	+ 9,5 „ + 14,5	- 0,01			
+ 22 „ + 26	- 0,06	+ 14,5 „ + 18	- 0,02	+ 20	- 0,06	- 0,05
+ 26 „ + 27	variierend	+ 18 „ + 21	- 0,03			
		+ 21 „ + 23	- 0,04			

Die geringen Abweichungen in den Resultaten beider Prüfungen sind teils durch einen kleinen Anstieg in den Angaben der Instrumente und durch die Abrundung der Korrekturen zu erklären, teils liegen sie bei der Skalenteilung in 0,2° innerhalb der Beobachtungsfehler. Ähnlich ausgezeichnete Resultate sind übrigens seit Jahr und Tag bei den amtlichen Prüfungen einer großen Anzahl von Richterschen Thermometern erhalten worden.

Man sieht hieraus also, daß es möglich ist, für *alle* Tiefseemessungen brauchbare Umkippthermometer herzustellen. Sobald nun entsprechend den Fortschritten in der Güte der Thermometer auch die von verschiedenen Forschern angestrebten Verbesserungen der Umkipprahmen geglückt sein werden, und so die Bruchgefahr nach Möglichkeit eingeschränkt ist, werden für die Messung von Tiefseetemperaturen die Umkippthermometer voraussichtlich an erster Stelle stehen.

Charlottenburg, August 1904.

Einrichtung zum Schutz und zur schnellen und bequemen Auswechslung von Fäden (Drähten) für Instrumente jeder Art mit Fadenaufhängung.

Von

Otto Toepfer & Sohn in Potsdam.

Die mit Fadenaufhängung versehenen Instrumente (Magnetometer, Galvanometer u. s. w.) besitzen den Übelstand, daß die höchst empfindlichen Fäden beim Ein- und Ausführen in die Torsionsröhre sehr häufig zerbrechen bzw. zerreißen, und hierdurch, da derartige Fäden infolge der Schwierigkeit ihrer Herstellung ziemlich

teuer sind, ein nicht unbedeutender Verlust entsteht. Ganz besonders tritt dieser Übelstand dann auf, wenn z. B. bei Benutzung von Magnetometern zwecks Errichtung einer neuen Station erst eine Anzahl Fäden auf Stärke, Torsion u. s. w. ausprobt werden müssen. Der hierbei durch Bruch der Fäden entstehende Verlust ist unter Umständen sehr beträchtlich, abgesehen von dem weiteren Übelstande, daß häufig ein neuer Faden für die Untersuchung nicht sofort zur Hand ist.

Auf Anregung und mit Unterstützung des Kgl. Meteorologisch-Magnetischen Observatoriums zu Potsdam wurde deshalb von uns eine Einrichtung konstruiert, welche die oben erwähnten Übelstände insofern ausschließt, als der zu untersuchende Faden ständig in einer Schutzhülse angeordnet ist, welche am unteren Ende mit einer Klemmvorrichtung versehen ist. Diese letztere gibt den Faden nach vollständiger Einführung der Schutzhülse in die Torsionsröhre selbsttätig frei, sodaß die Untersuchung sofort beginnen kann. Ergibt sich die Notwendigkeit einer Auswechslung des Fadens, so hat man nur die Schutzhülse wieder herausziehen, nachdem durch eine entsprechende Vorrichtung der Faden, solange sich die Schutzhülse noch in der Torsionsröhre befindet, festgeklemmt worden ist, und durch eine neue, mit einem anderen Faden versehene Schutzhülse zu ersetzen. Das Zerreißen der Fäden wird auf diese Weise durchaus sicher vermieden, da dieselben infolge ihrer festen Verbindung mit der Schutzhülse gewissermaßen als starre Stange in die Torsionsröhre eingeführt bzw. herausgezogen werden.

Wie aus der Figur ersichtlich ist, besteht die Einrichtung zunächst aus einer dünnwandigen Hülse *a*, an deren oberem Ende sich ein Gewindeteil mit der aus zwei Backen bestehenden Fadenklemmung befindet. An dem unteren Teil der Hülse *a* sind zwei oder mehr durch Einschnitte hergestellte, nach außen federnde Streifen vorgesehen, die an der Innenseite kleine gekerbte Metall- oder Elfenbeinbacken tragen. Durch eine auf der Hülse *a* verschiebbare Muffe *b* lassen sich die federnden Streifen zusammendrücken und klemmen dadurch den am Faden befindlichen Oberteil vom Gehänge des jeweiligen Instrumentes.

Ferner befindet sich auf der äußeren Torsionsröhre *c* eine verschiebbare Hülse *d*, welche zweckmäßig mit zwei gegenüberliegenden, nach außen federnden Knöpfchen versehen ist. Diese Knöpfchen ragen gewöhnlich in zwei in der Torsionsröhre befindliche passende Längsschlitze hinein, lassen sich jedoch durch einen geringen Druck mit der Hand in die freie Öffnung der Torsionsröhre *c* so weit hineinbewegen, daß ihre zylindrischen Enden beim Einführen der Hülse *a* in die Torsionsröhre die darauf befindliche Muffe *b*, welche die federnden Streifen zusammengeklemmt hält, festhalten, sodaß mithin die Streifen bei weiterer Abwärtsbewegung der Hülse *a* von der Muffe *b* frei werden und auseinander federn können.

Will man, nachdem ein Faden untersucht worden ist, denselben auswechseln, so wird zunächst die auf der Torsionsröhre *c* befindliche Hülse *d* hochgeschoben, so weit, daß die Knöpfchen über der Muffe *b* zu liegen kommen, wie dies in Fig. 2 in punktierten Linien dargestellt ist. Nachdem man die Knöpfchen hineingedrückt hat, bewegt man die Hülse *d* und damit auch die Muffe *b* nach unten, sodaß die letztere die federnden Streifen der Hülse *a* zusammenklemmen und den darin befindlichen Faden sichern muß. Nach Freigeben der Knöpfchen kann nunmehr die Hülse *a* ohne weiteres aus der Torsionsröhre *c* entfernt werden, ohne daß der Faden in irgend welcher Weise eine Beschädigung erleiden kann.

Mittels des an dem oberen Teil der Schutzhülse *a* befindlichen Gewindeteils läßt sich dieselbe leicht an dem jeweiligen Torsionskopf anschrauben; die Anordnung

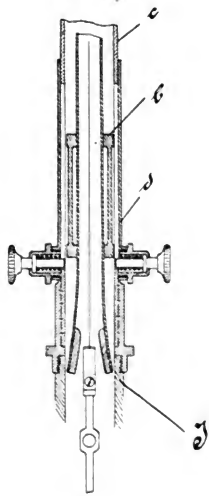
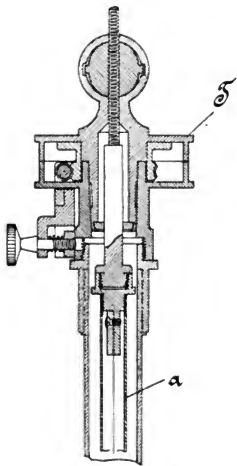


Fig. 1.

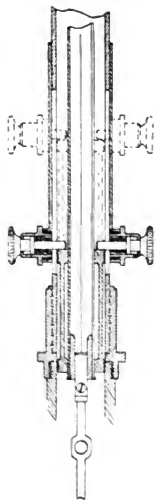
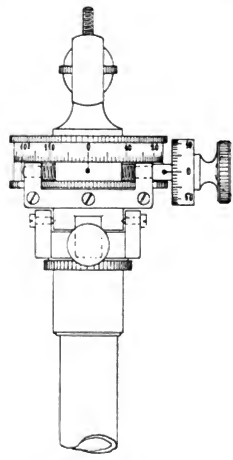


Fig. 2.

dieser Hülse in dem betreffenden Instrument kann also außerordentlich leicht bewerkstelligt werden. Abgesehen von dem leichten Ein- und Ausführen der Fäden in das Instrument gewährt die Schutzhülse *a* aber auch während des Transportes sicheren Schutz gegen Beschädigung des darin befindlichen Fadens.

Besonders bei Expeditionen wird sich diese Einrichtung insofern gut bewähren, als man in der Lage ist, eine größere Anzahl fertig aufgezogener und tarierter Fäden mit sich zu führen; bisher mußte aber gerade das Aufziehen neuer Fäden meist ohne genügende Hilfsmittel auf den oft unter schwierigen Verhältnissen errichteten Stationen geschehen.

Referate.

Die Yerkes-Sternwarte.

Engineering 77. S. 593. 1904.

Die genannte Zeitschrift bringt einen mit zahlreichen Figuren ausgestatteten Artikel über die unweit Chicagos gelegene, zur Universität Chicago gehörige Yerkes-Sternwarte und besonders über das dort aufgestellte größte astronomische Fernrohr der Welt. Zwar wird dasselbe mit seinen 102 cm Objektivöffnung und 19 m Brennweite noch von dem für die letzte Pariser Weltausstellung gebauten Fernrohr von 125 cm Objektivöffnung und 60 m Fokallänge bezüglich der Dimensionen weit übertroffen, da man jedoch von den Leistungen des letzteren Fernrohres gar nichts hört, so dürfte man, wie Ref. von vornherein nicht anders erwartete (vgl. diese Zeitschr. 19. S. 153. 1899), es als mißlungen betrachten und von einem Vergleich desselben mit den großen Fernrohren, welche der Wissenschaft bedeutende Dienste geleistet haben, am besten ganz absehen.

Die Glasscheiben für die Flint- und Kronglaslinse sind von Mantois in Paris gegossen; geschliffen wurden sie von Alvan G. Clark in Cambridgeport, Mass. Die bikonvexe Kronglaslinse ist in der Mitte 6 cm dick, am Rand etwa 2 cm, die nahezu plankonkave Flintglaslinse in der Mitte 4 cm, am Rand 5 cm. Das Gewicht der beiden Linsen ist 100 und 150 kg. das Gewicht des Rohrstückes, in welches die Linsen, etwa 22 cm voneinander abstechend, gefaßt sind, mit den Linsen zusammen etwa 500 kg.

Die Montierung rührt von Warner & Swasey in Cleveland, Ohio, her, welche auch die Zeichnungen für die Kuppel geliefert und der King Bridge Company in Cleveland, Ohio, die die Kuppel und den in Höhe verstellbaren Fußboden gebaut hat, mit ihrem Rat zur Seite gestanden haben.

Das Fundament für das 70 Tonnen wiegende Instrument besteht aus einem Zementblock von $10 \times 7,5$ Quadratmeter Fläche und 1,5 m Dicke, auf dem sich der 6,4 m hohe, nach oben sich etwas verjüngende Backsteinpfeiler erhebt. Er trägt die aus fünf aufeinander gesetzten gußeisernen Kästen bestehende Säule des Instrumentes. Nach der Nordseite hin ladet der Fuß der Säule etwas weiter aus, weil das Hauptgewicht des Instruments auf dieser Seite der Säule ruht. Im Inneren des obersten Kastens befindet sich das Uhrwerk zur Bewegung des Rohres, auf ihm sitzt das mit dem Lager für die Polarachse versehene Kopfende der Säule. Die Korrektur der Neigung der Polarachse geschieht durch keilförmige Eisenklötze, welche unter dieses Kopfende gebracht werden, die Korrektur in Azimut durch vier seitlich auf das Kopfende wirkende Schrauben.

Zur genäherten Einstellung des Fernrohres in Rektaszension und Deklination dienen zwei an der Nordseite des Säulenkopfes neben einander angebrachte Handräder, welche von einer durch eine Wendeltreppe zugänglichen, den Säulenkopf umgebenden Galerie gehandhabt werden.

Die Polarachse ist aus Stahl geschmiedet und, bei einem Gewicht von $3\frac{1}{2}$ Tonnen, etwa 4 m lang; am oberen Ende mißt sie 40 cm, am unteren etwa 30 cm im Durchmesser. Im

Innern ist sie hohl, um einem zur Bewegung des Fernrohres in Deklination dienenden, sie durchdringenden Schafte Raum zu geben. Zur teilweisen Entlastung des Lagers ist die Polarachse in der Nähe ihres oberen wie ihres unteren Endes von je einem Kranz von sechzehn Rollen umgeben, die der leichteren Beweglichkeit halber selbst wieder mit Kugellagerung versehen sind. Sowohl mit dem Kranz der oberen Rollen wie mit dem der unteren Rollen ist ein Hebel verbunden, sodaß die oberen Rollen von unten gegen die Polarachse drücken und das Lager entlasten, die unteren Rollen aber von oben zur Erreichung desselben Zweckes. Den von der Polarachse noch nach ihrem unteren Ende ausgeübten Druck nehmen zwei Kränze von Kugeln auf, die sich bei Rotation der Polarachse in Rinnen bewegen.

In ähnlicher Weise ist auch die Deklinationsachse unterstützt, um sich in ihrem Lager leichter bewegen zu lassen. Da jedoch der Druck des Instrumentes auf die Deklinationsachse ganz verschieden ist, je nachdem die letztere horizontal oder stark gegen den Horizont geneigt ist, so ist mit dem Ring von Rollen, welcher die Deklinationsachse in der Nähe des dem Fernrohr zugewendeten Endes umgibt, ein System von Hebeln und Gewichten verbunden, wodurch der Druck der Rollen auf die Deklinationsachse stets auf das zulässige Maß herabgemindert wird, welches auch die Größe und Richtung des Druckes sei.

Die rohe Einstellung des Fernrohres in Rektaszension und Deklination erfolgt von der den Kopf der Säule umgebenden Galerie aus entweder durch Handräder oder durch zwei im Innern der Säule neben dem Uhrwerk aufgestellte Elektromotoren. In Rektaszension wird durch eine volle Umdrehung des betreffenden Handrades das Fernrohr um 12 Minuten bewegt, in Deklination durch eine Umdrehung des zugehörigen Handrades um 2 Grad. Will man elektrische Kraft anwenden, so drückt man zur Bewegung des Fernrohres in Rektaszension auf den einen, zur Bewegung in Deklination auf den anderen von zwei Knöpfen so lange, bis das Fernrohr in die gewünschte Lage gekommen ist. Mit dem Druck auf den Knopf hört auch die Bewegung des Fernrohres auf. Auch vom Fußboden aus läßt sich mittels einer Schnur der Kontakt herstellen und so das Instrument in Rektaszension und Deklination bewegen. Da bei der groben Einstellung in Rektaszension und Deklination mittels der Elektromotoren die durch Hand mögliche Grobbewegung des Fernrohres arretiert sein muß, so ist die Einrichtung so getroffen, daß durch Schluß des Stromes zur Bewegung des Fernrohres gleichzeitig eine bei der Bewegung durch Hand sich drehende Achse gekiemt wird. Die Bezifferung des Stundenkreises auf der Polarachse und des Deklinationskreises auf dem Mantel der Deklinationsachse nahe ihrem vom Fernrohr abliegenden Ende ist so groß und deutlich, daß sie sich von der Galerie aus bequem erkennen läßt.

Um das Fernrohr durch das Uhrwerk treiben zu lassen oder um eine Feinbewegung in Rektaszension auszuführen, kann die Klemmung der Polarachse auf elektrischem Wege mittels eines sehr kräftigen Elektromagneten oder mit der Hand durch Anziehen einer Schraube geschehen. In beiden Fällen wird ein Bogenstück, das aus einem Ring, welcher die Polarachse umgibt, herausgeschnitten ist, gegen die letztere gepreßt. Die Anziehung des Elektromagneten ist hierbei nur eine momentane, festgehalten wird das erwähnte Bogenstück dann durch einen einschnappenden Haken. Durch momentanen Stromschluß wird die Klemmung auch wieder aufgehoben.

Wie die Grobbewegung kann auch die Feinbewegung in Rektaszension sowohl durch Hand als auch durch den elektrischen Strom ausgeführt werden.

Die Klemmung und Bewegung des Fernrohres in Deklination findet in ganz analoger Weise wie in Rektaszension statt. Eine Komplikation tritt bei der groben Einstellung in Deklination allerdings dadurch ein, daß ein die Bewegung übertragender Schaft durch die Polarachse hindurchgeführt ist und sich in dieser nicht bewegen darf, wenn sie selbst rotiert, weil in diesem Falle eine Bewegung des Rohres in Rektaszension auch ohne solche in Deklination zur Folge haben würde. Der Schaft darf sich in der Polarachse vielmehr nur drehen, wenn dem Fernrohr eine Deklinationsbewegung erteilt werden soll.

Die Feinbewegung des Fernrohres findet selbst auf elektrischem Wege so exakt statt, daß ein Stern, wenn er durch das Gesichtsfeld geführt wird, zum sofortigen Stillstand hinter dem Faden gebracht werden kann.

Das Uhrwerk wird durch ein Gewicht von etwa 400 *kg* getrieben, welches jede Minute um 45 *cm* fällt. Der Aufzug erfolgt ohne Störung des Ganges entweder von Hand oder elektrisch und zwar in letzterem Falle automatisch, indem er beginnt, bevor das Uhrwerk abgelaufen ist und von selbst aufhört, wenn das Drahtseil aufgewunden ist. Der Regulator des Uhrwerks trägt statt der gewöhnlich angewandten Kugeln zwei bei Vermehrung der Geschwindigkeit sich hebende Scheiben, die etwas exzentrisch durchbohrt sind, sodaß durch Drehung der Scheiben um ihre exzentrischen Achsen eine äußerst feine Gangregulierung bewirkt werden kann. Um nicht eine vollständige Neuregulierung vornehmen zu müssen, wenn man von der Fixsternbeobachtung zur Sonnen- oder Mondbeobachtung übergeht, sind dem Uhrwerk drei Regulatoren beigegeben, die man gegen einander austauscht.

Der Okularauszug mit all seinem Zubehör ist auf einem Gußstück befestigt, welches mit dem Tubusende verschraubt ist. Die Löcher für diese Schrauben sind weiter ausgebohrt, als zum Durchstecken der Schrauben nötig wäre, damit durch Verschiebung des Gußstückes die Visierlinie senkrecht zur Deklinationsachse gebracht werden, der Kollimationsfehler des Instrumentes also möglichst klein gemacht werden kann. Die angewandten Vergrößerungen liegen zwischen 230 und 3750, doch können die stärksten Vergrößerungen nur bei ganz ausnahmsweise guter Luft benutzt werden.

Der Raum, in welchem das Instrument untergebracht ist, besteht aus einem Turm von 28 *m* Durchmesser und 16 *m* Höhe und einer ihn bedachenden Kuppel, die unten bis zu einer Höhe von etwa 3 *m* zylindrisch, von da ab halbkugelförmig ist. Es soll durch diese der Kuppel gegebene Gestalt ein gefälligerer Anblick erzielt werden, als wenn sie schon vom Rand an halbkugelig wäre. Ein horizontal durch die Kuppel gelegter Querschnitt bildet übrigens nicht einen exakten Kreis, sondern ein Polygon, da die Rippen durch ebene Bretter miteinander verbunden sind, welche letztere als Unterlage für die Zinnblechbedachung dienen. Um den Turm herum, 13 *m* über dem Erdboden, führt ein Balkon, von dem aus man sich einen Überblick über den Himmel verschaffen kann.

Der für die Beobachtungen zu öffnende Spalt ist 3,6 *m* breit und reicht vom Rande der Kuppel bis 1,5 *m* über das Zenit hinaus. Der Verschuß wird durch zwei Rahmen hergestellt, die auf tangential zur Kuppel liegenden Schienen verschiebbar sind, eine Länge von 26 *m* und ein Gewicht von je 9 Tonnen haben. Trotz ihrer großen Masse würde ein direkt auf sie wirkender Druck von 35 *kg* zu ihrer Bewegung hinreichen; das Handrad, das dazu benutzt wird, bedarf nur eines Druckes von wenigen Kilogramm. Für den Fall, daß die vom Horizont bis zum Zenit reichende Spaltöffnung dem Wind zu viel Einlaß gewährt oder aus sonstigen Gründen zu groß erscheint, kann sie durch Leinwand-Jalousien bis auf die unbedingt notwendige Öffnung wieder geschlossen werden.

Die Kuppel läuft auf 26 Rädern, deren Achsen sich wieder auf Rollen bewegen. Gegen seitliche Verschiebung schützen horizontal liegende, von innen gegen den Kuppelrand wirkende Rollen. Trotz ihres Gewichtes von 140 Tonnen läßt sich die Kuppel unsicher durch Zng an einem Seil mit Hand oder auch durch elektrische Kraft bewegen.

Eine große Annehmlichkeit für den Beobachter bildet der in Höhe um 7 *m* zu verstellende Fußboden. In seiner tiefsten und höchsten Lage befindet er sich im Niveau einer im Innern des Turmes an der Wand entlang laufenden Gallerie, die 6 bzw. 13 *m* über dem Erdboden liegt; letztere ist daher in gleicher Höhe mit dem früher erwähnten äußeren Balkon. Der Durchmesser dieses verstellbaren Podestes ist 23 *m*; seine Bewegung geschieht, da es durch ein Gewicht ausbalanciert ist, sehr leicht mittels eines Handrades.

Die Montierungen der großen Fernrohre auf der Lick-Sternwarte und auf der Yerkes-Sternwarte gereichen der Firma Warner & Swasey zur höchsten Ehre. Es ist für den Ref. auch keinem Zweifel unterworfen, daß unsere Technik noch größere Fernrohre mit aller nur wünschenswerten Exaktheit in der bisher üblichen Weise als Äquatoreale

zu montieren und mit einer gut funktionierenden Kuppel zu überdachen instande ist. Doch möchte er glauben, daß man für die Anwendung solch großer optischer Mittel in nicht allzulanger Zeit zu einer anderen Aufstellungsweise übergehen wird, bei der das Fernrohr natürlich ebenfalls durch ein Uhrwerk der Bewegung des Himmels nachgeführt, bei der aber die große Kuppel, deren Konstruktion jetzt nicht weniger schwierig und nicht weniger teuer als die des Fernrohres selbst ist, vermieden wird. *Ka.*

Über die bei Anwendung des Lotstativs und Stahlbandes erzielte Genauigkeit.

Von E. Handel. *Zeitschr. f. Vermess.* 32, S. 457, 1903.

Der Verf. setzt seine früheren Mitteilungen über die bei Anwendung des Meißnerschen „starrten Lotes“ zur Zentrierung des Theodolits (seit 15 Jahren in Leipzig gebraucht) und des Stahlbands zur Längenmessung bei der Polygonisierung in Leipzig fort (vgl. *Zeitschr. f. Vermess.* 24, S. 129, 1895), indem er die seither gewonnenen Resultate mit berücksichtigt, die sich nun außer auf die Blockpolygonisierung auch auf größere nicht überbaute Gelände im Blocknetz der Leipziger Stadtvermessung beziehen. Zur Seltenmessung ist innerhalb der Baublöcke das mit der Hand angezogene und gehaltene dünne Kapselstahlband (13 mm breit, 0,2 mm dick) gebraucht worden, im freien Gelände meist das starke Stabstahlband (20 mm breit, 0,4 mm stark) mit Endringen für Stäbe. Der Verf. fand einmalige jährliche Etalonierung der Bänder genügend; der stets angewandte Zug war $7\frac{1}{2}$ kg.

Für die Differenzen d der Doppelmessungen der Strecken l Meter bei aufeinander folgender Hin- und Rückmessung mit demselben Band und durch dieselben Personen fand der Verf., daß die folgenden Beträge „nur selten“ überschritten wurden:

Gelände	Messung mit	Grenzwert für d
Bebaute Flächen	Kapselband auf geschnürten Linien	$2\sqrt{l}$ mm
Landwirtschaftliche Flächen . .	Stahlband auf ungeschnürten Linien	$4\sqrt{l}$ „
Waldflächen	„ „ „ „	$5\sqrt{l}$ „

Die Winkelfehler und die Anschlußfehler der geschlossenen Züge der innern Stadt (mit meist sehr kurzen Seiten), ohne Rücksicht auf Gestalt der Züge, und nach der Größe des Winkelabschlußfehlers geordnet, zeigt folgende Tabelle:

Winkelabschlußfehler in Minuten	Zahl der Züge	Durchschnittszahl der Polygonwinkel in einem Zug	Durchschnittl. Zugsseitenlänge	Linearer Anschlußfehler in mm	
				Durchschnitt	Maximum
0 bis 1	147	3,9	67 m	14	63
1 „ 2	64	4,4	56	16	41
2 „ 3	33	4,6	45	17	36
3 „ 5	17	5,6	53	18	41
5 „ 7	10	5,4	52	13	22
7 „ 11	5	5,2	29	12	14
	276				

Diese Tabelle der innern Blockzüge mit sehr kurzen Seiten wird durch eine weitere ergänzt, alle Züge, die gemessen sind, auch auf freiem Gelände, umfassend, und Gelände, Messungsart, Form der Züge, mittleren Fehler eines Brechungswinkels, linearen Schlußfehler und getrennte Längen- und Querfelder angehend. Die Ergebnisse der obigen zweiten Tabelle werden bestätigt; sie sprechen allerdings laut genug für die Nützlichkeit des Meißnerschen Stativs mit starrem Lot statt des Schnurlotes. Bei den Zügen mit Kapselbandmessung der Seiten überwiegen etwas die positiven Längenfehler, was hier auf einseitige Bandspannungsfehler weist, die bei dem gewöhnlichen Stahlband nicht erkennbar sind.

Im ganzen findet der Verf., daß die Leipziger Blockpolygonisierungs-Hilfsmittel, Lotstativ und Kapselstahlband, ihrem Zweck sehr gut gerecht geworden sind, obgleich die Messungen nur in denselben Wiederholungszahlen gemacht wurden, die für jede gewöhnliche Katastermessung üblich sind, und weil diese Messungen weniger Zeit als bei Anwendung des Schnurlots zur Zentrierung und auch etwas weniger Zeit als bei Verwendung von Latten beansprucht haben.

Hammer.

Bemerkungen über die Schwerekorrektion bei den barometrischen Höhenmessungen.

Von J. Hann. *Petersmanns Geogr. Mitteilg.* 49. S. 163. 1903.

Der Verf. bespricht eingehend die Schwerekorrektion der Ablesung am Quecksilberbarometer. Die „Schwereabnahme“ (Abnahme von g) beträgt für einen Punkt in der Meereshöhe h in freier Luft $0,000000314 \cdot h$, dagegen, wenn der Beobachtungspunkt der Erdoberfläche angehört, wegen der Verminderung jener Abnahme durch die Attraktion der unterliegenden Erdschichten bis zum Meeresniveau, nach der gewöhnlichen Annahme nur $0,000000196 \cdot h$. Dabei ist nach Bouguer die Verstärkung der Attraktion (Verminderung der Abnahme) gleich $\frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma}{s} \cdot \frac{h}{R}$ gesetzt, sodaß die Schwereabnahme mit der Höhe lautet

$$1 - \frac{2h}{R} + \frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma}{s} \cdot \frac{h}{R} = 1 - \frac{2h}{R} \left(1 - \frac{3}{4} \frac{\sigma}{s}\right)$$

(Youngsche Regel der Engländer), worin σ die Dichte der Gesteinsschichten, s die des Erdkörpers, R den Erdradius bedeuten, und wo gewöhnlich $\sigma/s = 1/2$ gesetzt wird, wie es bei der angegebenen Zahl $0,196 \cdot 10^{-6}$ geschehen ist.

Nun weist Hann darauf hin, daß die neuern Untersuchungen über die Verteilung der Intensität der Schwerkraft die Bouguersche Regel nicht bestätigt haben; die großen sichtbaren Gebirgsmassen scheinen durch darunter befindliche „Massendefekte“ kompensiert zu sein, und anderseits zeigte sich ganz neuerdings die Schwere über der Tiefsee normal, sodaß hier eine Kompensation durch größere Dichte der Schichten des Meeresbodens vorhanden sein muß. Oberst von Sterneck fand in Österreich einen Schwereabnahmekoeffizienten mit der Höhe von $0,308 \cdot 10^{-6}$, der also sehr nahe mit dem von $0,314 \cdot 10^{-6}$ in der freien Atmosphäre übereinstimmt, nicht mit der Bouguerschen Formel. Trotzdem wäre es nicht richtig, jenen Faktor für die Schwereänderung in die barometrische Höhenformel einzuführen, denn die einzelnen Massenerhebungen (Berge) sind nicht kompensiert, und bei der barometrischen Höhenmessung von Bergen und von Erhebungen über die Kontinentalplatte hat man deshalb mit einer verringerten Schwereabnahme zu rechnen.

Die zahlreichen jetzt vorhandenen relativen Schwerebestimmungen benutzt nun Hann zur empirischen Berechnung dieser verringerten Schwereabnahme und zwar die Messungen von v. Sterneck auf Strecken in den Ost-Alpen und am Südrand des Riesengebirges (zahlreiche Koeffizienten zwischen $0,18$ und $0,26 \cdot 10^{-6}$), von Messerschmitt an Schweizer Bergen (durchschnittlich $0,21 \cdot 10^{-6}$), von Defforges u. A. in den französischen Alpen ($0,22$ bis $0,26$), von Putnam am Pikes Peak in den Rocky Mountains ($0,22$), von Preston auf Hawaii ($0,19$ bis $0,23$), von Mendenhall am Fusijama ($0,25$). Als Mittel der angegebenen Zahlen findet sich, wenn die Höhenunterschiede, aus denen sie gewonnen sind, als genäherte Gewichte angenommen werden,

$$\begin{array}{l} 0,00000022 \cdot h \text{ als Schwereabnahme an Bergen,} \\ \text{gegen } 0,000000314 \cdot h \text{ „ „ „ im Ballon.} \end{array}$$

Der erste Faktor kommt also bei der barometrischen topographischen Höhenmessung in Betracht, wobei die zwei Fälle zu unterscheiden sind, ob die untere Station in der Höhe 0 oder in der Höhe z über dem Meer liegt.

Im ersten Fall ist die Schwerekorrektion der berechneten Seehöhe

$$\left(0,22 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{h}{2}\right) h \quad \text{oder in Meter} \quad 0,11 \cdot h^2,$$

wenn die Meereshöhe h in Kilometer genommen wird. Die Korrektur beträgt also $0,04\%$ der gemessenen Höhe, also weniger als durch den Fehler 1 mm im mittleren Dampfdruck der Luftsäule entsteht (Einfluß $0,05$ und $0,07\%$ bei 760 und 560 mm Luftdruck).

Im zweiten Fall, untere Station in der Meereshöhe z , könnte man (z und h in km) rechnen nach

$$\begin{aligned} \text{Schwereabnahme} &= 0,11(2z + h)h \\ \text{oder} &= (0,314z + 0,11h)h; \end{aligned}$$

man wird die erste einfachere Formel, die im allgemeinen auch die richtigere sein wird, vorziehen.

Die Schwerekorrektur des Quecksilberbarometerstands b in der Seehöhe h ist nach den vorstehenden Rechnungen Hanns also

$$\begin{aligned} -0,000000220 \cdot b h & \text{ auf Bergen,} \\ -0,000000314 \cdot b h & \text{ in freier Luft („über der Kontinentalplatte“).} \end{aligned}$$

Hammer.

Ausdehnung des Wassers in Temperaturen zwischen 50° und 100° .

Von M. Thiesen. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* 4. S. 1. 1904.

Die Arbeit bildet eine Fortsetzung der mit Scheel und Diesselhorst ausgeführten, von welcher in *dieser Zeitschr.* 20. S. 345. 1900 ein Auszug veröffentlicht worden ist. Auch im vorliegenden Falle wurde die Ausdehnung des Wassers nach der Methode der kommunizierenden Röhren bestimmt. Der benutzte Apparat war der Hauptsache nach der gleiche wie früher (vgl. die Figur a. a. O. S. 346). Wesentlich war, daß unter dem Zwange der veränderten Versuchsbedingungen auf den systematischen Wechsel der Temperaturen links und rechts verzichtet und lediglich die Temperatur des linken Bades variiert wurde, während das rechte Bad sich dauernd auf Zimmertemperatur befand. Hierdurch wurde eine besondere Vorrichtung nötig, um den Indexfehler des Manometers zu bestimmen, d. h. die Differenz der Nullpunkte der Teilungen in beiden Manometerkammern gegen die durch das gemeinsame Wasserniveau gegebene Horizontale unter beiderseits gleichen Bedingungen; diese Vorrichtung wird später noch erwähnt werden.

Abgesehen hiervon war die Veränderung des früher benutzten Apparates hauptsächlich dadurch bedingt, daß das linke, auf veränderlicher Temperatur gehaltene Bad mit Dämpfen verschiedener Flüssigkeiten anstatt mit temperiertem Wasser geheizt wurde.

Zu diesem Zwecke wurde an den Zu- und Ablauf dieses Bades (Fig. 1) ein $2,5\text{ cm}$ weites Kupferrohr mit Dampfessel K angelötet, in welchen die Flüssigkeit durch das Zweigrrohr Z eingefüllt und aus welchem sie durch den Hahn H abgelassen werden konnte. Kondensflüssigkeit im inneren Mantel des Bades wurde durch kleine Löcher in den äußeren Mantel geleitet

und von hier zugleich mit dem im äußeren Mantel entstandenen Kondensat durch das Kupferrohr R abgeführt. Die Zirkulation des Dampfes in dem Bade erfolgte in derselben Weise wie diejenige des Wassers bei der früheren Anordnung.

Das vollkommen neu hergestellte Röhrensystem bestand aus 4 mm weitem Kupferrohr, vier Ebonitklötzen wie früher zur Verminderung der Wärmeleitung und nur einem Manometer (Wasserkasten) unten. Das früher noch vorhandene zweite obere Manometer war der Vereinfachung halber aufgegeben. In Fig. 2 ist eine Ansicht des oberen und unteren horizontalen Teiles des kommunizierenden Röhrensystems wiedergegeben. Hier bedeuten E die

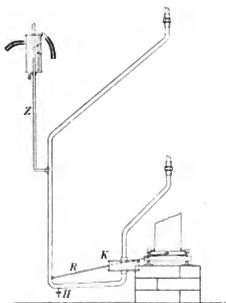


Fig. 1.

Ebonitklötze und K vier Klemmen, welche die horizontalen Zweige in einiger Entfernung von den Bödem stützen und ihre genaue Horizontierung ermöglichen. Zwischen diesen Klemmen war das obere Rohr in einer nahezu horizontal laufenden Schleife S -förmig gebogen, um kleine Höhenunterschiede zwischen rechts und links auszugleichen. Einem ähnlichen Zwecke dienen gebogene Rohrstücke U im unteren Horizontalzweige.

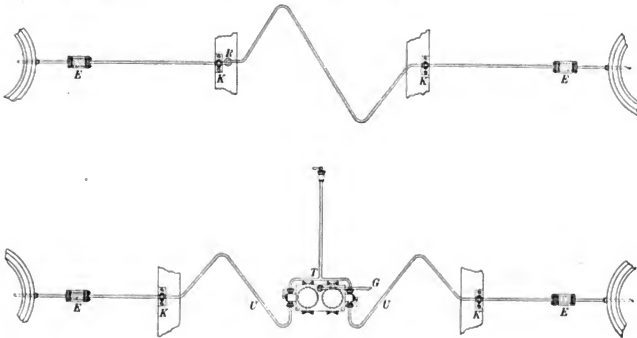


Fig. 2.

Das Manometer (vgl. auch Fig. 3) wird gebildet durch zwei zylindrische Kammern B von etwa 10 cm Höhe und 6 cm Durchmesser. Die Wandungen dieser Kammern sind durch 1 cm breite Fenster durchbrochen, die durch aufgelegte Glasplatten S abgedichtet sind, und zwar wird jetzt jedes Fenster durch eine besondere Glasplatte verschlossen an Stelle der nach der früheren Anordnung den vorderen und hinteren Öffnungen der Kammern gemeinsamen Glasplatten. Auf die hinteren Platten war auf ihrer den Kammern zugewandten Seite eine sorgfältig auf Teilungsfehler untersuchte Teilung nach halben Millimeter (Länge der Teilung 100 mm) aufgebracht.

Die Kammern standen durch Hähne H entweder mit dem kommunizierenden Röhrensystem U oder mit einem Rohr T (mit Ablaufhahn) in Verbindung. Auf diese Weise konnten die Kammern jede für sich gefüllt, entleert und auch miteinander verbunden werden. Durch die letztgenannte Schaltung war nun mit Leichtigkeit der oben erwähnte Indexfehler zu ermitteln.

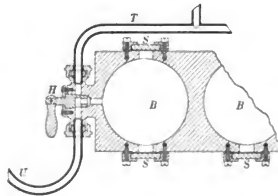


Fig. 3.

Die Kammern des Manometers kommunizierten oben mittels eines Kupferrohres G (Fig. 2) mit einer 10 l haltenden Glasflasche, in welcher ein gewünschter Überdruck hergestellt werden konnte. Die Messung des Überdrucks im Röhrensystem erfolgte an der Stelle R des oberen horizontalen Zweiges, der hier aufgeschnitten und mit beiden Schnittflächen in ein 1,5 cm weites vertikales Kupferrohr eingelötet war. Durch diese Anordnung war vermieden, daß eine aus einem Ende austretende Luftblase in den anderen Teil des horizontalen Rohres gelangen konnte.

Die Versuche wurden bei den Temperaturen 56° (Äzeton), 65° (Methylalkohol), 78° (Äthylalkohol) und 100° (Wasser) angestellt. Zur Befreiung des Füllwassers von Luft wurde das Wasser in einer Platinflasche zum Kochen erhitzt, dann wurde die Flasche unter den Rezipienten einer Luftpumpe gestellt, der durch einen besonderen Hahn abzuschließen war, und bis zum kräftigen Sieden evakuiert. Gewöhnlich wurde dann, nach weiter fortgeschrittener Erkaltung, nochmals bis zu lebhafter Dampfbildung ausgepumpt. Trotz der hierauf verwandten Sorgfalt waren indessen die Schwierigkeiten der Luftentwicklung sogar noch bei 78° während der Versuche nicht immer vermieden.

Zur Messung der Temperaturen dienten ähnlich wie früher angeordnete Quecksilberthermometer. Auf die Untersuchung dieser Thermometer sowie auf die Diskussion über kleine systematische Abweichungen derselben einzugehen, kann hier unterbleiben. Auch am Manometer waren zweckmäßig Thermometer angeordnet.

Die Berechnung der Versuche erfolgte in ähnlicher Weise wie früher. Zur endgültigen Darstellung der Versuchsergebnisse verwendete der Verf. die Formel

$$1 - \epsilon = \frac{(t - 3,98)^2}{568290} \cdot \frac{t + 343}{t + 72,74} \dots \dots \dots (1)$$

wo ϵ die Dichte und t die Temperatur, gemessen nach der Wasserstoffskala, bedeuten. Die Unterschiede der Einzelbeobachtungen gegen diese Formel betragen nur einige Einheiten der sechsten Stelle und überschreiten nur vereinzelt den Betrag einer Einheit der fünften Stelle. Ein noch etwas besserer Anschluß an die Beobachtungen wird durch die weitere Formel

$$1 - \epsilon = \frac{(t - 3,982)^2}{466700} \cdot \frac{t + 273}{t + 67} \cdot \frac{350 - t}{365 - t} \dots \dots \dots (2)$$

erzielt. Beide Formeln stellen auch die früheren Resultate im Intervall 0° bis 40° gut dar, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Werte von $(1 - \epsilon) 10^6$.

Temperatur ° C.	Beobachtet	Berechnet nach	
		Formel 1	Formel 2
0	132,4	131,5	132,7
10	273,0	272,2	273,2
15	873,7	872,2	874,4
20	1 770,1	1 768,3	1 771,0
25	2 928,5	2 928,4	2 930,7
30	4 326,4	4 326,8	4 328,0
35	5 942,4	5 942,7	5 942,0
40	7 758,2	7 758,8	7 756,0
56	14 757	14 763	14 755
65	19 406	19 415	19 406
78	26 932	26 936	26 932
100	41 620	41 622	41 625

Sch.

Über ein neues Spektroskop mit Autokollimation.

Von Ch. Fabry und A. Jobin. *Journ. de phys.* **3**, S. 202, 1904.

Der Apparat ist zunächst durch Fig. 1 charakterisiert. F ist ein Präzisionsspalt, R ein Umkehrprisma, O ein Fernrohrobjektiv von 6 cm Öffnung und einer Brennweite OS von 100 cm, M ein ebener Spiegel und T_1 und T_2 zwei gleichseitige Prismen aus Flintglas vom Brechungsindex $n_D = 1,6276$. Der Okularapparat S kann durch eine photographische Kassette ersetzt werden.

Werden die Prismen in beiden Richtungen im Minimum der Ablenkung durchlaufen, so beträgt für $\lambda = 434 \mu\mu$ und $\Delta\lambda = 1 \mu\mu$ die lineare Dispersion in der Brennebene S des Objektivs 2,0 mm. Zum Vergleich werden die entsprechenden Dispersionen für den Bruce-

Spektrographen der Yerkes-Sternwarte (zu 1,4 mm), für den Mills-Spektrographen der Lick-Sternwarte (zu 0,8 mm) und für den Spektrographen der Potsdamer Sternwarte (zu 1,0 mm) angegeben.

Besonders interessant ist die mechanische Einrichtung, mit der Fabry und Jobin die automatische Einstellung der beiden Prismen und des Spiegels für das Minimum der Ablenkung einer beliebigen Farbe erzielen. Sie benutzen folgende Überlegung, die zum Teil schon in den Arbeiten von H. Krüß über Spektralapparate mit automatischer Einstellung (*diese Zeitschr.* 5, S. 232, 1885) verfolgt ist.

Es seien λ und λ' die beiden Grenzfarben des Spektralbereichs, für den das Spektroskop bestimmt ist; in der Fig. 2 (vom Ref. hinzugefügt) seien T_1 und T_1' die beiden Stellen, in denen das erste Prisma von den Strahlen λ und λ' im Minimum der Ablenkung durchlaufen wird. Die Drehung aus T_1 in T_1' betrage α ; sie muß um die Mitte C_1 der ersten Prismenfläche erfolgen, damit für alle Farben das Kollimatorobjektiv symmetrisch zur Achse beansprucht und die Größe des Prismas bei vorgeschriebener nutzbarer Öffnung ein Minimum wird.

Die aus dem ersten Prisma im Minimum der Ablenkung austretenden Strahlen λ und λ' schließen den Winkel 2α ein. Für den Durchgang der Büschel durch das zweite Prisma gelten dieselben Forderungen wie beim ersten Prisma. Zu ihrer Erfüllung ist es nur nötig, daß die Mitte der Prismenfläche in beiden Stellungen M_2 und M_2' auf dem zugehörigen Mittelstrahl liegt, und daß die Eintrittswinkel am zweiten Prisma gleich den Austrittswinkeln am ersten Prisma sind. Das hat zur Folge, daß der Winkel zwischen den beiden Stellungen T_2 und T_2' 3α beträgt. Sind für T_2 und T_2' aus den zweifach unendlich vielen möglichen Stellungen, die alle den aufgestellten Forderungen genügen, zwei bestimmte ausgewählt, so gibt es stets ein Zentrum C_2 so, daß durch eine reine

Drehung vom Betrage 3α um C_2 die Stellung T_2 in T_2' übergeht. Umgekehrt kann man auch das Drehungszentrum C_2 willkürlich wählen und dann die zwei Punkte M_2 und M_2' der beiden Mittelstrahlen λ und λ' bestimmen, die auf einem Kreise mit dem Zentrum C_2 liegen und von C_2 aus unter dem Winkel 3α erscheinen.

Für die beiden Stellungen des Umkehrspiegels hinter dem zweiten Prisma gelten entsprechende Betrachtungen; die Drehung aus der einen Grenzstellung in die andere um ein Zentrum C_3 muß 4α betragen.



Fig. 1.

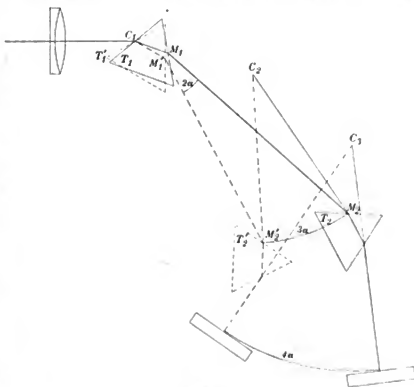


Fig. 2.

In dem Instrument von Fabry und Jobin (Fig. 3) sind die Punkte C_1 und C_2 so gewählt, wie es für die mechanische Ausführung am bequemsten erschien. Prinzipiell wäre es z. B. auch möglich, beide mit C_1 zusammenfallen zu lassen. Die gleichzeitige Einstellung der beiden Prismen und des Spiegels erfolgt nun in folgender Weise:

Der Arm, der das zweite Prisma trägt, wird durch eine Feder zur Berührung mit der Spitze der Schraube V gezwungen, die vom Okular aus dirigiert wird.

Den Arm, der das erste Prisma trägt, drückt eine Feder gegen den Träger des zweiten, und die Friktionskurven A , in denen sich die beiden Arme berühren, sind, nach Regeln, die in der Theorie der Evolventenverzahnung aufgestellt werden, so bestimmt, daß

die Drehung um C_1 den dritten Teil der Drehung um C_2 beträgt. Durch die Friktionskurven A' wird analog die Drehung um C_2 auf $\frac{1}{2}$ der Drehung um C_1 gesteigert.

Ist somit der Apparat für die Farbe λ genau justiert, dann erfolgt durch Drehung der Schraube V die Einstellung auf das Minimum der Ablenkung für jede andre Farbe, und der in der Kollimatorachse verlaufende Strahl trifft für die Farben λ und λ' streng, für alle andern Farben mit genügender Annäherung die Mitten der Prismenflächen und des Spiegels.

Für Spektroskope mit mehreren gleichschenkligen unter sich gleichen Prismen wurde früher die Forderung aufgestellt (vgl. H. Krüß, diese Zeitschr. 5, S. 232. 1885), daß zur Erreichung des Minimums der Ablenkung für beliebige Farben die Prismengrundflächen

Tangentialebenen an einen Zylinder bilden müssen, dessen Radius und Achsenort mit der Wellenlänge variieren. Diese Forderung suchte man anfänglich mit Hülfe von komplizierten Schlitzführungen zu verwirklichen, später nach H. Krüß (diese Zeitschr. 10, S. 97. 1890) vollkommener durch die Anwendung des Regenschirmprinzips. Die Methode von Fabry und Jobin, die sich ja auch auf mehr als zwei Prismen ausdehnen läßt, dürfte eine weitere Vervollkommnung vorstellen.

Statt durch die erzwungene Berührung in den Kurven A und A' könnte man die gleichzeitigen Drehungen α , 3α , 4α auch dadurch erreichen, daß man auf die Drehungsachsen C_1 , C_2 , C_3 Zahnräder vom Umfang 1 , $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ aufsetzt und diese Räder durch eine gerade Zahnstange vom Okular aus in Drehung versetzt; durch geeignete Wahl von C_1 und C_2 ist es ja leicht zu erreichen, daß die drei Zahnräder eine oder auch zwei gemeinsame Tangenten haben.

Wa.

Über eine verbesserte Form des Zinkkugelphotometers zur Bestimmung der ultravioletten Sonnenstrahlung.

Von J. Elster und H. Geltel. *Physik. Zeitschr.* 5, S. 238. 1904.

Bereits vor Jahren haben die Hrn. Elster und Geltel ein Photometer zur Vergleichung der Intensität der ultravioletten Sonnenstrahlen konstruiert¹⁾. Es beruht auf der *lichtelektrischen* Zerstreuung, d. h. dem Elektrizitätsverluste, den gewisse negativ elektrisierte Substanzen unter dem Einflusse des auffallenden Lichtes erleiden, der, wie die Verf. gefunden hatten, für *Sonnenlicht* an Flächen von amalgamiertem Zink mit großer Deutlichkeit wahrnehmbar ist und leicht messend verfolgt werden kann. Der ursprüngliche Apparat in der einfachsten,

¹⁾ Vgl. *Sitzungsber. d. Wien. Akad.* 101, IIa, S. 703. 1892; *Wied. Ann.* 38, S. 497. 1889.

improvisierten Form, wie ihn die Verf. anfangs der neunziger Jahre zur Messung der ultravioletten Sonnenstrahlung benutzten, ist in Fig. 1 dargestellt. An einer auf einem Dreifuß ruhenden Eisenstange sind drei Klemmen K_1 , K_2 , K_3 verstellbar. Die obere trägt das nach Exners Angabe konstruierte, geeichte Aluminiumblatt-Elektroskop E . An der zweiten Klemme K_2 mit Universalgelenk ist das 20 cm lange, 3 cm weite, innen geschwärtzte, durch eine Kappe M verschließbare Messingrohr R befestigt, das den lichtempfindlichen Körper, eine isolierte Kugel K aus amalgamiertem Zink, umgibt. In die unterste Klemme K_3 ist ein Plattenkondensator C von etwa 138 cm² Oberfläche eingespannt, dessen Dielektrikum aus einer Ebonitplatte, und dessen Belegung aus Stanniol besteht. Die Zinkkugel stand mit dem Elektroskop und der einen Kondensatorbelegung durch Drähte in leitender Verbindung, alle übrigen Bestandteile des Apparates waren zur Erde abgeleitet. Indem man nun dem isolierten System ein gewisses, negatives Potential erteilt und dann dem Sonnenlichte eine gemessene Zeit hindurch Zutritt zu der Zinkkugel gab, konnte aus dem am Elektroskop beobachteten Spannungsabfalle ein Maß für die Intensität des entladend wirkenden Lichtes hergeleitet werden.

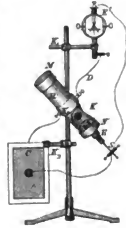


Fig. 1.

Da das Prinzip des Instrumentes sich durchaus bewährt hatte, so schien es lohnend, gewisse Unvollkommenheiten, die der ursprünglichen Form noch anhafteten, zu beseitigen. Allen gestellten Anforderungen genügt nun der nachstehend beschriebene, aus der Werk-

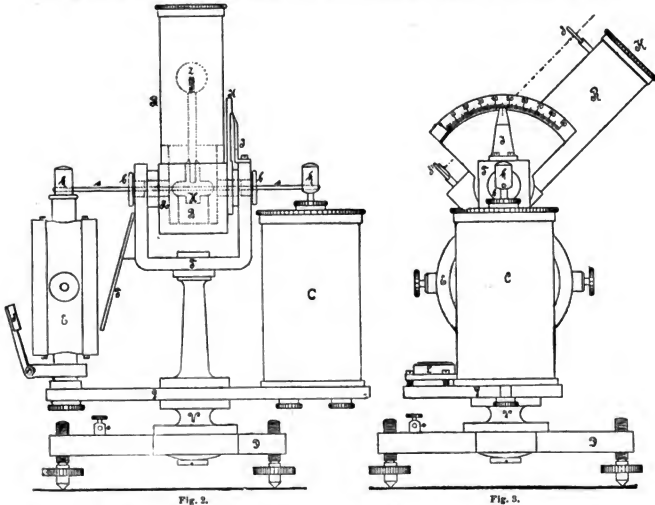


Fig. 2.

Fig. 3.

stätte der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig hervorgegangene Apparat in sehr zweckmäßiger Weise. Fig. 2 gibt die Vorder-, Fig. 3 die Seitenansicht (vgl. diese Zeitschr. 24. S. 195. 1904).

E ist das Exnersche Elektroskop mit Spiegelglasskale *S*; *R* das um eine horizontale, durch den Halter *H* der Zinkkugel *Z* hindurchgeführte Achse *ss* drehbare Metallrohr mit Verschlusskappe *K*, welches die Zinkkugel umschließt. Mittels der Kontakte *kk* stellt *ss* die Verbindung der Zinkkugel einerseits zum Elektroskop, andererseits zu dem Gockelschen Kondensator *C* her. Die Grundplatte *G* ist um den Zapfen *V* in horizontaler Ebene drehbar und mittels der im Dreifuß *D* angebrachten Stellschrauben und Libelle *L* genau horizontal fixierbar. Ist das Rohr *R* mit Hilfe des Diopters *dd'* so gerichtet, daß die Sonnenstrahlen achsial einfallen, so gibt der Index *I* am Gradbogen die Sonnenhöhe auf nahe $\frac{1}{2}^\circ$ an. Die Klemme *e* dient zur Erdung des Elektroskop-Gehäuses, des Rohres *R* und des äußeren Zylinders des Luftkondensators. *F* ist eine Milchglasplatte, durch welche die Ablesung der Divergenz der Elektroskopblättchen erleichtert wird. Über die Handhabung des Instruments im einzelnen, wie auch über die Verwertung der Messungen nach einer einfachen Formel, die mit hinreichender Genauigkeit den tatsächlichen Zusammenhang zwischen der beobachteten Strahlungsintensität und der Elektrizitätszerstreuung darstellt, muß auf das Original bezw. auf die ursprüngliche Arbeit in den „Sitzungsberichten der Wiener Akademie“ verwiesen werden.

J. M.

Elektrostatistisches Voltmeter mit großem Meßbereich.

Von V. Crémieu. *Compt. rend.* 138, S. 563. 1904.

Der Apparat, vom Verf. „Stato-Voltmeter“ genannt, ist eine Torsionswaage, an der sich elektrostatische und elektrodynamische Kräfte das Gleichgewicht halten. An einem feinen Metallfaden ist ein metallischer Hebel horizontal aufgehängt; ein zweiter, davon isolierter Draht führt nach unten zur Grundplatte des Apparates. Das eine Ende des Hebels trägt einen kurzen Metall-Zylinder von 6 cm innerem Durchmesser; konzentrisch mit diesem ist ein mit der Grundplatte fest verbundener metallischer Konus angebracht, dessen Grundfläche einen Durchmesser von 59 mm besitzt. Diesen Konus kann man auf einer 8 mm starken Stange in Richtung der gemeinschaftlichen Achsen von Zylinder und Konus um 7 cm verschieben. Der Zylinder liegt dauernd an Erde, während der Konus auf das zu messende Potential *V* gebracht wird. Den dabei auftretenden elektrostatischen Kräften wird das Gleichgewicht gehalten durch die elektrodynamische Abstoßung einer festen Spule auf eine ihr parallele, von dem gleichen Strom durchflossene, die am andern Ende des Hebels befestigt ist. Zur rascheren Einstellung erhält das bewegliche System eine Öldämpfung.

Die elektrostatischen Kräfte sind proportional V^2 , die elektrodynamischen proportional J^2 . Den Reduktionsfaktor findet man am einfachsten, indem man den Spulenstrom *J*, der zu messenden elektromotorischen Kraft *V* entnimmt; er ist dann gleich dem Gesamt widerstand des Stromkreises. Verschiebt man den Konus längs seiner Achse, so wird die Empfindlichkeit des Apparates geändert und zwar in weiten Grenzen (zwischen 2 und 40 000 Volt). Die Stange, auf welcher der Konus verschiebbar ist, trägt deshalb eine Teilung, an welcher seine Stellung abgelesen werden kann.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

B. Schulze, Das militärische Aufnehmen, mit besonderer Berücksichtigung der Arbeiten der K. Preuß. Landesaufnahme u. s. w. gr. 8°. XIII, 305 S. Leipzig, B. G. Teubner 1903. 8,00 M.

Der Verf., der jüngst verstorbene Chef der Topographischen Abteilung der Preußischen Landesaufnahme, hat in diesem Buch seine Vorträge an der Kriegsakademie über militärisches Aufnehmen der Öffentlichkeit übergeben; ein etwas ausführliches Werk, das speziell den Bedürfnissen der militärischen topographischen Aufnahme mit besonderer Rücksicht auf die Verhältnisse in Norddeutschland gerecht zu werden suchte, war (allenfalls von den Vorschriften für die Topographen der Preußischen Landesaufnahme abgesehen) nicht vorhanden; die Lehre von dieser Art der Aufnahme mußte sich mit gelegentlichen Bemerkungen in

Büchern über die militärische Verwendung topographischer Karten, Terrainlehre und Kartenlesen begnügen.

Das Werk kann hier nicht von allgemeinen Gesichtspunkten aus betrachtet werden, sondern nur vom Standpunkt der Instrumentenkunde aus. Der Verf. deutet zwar mehrfach an, daß für den angehenden Militärtopographen nicht die Hauptsache sei, eine Anzahl Instrumente kennen und gebrauchen zu lernen, sondern daß das Hauptgewicht auf das Sehenlernen, auf das Erfassen- und Zeichnen-Lernen der Formen der Erdoberfläche zu legen sei. Aber es wird doch auch dem Kennen- und Gebrauchen-Lernen der Instrumente die gebührende Stelle angewiesen, z. B. S. 33, und besonders dadurch, daß ein sehr großer Teil des Buches der Beschreibung von Instrumenten und Gerätschaften gewidmet ist. Selbstverständlich fällt dabei auf Meßtisch und Kippregel, eben den Bedürfnissen der preußischen Militärtopographie entsprechend, der größte Anteil (Beschreibung S. 87 bis 116, Anwendung S. 116 bis 158; im weiteren Sinn gehört auch die Lehre von der Ausführung der topographischen Zeichnung, der Ausarbeitung, S. 158 bis 237, zum größten Teil zur Meßtisch-Topographie allein, während andere Teile dieser Abschnitte allgemein topographischer Natur sind). Hier ist der Verf. auch vollständig zu Haus, sodaß diese einfache Anleitung zur Kenntnis und zum Gebrauch des Meßtisches sicher sehr vielen willkommen sein wird.

In den andern Abschnitten wäre manches zu beanstanden. Z. B. wird man doch auch bei den geringsten Voraussetzungen über die mathematische Vorbildung der Leser nicht (S. 22) neben der Horizontalebene von einer Niveau-Ebene sprechen können, da die beiden „Ebenen“, die das Flächenelement im Standpunkt gemeinschaftlich haben, doch zusammenfallen würden; beim Nivellieren wäre wohl, wie es auch in der Notiz über die Triangulation geschieht, nicht nur vom Nivelement I. O. zu sprechen, sondern gerade für topographische Zwecke auf die verschiedenen Ordnungen dieser Art von Höhenmessung aufmerksam zu machen; S. 41 und 158 widersprechen sich unmittelbar in Beziehung auf den gegenseitigen Wert von Nivellieren und trigonometrischer Höhenbestimmung; S. 61 wird eine Schublehre statt des Stangenzirkels abgebildet; die Instrumente zum Absetzen bestimmen fester Winkel wird man (S. 62) nicht als „unvollkommene“ Winkelmesser, überhaupt nicht als *Winkelmesser* bezeichnen dürfen. Der Name von Vidle ist (S. 80) falsch geschrieben, und er ist nicht Engländer (geb. 1805 in Nancy, gest. 1862 in Paris; Ref. hat hier schon zweimal auf diesen in Deutschland von Buch zu Buch sich forterbenden Irrtum aufmerksam gemacht); der „vortragende“ Nonius, der wohl ganz wegbleiben könnte, ist (S. 106) falsch beziffert; u. s. f.

Ohne bei derartigen Einzelheiten weiter zu verweilen, sei hier nur noch angeführt, daß das Werk auch einige Notizen über Photogrammetrie und einen ziemlich umfassenden Überblick über die topographischen Kartenwerke der außerpreußischen deutschen und der dem Deutschen Reich benachbarten fremden Staaten enthält.

Hammer.

F. Neesen, Kathoden- und Röntgenstrahlen, sowie die Strahlung aktiver Körper. Hartlebens Elektrotechnische Bibliothek, 63. Band. 8°. VIII, 240 S. m. 50 Abbildgn. Wien u. Leipzig, A. Hartleben 1904. 4,00 M.; geb. 5,00 M.

Der Verf. behandelt das im Titel genannte, aktuelle Thema in populärwissenschaftlicher Form. Er macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit, wohl aber muß man anerkennen, daß aus der gewaltigen Masse des Stoffs die hauptsächlichsten und wichtigsten Tatsachen mit Glück ausgewählt wurden.

Leider steht indessen mit der nach Form und Inhalt recht ansprechenden Darstellung die äußere Ausstattung des Buches nicht im Einklang; besonders manche Figuren lassen viel zu wünschen übrig. Man kann nur hoffen, daß der Verleger bei einer zweiten Auflage Wandel schafft und dann dem Buche diejenige äußere Gestalt verleiht, welche es verdient.

E. Gehecke.

Jahrbuch der Radioaktivität u. Elektronik. Unter Mitarbeit v. S. A. Arrhenius, P. u. Frau S. Curie, J. Elster u. a. und unter besond. Mitwirkg. v. H. Becquerel u. Sir William Ramsay hrsg. v. J. Stark. 1. Bd. In 4 Heften. 1. Heft. gr. 8. 102 S. Leipzig, S. Hirzel 1904. 3,00 M.

- W. Jordan**, Handbuch der Vermessungskunde. 1. Bd. Ausgleichungs-Rechnungen nach der Methode der kleinsten Quadrate. 5. Aufl., hrsg. v. Prof. Dr. C. Reinherz. gr. 8°. Mit zahlreichen in den Text gedr. Holzschn. 2 Lfg. XI, S. 321—582 u. 21 S. Stuttgart, J. B. Metzler 1904. 6,60 M.
- O. Lodge**, *Pioneers of Science*. Neue Ausgabe. 8°. 420 S. m. Porträts und Illustrat. London 1904. Geb. in Leinw. 6,00 M.
- A. Rotch**, *Observations and Investigations made at the Blue Hill Meteorological Observatory, Mass., U. S. A., in the years 1901 and 1902. With appendices*. 4°. 125 S. m. 5 Taf. Cambridge, Mass., 1903. 12,00 M.
Contents of the appendices: H. H. Clayton, Results of the Kite Meteorography at the earth's surface 1897—1902. — S. P. Fergusson, Kites and instruments employed in the exploration of the Air at Blue Hill Observatory 1897—1902.
- G. Orlandi**, *Nuove Tavole tacheometriche centesimali e sessagesimali*. 12°. Rom 1904. 5,00 M.
- J. J. Thomson**, *Electricity and Matter*. 8°. 172 S. m. Diagrammen. London 1904. Geb. in Leinw. 5,20 M.
- W. Ostwald**, Abhandlungen u. Vorträge allgemeinen Inhalts, 1887—1903. gr. 8°. X, 468 S. Leipzig, Veit & Co. 1904. 8,00 M.; geb. in Leinw. 9,00 M.
- H. Lorenz**, Lehrb. d. techn. Physik. 2. Bd.: Techn. Wärmelehre. gr. 8°. XIX, 545 S. m. 136 Abbildgn. München, R. Oldenbourg 1904. 13,00 M.; geb. 14,00 M.
- Schloemlichs** Handb. d. Mathematik. 2. Aufl. Hrsg. v. Prof. Dr. R. Henke u. Prof. Dr. R. Heger. 3. Bd. Höhere Mathematik. II. Tl. Lex. 8. VIII, 622 S. m. 94 Fig. u. 20 Taf. Leipzig, J. A. Barth 1904. 20,00 M.; geb. in Halbfrz. 22,50 M.
- Untersuchungsmethoden**, Chemisch-technische. Mit Benutzg. d. früheren v. Dr. F. Böckmann bearb. Aufl. Hrsg. v. Prof. Dr. G. Lunge. 1. Bd. 5., vollständig umgearb. u. verm. Aufl. gr. 8°. XXVI, 353 S. u. V, 49 S. m. 180 Abbildgn. Berlin, J. Springer 1904. 20,00 M.; geb. in Halbd. 22,00 M.
- W. Ahrens**, Scherz u. Ernst in der Mathematik. Geflügelte u. ungeflügelte Worte. Gesammelt u. hrsg. gr. 8°. X, 522 S. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 8,00 M.
- H. Beckmann**, Abhängigkeit der Strahlungsintensität des „schwarzen Körpers“ von der Temperatur, untersucht f. e. bestimmten Strahlenkomplex. Diss. 8°. 28 S. m. 5 Taf. Hannover-Linden 1904. (Tübingen, F. Fues.) 1,40 M.
- A. Schell**, Die stereophotogrammetrische Bestimmung der Lage e. Punktes im Raume. gr. 8°. 37 S. m. 3 Taf. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1904. 1,60 M.
- G. Wagner**, Ein neuer stroboskopischer Schlüpfungsmesser f. asynchrone Wechsel- u. Drehstrommotoren. 4°. 16 S. m. Abbildgn. u. 1 Taf. Berlin, J. Springer 1904. 1,60 M.
- A. Prasech**, Die Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie. II. Aus: „Sammig. elektrotechn. Vorträge“. Lex. 8. 136 S. m. 92 Fig. Stuttgart, F. Enke 1904. 4,80 M.
- C. T. Oviden**, *Marvels in the World of Light. Popular study of phenomena of light, colour and sight*. 8°. 124 S. m. Fig. London 1904. Geb. in Leinw. 2,70 M.

Notiz.

In der Abhandlung von Dr. Arthur Kerber, Beitrag zur Bestimmung der Lage der sagittalen und meridionalen Bilder in *dieser Zeitschr.* 24. S. 236. 1904 ist zu lesen:

$$S. 238. \text{ Formel } G) \quad n \frac{d\beta_m}{d\beta_m} \frac{d\beta_m}{d\beta_m} \text{ statt } n \frac{d\beta_m}{d\beta_m} \frac{d\beta_m}{d\beta_m}.$$

$$S. 241. \text{ Letzte Formel } \text{„}t_m\text{“ statt } \text{„}t_m\text{“}.$$

$$S. 243. \text{ Fig. 6. } \text{„}d\beta_+\text{“ statt } \text{„}d\beta_+\text{“}.$$

In dem Referat: F. Dolezalek, Über Präzisionsnormale der Selbstinduktion in *dieser Zeitschr.* 24. S. 253. 1904 ist zu lesen:

$$\text{Zeile 20 v. u. } \quad \text{„}1,1 \text{ mm}^{\circ}\text{“ statt } \text{„}0,1 \text{ mm}^{\circ}\text{“}.$$

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

Oktober 1904.

Zehntes Heft.

Apparat für Ausdehnungsbestimmungen nach der Fizeauschen Methode bei der Temperatur der flüssigen Luft.

Von
Karl Scheel.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer früheren Veröffentlichung¹⁾ ist über ein Erhitzungsgefäß berichtet worden, welches bei den Untersuchungen über die Ausdehnung fester Körper nach der Fizeauschen Methode gute Dienste geleistet hat. Das Wesentliche des Erhitzungsgefäßes bestand, um das kurz zu wiederholen, darin, einen Hohlraum, der zur Aufnahme des Versuchskörpers diente, allseitig vom Dampf umströmen zu lassen; außer einer für die Zwecke der Untersuchungen vollkommen ausreichenden Temperaturkonstanz im Innern des Hohlraumes konnte hierdurch eine sehr kompensierte Form der Anordnung erreicht werden, die nicht unwesentlich zur Vereinfachung der übrigen Versuchsbedingungen beitrug.

Es lag nun nahe, die Anordnung so zu verändern, daß sie auch für Beobachtungen bei der Temperatur der flüssigen Luft geeignet wurde. Wie das geschehen ist, mag im folgenden kurz skizziert werden.

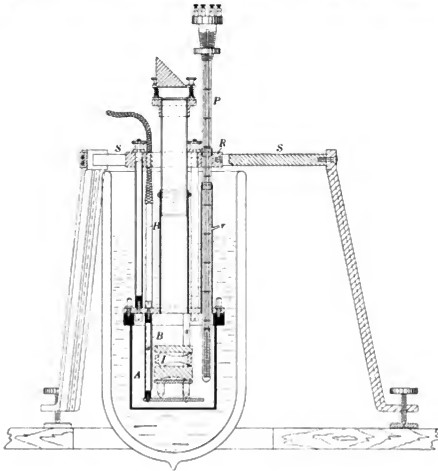
Das Abkühlungsgefäß *A*, welches dazu bestimmt ist, vollkommen in flüssige Luft unterzutauchen, ist mit drei Messingröhren an einem von drei Streben *S* gehaltenen Messingring *B* innerhalb eines starken eisernen Dreifußes aufgehängt. Es besteht aus einem zylinderförmigen Messinggefäß von 10 cm Höhe und 9 cm Durchmesser, und zwar bildet der Zylindermantel mit dem Zylinderboden ein einbeitliches, kappenförmiges Stück mit verdicktem oberen Rande, welches von unten her gegen den oberen Boden herangeschoben und mit diesem durch acht Schrauben flüssigkeitsdicht verbunden werden kann. An dem oberen Boden des Abkühlungsgefäßes hängt mittels dreier Messingsäulehen *s* eine Plattform, auf welcher in der aus der früheren Veröffentlichung bekannten Weise der aus Quarz bestehende Interferenzapparat *I* mit Zwischenschaltung eines Dreifußchens aufgebaut ist. Auf diese Weise ist es möglich, zunächst an dem Interferenzapparat alle nötigen Justierungen vorzunehmen und erst dann durch Überziehen der Kappe das Innere des Abkühlungsgefäßes gegen die Umgebung abzuschließen.

In der Mitte des oberen Bodens des Abkühlungsgefäßes ist ein 3 cm weites und 12 cm langes Messingrohr aufgesetzt, durch welches das Licht von oben her zum Interferenzapparat tritt und nach der Reflexion an den spiegelnden Quarzflächen wieder zum Beobachtungsrohr zurückgeleitet wird. Das Messingrohr setzt sich nach

¹⁾ *Ann. d. Physik* **9**, S. 837. 1902; diese *Zeitschr.* **23**, S. 90. 1903.

oben hin in ein 9 cm langes, durch eine Glasplatte abgedecktes Glasrohr fort, welches unten durch schwache Klemmung mit Tuchzwischenlage in dem Messingrohr gehalten wird und oben auf einer aufgekitteten Fassung ähnlich wie früher drehbar das allseitig justierbare totalreflektierende Prisma trägt. Die Zwischenschaltung des Glasrohres ist erfolgt, um eine allzu starke Abkühlung des Prismas durch Wärmeleitung und ein infolge davon eintretendes Beschlagen zu verhindern.

Zur Messung der Temperatur dient ein Platinwiderstandsthermometer *P*, welches von oben her durch ein besonderes Messingrohr in das Innere des Abkühlungs-



gefäßes eingeführt ist, sodaß sich der Widerstandsdraht unmittelbar neben dem Interferenzapparat befindet. Der zu messende Widerstand wird durch Vergleichung mit einem Normalwiderstand aus Spannungsbeobachtungen gefunden.

Um Niederschläge des Wasserdampfes der Luft auf den Quarzflächen des Interferenzapparates zu vermeiden, war Sorge getragen, das Abkühlungsgefäß vor der Abkühlung mit trockner Luft füllen zu können. Zu diesem Zwecke wurde Luft, die ein 1 m langes mit Phosphorsäure teilweise angefülltes Trockenrohr passiert hatte, durch ein bis nahe auf den Boden des Gefäßes reichendes Rohr *B* in dieses eingeführt. Zum Austritt stand der Luft ein Röhrchen *r* zur Verfügung, welches an das Thermometerrohr seitlich angesetzt war. Der Zweck ist hiermit vollkommen erreicht.

Anstatt trockner Luft konnten in derselben Weise auch andere Gase in den Apparat eingeführt werden, als welche aber der Natur der Sache nach nur solche mit sehr niedrigem Siedepunkt in Frage kommen konnten. Benutzt wurden im vorliegenden Falle Wasserstoff und Stickstoff, welche man zunächst den im Handel erhältlichen Stahlflaschen entnahm und in langsamem Strome während der ganzen

Dauer der Beobachtung durch das Abkühlungsgefäß hindurchgehen ließ. Während der Wasserstoff sich in jeder Beziehung als brauchbar erwies, enthielt der Stickstoff als Verunreinigung leicht kondensierbare Gase in größerer Menge, welche sich bei der Abkühlung auf den Flächen des Interferenzapparates absetzten und diese undurchsichtig machten. Ob es sich hierbei um Kohlensäure oder um solche Verunreinigungen handelt, die bei der Fabrikation in den Stickstoff gelangen (Öldämpfe u. dgl.), ist nicht untersucht worden. Diese Verunreinigungen konnten aber in einem vorgelegten, auf die Temperatur der flüssigen Luft abgekühlten Glasrohr zum größten Teil kondensiert und dadurch unschädlich gemacht werden.

Die Abkühlung des Apparates erfolgte in einem 32 cm tiefen und nahezu 13 cm weiten zylindrischen Vakuumgefäß¹⁾, welches, sowohl nm die Hantierung mit ihm zu erleichtern, als auch um den Beobachter im Falle der Zertrümmerung des Gefäßes zu schützen, fast vollkommen in ein Holzgefäß eingebaut ist. Das Vakuumgefäß wurde zunächst leer von unten her über den Apparat geschoben und in seiner Lage fixiert. Erst dann begann man das Gefäß mit flüssiger Luft zu füllen, anfangs langsam, später in schnellerem Tempo, bis nach etwa einer halben Stunde der Flüssigkeitsspiegel bis nahe an das Ende des mittleren Messingsrohres reichte. Inzwischen zählte man die im Gesichtsfeld bei der Abkühlung vorüberwandernden Interferenzstreifen, welche nach nahezu einer weiteren Stunde vollständig zur Ruhe kamen und während einer wenigstens eine halbe Stunde dauernden Periode ihre Lage nicht mehr änderten. Während dieser selben Periode blieben auch die Angaben des Platinthermometers auf weniger als 0,1° konstant, sodaß angenommen werden darf, daß während dieser zu den eigentlichen Beobachtungen benutzten Zeit auch der Interferenzapparat die vom Platinthermometer angezeigte Temperatur hatte. Später trat, entsprechend der sich ändernden Zusammensetzung der flüssigen Luft ein langsamer Anstieg der Temperatur und demzufolge eine fortschreitende Lagenänderung des Streifensystems ein.

Der Verbrauch an flüssiger Luft war über Erwarten gering; er betrug bis zum Ende eines Versuches 4 bis 5 Liter. Ein erheblicher Teil dieses Verbrauchs ist den sechs Messingrohren zuzuschreiben, welche die Oberfläche der flüssigen Luft durchsetzten, und den außerhalb und innerhalb der Flüssigkeit befindlichen großen Metallmassen, von denen die oben erwähnte Kappe des Abkühlungsgefäßes allein ein Gewicht von 600 g hatte.

Über die Ergebnisse der Untersuchungen betreffend die Wärmeausdehnung bei der Temperatur der flüssigen Luft wird an anderem Orte berichtet werden. Hier mag erwähnt werden, daß bei Abkühlung des Apparates mit Luft- oder Stickstofffüllung die Wanderung der Interferenzstreifen nur während kurzer Zeit beobachtet werden konnte. Die anfangs ruhigen Streifen gerieten mit fortschreitender Abkühlung in ein immer stärker werdendes Zittern, welches die Identifizierung der einzelnen Streifen unmöglich machte. Hatte der Interferenzapparat erst die tiefe Temperatur angenommen, so erschien auch das Streifensystem wieder in vollkommener Reinheit. Entgegen dem Verhalten von Luft und Stickstoff blieb bei einer Füllung mit Wasserstoff das Streifensystem während der ganzen Dauer der Abkühlung deutlich sichtbar.

Charlottenburg, September 1904.

¹⁾ Der Glasbläser Hr. Burger in Berlin hat hier zum ersten Male ein zylindrisches Glasgefäß für flüssige Luft in so großen Dimensionen hergestellt; das Gefäß hat, ohne bis jetzt Schaden zu nehmen, bereits vielfache Füllungen mit flüssiger Luft ausgehalten.

Zur Anwendung des Differentialgalvanometers bei genauen Widerstandsmessungen.

Von

Prof. W. Jaeger.

Im nachstehenden möchte ich auf einige Gesichtspunkte bei der Anwendung des Differentialgalvanometers hinweisen, welche, wie mir scheint, nicht genügend bekannt sind, und die gerade die Benutzung dieses Instruments bei genauen Widerstandsmessungen recht bequem machen. Es handelt sich dabei in erster Linie um die Abgleichung der Differentialwirkung und die Größe des Galvanometerwiderstandes im Verhältnis zu den zu vergleichenden Widerständen; sodann möchte ich auch kurz auf die Genauigkeit der mit diesem Galvanometer auszuführenden Widerstandsmessungen eingehen und sie mit der Genauigkeit anderer Methoden vergleichen; endlich wird noch über den Einfluß von Isolationsfehlern zwischen beiden Galvanometerhälften einiges mitgeteilt. Bei den vorliegenden Betrachtungen über das Differentialgalvanometer soll nur von der „Methode des übergreifenden Nebenschlusses“ zur Vergleichung gleich großer Widerstände die Rede sein, die von F. Kohlrausch ausgebildet und eingehend behandelt worden ist¹⁾. Es sei hier erwähnt, daß diese Methode in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vielfach zu genauen Widerstandsmessungen angewandt wird (vgl. hierüber die „Wissensch. Abhandl. der Physikal.-Techn. Reichsanstalt“).

Nach der einfachen Wheatstoneschen Brückenmethode lassen sich bekanntlich zwei Widerstände nur dann genau miteinander vergleichen, wenn sie entweder dauernd direkt miteinander verbunden sind (wie z. B. in Widerstandssäten), oder wenn der bei der Hintereinanderschaltung derselben entstehende Verbindungswiderstand gegen die zu messende Größe nicht in Betracht kommt. Deshalb sind z. B. Widerstandsbüchsen von kleinen Beträgen, die getrennte Strom- und Potentialzuleitungen haben, nicht nach dieser Methode genau meßbar. Ebenso verhält es sich auch mit Quecksilbernormalrohren, weil bei diesen die Zuleitungswiderstände an und für sich schon erhebliche Beiträge erreichen können. Bei größeren Widerständen dagegen kann die Methode meist in Anwendung kommen.

In allen anderen Fällen müssen die Zuleitungswiderstände irgendwie eliminiert werden, was z. B. bei der Thomsonschen Methode, die als eine modifizierte Wheatstonesche Methode aufzufassen ist, durch Überbrückung des Verbindungswiderstandes geschieht²⁾. Neben dieser Methode kann in allen Fällen, wo es sich um die Vergleichung gleich großer Widerstände handelt, die erwähnte Kohlrauschsche Methode des übergreifenden Nebenschlusses verwandt werden, zu der ein Differentialgalvanometer nötig ist. Bei diesem hebt sich die Wirkung zweier entgegengesetzt gerichteter Ströme am Orte der Nadel auf, und man erhält dadurch ein Maß zur Vergleichung zweier Widerstände.

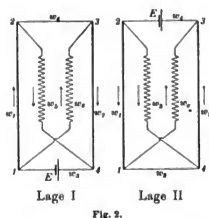
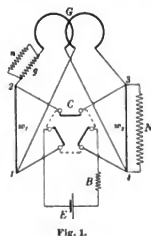
Zur Erzielung der differentialen Wirkung können nicht zwei verschiedene Spulen des Galvanometers verwandt werden, deren Wirkung sich aufhebt, weil in

¹⁾ F. Kohlrausch, Über ein Verfahren, elektrische Widerstände unabhängig von Zuleitungswiderständen zu vergleichen. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1883. S. 465; *Wied. Ann.* 20. S. 76. 1883. Vgl. auch dessen *Lehrb. d. praktischen Physik* 1901. S. 391.

²⁾ Näheres über die Ausführung dieser Methode vgl. Jaeger, Lindeck und Diesselhorst, *diese Zeitschr.* 23. S. 33 u. S. 65. 1903; s. auch *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* 4. S. 117. 1904.

diesem Fall seitliche Bewegungen der Nadel auftreten, welche die Beobachtungen stören und eine genaue Messung unmöglich machen. Es ist vielmehr nötig, daß zwei Drähte neben einander aufgespult werden, wodurch bei Gegeneinanderschaltung derselben die elektrodynamische Wirkung fast ganz verschwindet.

Falls die Wirkung eines gleich großen, entgegengesetzt gerichteten Stromes in beiden Wicklungen sich völlig aufhebt und auch die Widerstände beider Galvanometerhälften vollkommen gleich sind, so haben die zu vergleichenden Widerstände dieselbe Größe, wenn das Galvanometer keinen Ausschlag ergibt. Diesem Zustand der Galvanometerhälften sucht man sich auch gewöhnlich ziemlich zu nähern, z. T. durch besondere Zusatzspulen und Zusatzwiderstände. Doch ist es, wie im folgenden gezeigt werden soll, keineswegs nötig, die Wirkung der Galvanometerhälften abzugleichen, wenn die Kohlrauschsche Methode mit dem sechsnäpfigen Kommutator benutzt wird; man kann sich dadurch viel Mühe und Zeit sparen.



Es genügt als Differentialgalvanometer jedes Instrument, dessen Rollen aus zwei gleichzeitig aufgespulten Drähten von nahe dem gleichen Durchmesser bestehen, wodurch von selbst schon die Wirkung und der Widerstand beider Rollen nahe gleich groß werden. Eine weiter gehende Gleichheit ist keinesfalls nötig, die Wirkung und der Widerstand dürfen sogar recht verschieden sein. Das gleichzeitige Aufspulen zweier Drähte hat ja auch noch den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß man durch Parallel- bzw. Hintereinanderschaltung der beiden Drähte einer Spule verschiedene Widerstände herstellen und dadurch das Galvanometer noch anpassungsfähiger machen kann. Auch ist es auf diese Weise möglich, die Isolation der Windungen zu prüfen.

Daher empfiehlt sich die bifilare Bewicklung der Spulen überall, wo sie ohne Schwierigkeit möglich ist. Leider ist es bei den Drehspulengalvanometern z. Z. noch nicht erreicht worden, differentiale Instrumente herzustellen, weil hierzu vier besondere Zuleitungen nötig wären. Dies scheint aber besonders bei Spiegelinstrumenten noch Schwierigkeiten zu machen.

Zum besseren Verständnis des Folgenden sei hier die Methode des übergreifenden Nebenschlusses kurz wiedergegeben (vgl. F. Kohlrausch *a. a. O.*).

In Fig. 1 sind w_1 und w_2 die zu vergleichenden Widerstände, von denen der größere einen Nebenschluß N erhält, wodurch der Widerstand dieses Zweiges dem anderen gleich gemacht werden kann.

B ist ein Ballastwiderstand zur Regulierung des Hauptstromes, C der sechsnäpfige Kommutator mit drei Verbindungsbügeln, die in der einen Lage des Kom-

mutators die Stellung einnehmen, welche den ausgezogenen Linien entspricht, in der anderen Lage dagegen den punktierten Linien¹⁾. Das Umlegen des Kommutators bewirkt eine Vertauschung in der aus Fig. 2 ersichtlichen Weise; gleichzeitig wird die Stromrichtung in den Widerständen w_1, w_2 umgekehrt, während sie im Galvanometerstromkreis erhalten bleibt. Das Galvanometer G ist so an die Widerstände w_1, w_2 angeschlossen, daß die eine Wicklung mit den Enden 1, 3, die andere mit den Enden 2, 4 in Verbindung steht. Der eine Galvanometerzweig erhält einen passenden Zusatzwiderstand g , der eventuell durch einen Nebenschluß n reguliert werden kann. In welchen Zweig dieser Widerstand kommen muß, findet man durch Probieren.

Die Wirkungsweise der beiden Nebenschlüsse N und n ist dem Sinn nach verschieden. Nehmen wir an, dieselben seien zunächst so abgeglichen, daß in beiden Kommutatorstellungen im Galvanometer kein Ausschlag entsteht, so bewirkt eine Veränderung von N einen Ausschlag, der in beiden Lagen des Kommutators *gleich groß* ist, aber nach *verschiedenen Seiten* geht. Eine Veränderung von n allein dagegen hat zur Wirkung, daß man in beiden Lagen einen *gleich großen*, aber nach *derselben Seite* gehenden Ausschlag erhält. Man hat es also stets in der Hand, durch passende Wahl von N und g bzw. n den Ausschlag in beiden Lagen gleich Null zu machen oder, was für das Resultat dasselbe ist, einen gleich großen, nach derselben Seite gerichteten Ausschlag herzustellen.

In dem Schema der Fig. 2 sind die beiden Lagen des Kommutators wiedergegeben, bei denen die zu vergleichenden Widerstände mit w_1, w_2 , die Galvanometerwiderstände mit w_3, w_4 bezeichnet sind, während die Verbindungswiderstände die Indizes 3, 4 tragen. Die Einzelstromstärken seien entsprechend mit $i_1, i_2 \dots$ bezeichnet.

Der besseren Übersicht wegen möge noch die Hauptstromstärke in dem Zweig mit der Stromquelle E für die Lage I des Kommutators durch J , für die Lage II durch J' bezeichnet werden, ferner der andere Verbindungswiderstand mit w bzw. w' . Es ist dann in Lage I zu setzen $i_3 = J$, $w_4 = w$, während w_3 in den Formeln nicht auftritt, in der Lage II dagegen $i_4 = J'$, $w_3 = w'$, während w_4 nicht auftritt.

Zur Abkürzung sei noch gesetzt

$$M = \frac{J}{(w_1 + w_4)(w_2 + w_3) + w(w_1 + w_2 + w_3 + w_4)} \dots \dots \dots 1)$$

¹⁾ Häufig ist es bequemer, statt des oben abgebildeten sechsnapfigen Kommutators einen solchen zum Umlegen zu benutzen, besonders wenn die Beobachtungen in beiden Lagen schnell hintereinander erfolgen sollen. Für diesen Zweck hat Hr. Dr. von Steinwehr den Kommutator in der in Fig. 3 abgebildeten Weise modifiziert, die sich gut bewährt hat.

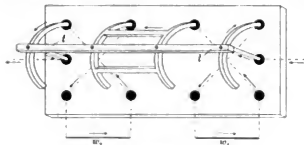


Fig. 3.

sich noch, den Bügeln eine Ruhelage zu geben, bei der sie in keinen Quecksilbernapf eintauchen, um auch den Strom ganz unterbrechen zu können.

in Lage I, woraus in Lage II eine entsprechende Größe M' entsteht, die statt J und w die Werte J' und w' enthält und bei der w_1 und w_2 vertauscht sind.

Es ist also angenommen, daß beim Umlegen des Kommutators die Hauptstromstärke und der Verbindungswiderstand geändert wird.

Man erhält dann für

$$\begin{array}{cc} \text{Lage I} & \text{Lage II} \\ i_5 = M \{w_2 (w_1 + w_6) + w (w_2 + w_6)\} & i_5' = M' \{w_1 (w_2 + w_6) + w' (w_1 + w_6)\} \\ i_6 = M \{w_1 (w_2 + w_6) + w (w_1 + w_6)\} & i_6' = M' \{w_2 (w_1 + w_6) + w' (w_2 + w_6)\} \end{array} \quad 2)$$

Der infolge der Gegenwirkung der beiden Ströme restierende Ausschlag ist nur klein, sodaß für das Resultat statt der eigentlich in Betracht kommenden Feldstärke die den Stromstärken proportionale Empfindlichkeit des Galvanometers in die Formeln eingeführt werden kann.

Gibt nun die Galvanometerwicklung mit dem Widerstand w_5 den Ausschlag von A Skalenteilen für 1 Ampere, die andere mit dem Widerstand w_6 den Ausschlag von B Skalenteilen, so erhält man unter dieser allgemeinen Annahme für die Empfindlichkeit der beiden Galvanometerhälften durch Gegenwirkung der beiden Ströme die folgenden Anschläge:

$$\begin{array}{l} \text{Lage I: } a_1 = M [A \{w_2 (w_1 + w_6) + w (w_2 + w_6)\} - B \{w_1 (w_2 + w_6) + w (w_1 + w_6)\}] \\ \text{Lage II: } a_2 = M' [A \{w_1 (w_2 + w_6) + w' (w_1 + w_6)\} - B \{w_2 (w_1 + w_6) + w' (w_2 + w_6)\}] \end{array} \quad 3)$$

Aus den Gleichungen 3) ergeben sich alle für den Gebrauch des Differentialgalvanometers wesentlichen Gesichtspunkte.

Ist nun zunächst $a_1 = a_2 = 0$, so erhält man aus Gl. 3) zwei Ausdrücke für das Verhältnis der Galvanometerwirkungen A/B , die gleich zu setzen sind. Dies ergibt eine Gleichung von der Form

$$C(w_1 - w_2) = 0 \quad 4)$$

wo C von Null verschieden ist.

Die beiden Widerstände w_1 und w_2 sind also gleich, wenn der Ausschlag in beiden Lagen Null ist, ganz unabhängig davon, in welchem Verhältnis A zu B steht, und wie groß der Galvanometerwiderstand gegen den zu messenden Widerstand ist.

Für das Wirkungsverhältnis erhält man, da $w_1 = w_2$ ist, in diesem Fall

$$\frac{A}{B} = \frac{w_1 + w_5}{w_1 + w_6} \quad 5)$$

Die Herstellung dieses Widerstandsverhältnisses $(w_1 + w_5) : (w_1 + w_6)$ wird durch den Zusatzwiderstand g bzw. den Nebenschluß n von selbst dadurch bewirkt, daß $a_1 = a_2 = 0$ gemacht wird.

Ist $a_1 = a_2$, aber von Null verschieden, gehen also die Ausschläge des Galvanometers beim Umlegen des Kommutators gleich weit nach derselben Seite, so erhält man, falls $J = J'$ und $w = w'$ ist, also wenn durch das Umlegen keine Widerstandsänderungen im Stromkreis auftreten, genau dasselbe Resultat, wie oben. Sind dagegen die Größen J und w in beiden Lagen verschieden, was im allgemeinen der Fall sein wird, so gilt diese Folgerung nur noch angenähert, aber die Annäherung ist eine so große, daß bei kleinen Ausschlägen die Abweichung völlig zu vernachlässigen ist.

Setzt man nämlich

$$\frac{M'}{M} = 1 + \eta,$$

wo η eine kleine Größe ist, so erhält man aus Gl. 3), wenn $a = a_1 = a_2$ ist, für die Größe $\varepsilon = (w_2 - w_1) : w_1$ unter Vernachlässigung von Größen zweiter Ordnung und unter Berücksichtigung der nahe gültigen Beziehung Gl. 5) den Ausdruck

$$\varepsilon = \frac{a}{A \cdot J} \cdot \frac{(w_1 + w_2)(2w + w_1 + w_2)}{2w_1(w + w_2)} \left(\eta + \frac{w' - w''}{w_1 + w_2} \right) \dots \dots \dots 6)$$

Hierin ist nachträglich $w_1 = w_2$, $w_3 = w_4$, $A = B$ gesetzt u. s. w., da es sich nur um einen Überschlag für die Größe der Abweichung zwischen w_1 und w_2 handelt.

$A \cdot J$ ist der Ausschlag, den man bei einer Wickelung erhalten würde, wenn sie allein vom Strom J durchflossen würde, während a der von der differentiellen Wirkung übrig bleibende Ausschlag ist, den man immer durch die Nebenschlüsse n und N klein machen kann.

Der Ausdruck a/AJ ist also sehr klein; hat man z. B. $A = 10^8$ Skalenteile, $J = 10^{-2}$ Ampere und $a = 100$ Skalenteile, was schon ein recht großer Ausschlag ist, so hat dieser Ausdruck immer erst die Größe 10^{-4} . Da dies noch mit den kleinen Größen des Klammersausdrucks multipliziert wird, so ist die Größe auf der rechten Seite wohl in allen praktischen Fällen kleiner als 10^{-6} . Diese Übereinstimmung von w_1 und w_2 ist aber fast bei allen Präzisionsmessungen ausreichend.

Wir können also das Resultat der vorstehenden Betrachtungen dahin aussprechen, daß unabhängig von dem Wirkungsverhältnis $A : B$ und unabhängig von dem Verhältnis des Galvanometerwiderstandes zu dem zu messenden Widerstand stets die zu vergleichenden Widerstände beim Messen nach der Kohrauschschen Methode gleich sind, wenn beim Umliegen des Kommutators die beiden Ausschläge gleich groß und nach derselben Seite gerichtet sind.

Beim praktischen Messen wird man allerdings die Ausschläge nicht wirklich gleich machen, sondern mittels zweier Nebenschlüsse N_1 und N_2 interpolieren, die zu beiden Seiten des richtigen Nebenschlusses N liegen, und diesen aus den verschiedenen Ausschlägen berechnen.

Beispiel. Aus einem Beispiel, einer Vergleichung zweier Widerstände von 1 Ohm, wird dies noch näher klar werden¹⁾.

		Ausschläge für	
		$N_1 = 74 \text{ Ohm}$	$N_2 = 75 \text{ Ohm}$
Lage I:	— 7,2		+ 1,2
„ II:	+ 2,2		— 5,2
<hr/>			
I—II:	— 9,4		+ 6,4
<hr/>			
Hauptstrom kommutiert:			
Lage I:	+ 6,8		— 1,3
„ II:	— 2,3		+ 5,0
<hr/>			
II—I:	— 9,1		+ 6,3
<hr/>			
Mittel	— 9,2		+ 6,3

Die Ausschläge in der Lage I und II werden also durch Subtraktion kombiniert; man erhält demnach für $N_1 = 74 \text{ Ohm}$ einen Ausschlag von $-9,2 \text{ Skt.}$, für $N_2 = 75 \text{ Ohm}$ einen Ausschlag von $+6,3 \text{ Skt.}$ Wenn die Abgleichung von n ganz richtig wäre, müßte man im ersten Fall den Ausschlag $-4,7$ in Lage I, $+4,7$ in Lage II, im zweiten Fall von $+3,2$ in Lage I, $-3,2$ in Lage II erhalten haben. Man hätte dann dieselben Endzahlen bekommen. Es ist aber absichtlich ein Beispiel gewählt, in dem die Abgleichung von n nicht so weit getrieben ist, um zu zeigen, wie durch richtige Kombination der Ausschläge diese Ungleichheit der beiden Lagen eliminiert werden

¹⁾ Vgl. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* 2, S. 424. 1895.

kann. Wäre dagegen N richtig abgeglichen gewesen, und n hätte denselben Wert wie im Beispiel behalten, so hätte man etwa bekommen

Lage I:	- 2,5
" II:	- 2,5
Differenz	0 ,

da ja Ausschläge von gleicher Größe nach derselben Seite aussagen, daß die zu messenden Widerstände gleich sind.

Die Empfindlichkeit ist in diesem Fall derart, daß einem Unterschied der Widerstände von $1,8 \cdot 10^{-4}$ des Betrages ein Ausschlag von 8 Skt. entspricht. Aus den beiden Nebenschlüssen berechnet sich derjenige Nebenschluß N , der beide Widerstände gleich macht, durch Interpolation zwischen $1/N_1$ und $1/N_2$ und ferner die Differenz der zu vergleichenden Widerstände w_1 und w_2 , wenn der Nebenschluß an w_2 gelegen hatte, aus

$$\frac{1}{w_1} - \frac{1}{w_2} = \frac{1}{N};$$

d. h., es ist

$$w_2 - w_1 = \frac{w_1 w_2}{N}.$$

Das Verfahren ist also in der Anwendung und Berechnung sehr bequem.

Empfindlichkeit. Es entsteht nun die Frage, welchen Widerstand man am besten für die Galvanometerzweige wählen soll. Die größte Empfindlichkeit wird theoretisch mit dem Differentialgalvanometer erreicht, wenn der Widerstand der Galvanometerwicklung dem parallel geschalteten, zu messenden Widerstand gleich ist, wenn also

$$w_1 = w_2 = w_3 = w_4.$$

Da der Widerstand des Galvanometers meist in gewissen Grenzen variabel ist und nicht gegen den zu messenden Widerstand groß zu sein braucht, so wird man sich am besten der obigen Bedingung soweit zu nähern suchen, als es aus praktischen Gründen möglich ist. Bei der Messung sehr kleiner Widerstände wird man die Bedingung im allgemeinen nicht mehr einhalten können.

Aus Gl. 3) ergibt sich die Empfindlichkeit, d. h. der Ausschlag für eine gewisse Differenz $w_2 - w_1$ bei gegebener Stromstärke. Setzt man $w_2 = w_1(1 + \epsilon)$, $w_1 = w_3 = w_4$, $A = B$, so erhält man

$$a = \frac{A J}{4} \epsilon$$

oder, da der Strom i_1 in dem zu messenden Widerstand w_1 (die Belastungsstromstärke) für diesen Fall gleich $1/2 J$ ist,

$$a = A i_1 \frac{\epsilon}{2}.$$

Ist nun der Ausschlag für 1 Ampere und einen Galvanometerwiderstand von 1 Ohm gleich C , so ist, da das Galvanometer den Gesamtwiderstand $2 w_1$ besitzt, der Ausschlag für die Hälfte der Windungen

$$A = \frac{C}{2} \sqrt{2 w_1}.$$

Die maximal erreichbare Empfindlichkeit ist also bei einer Belastung des Widerstands w_1 mit dem Strom i_1

$$a = \frac{C}{2 \sqrt{2}} i_1 \sqrt{w_1} \cdot \epsilon.$$

Ist w_1 nicht gleich w_2 , so wird a im Verhältnis $\sqrt{w_1/w_2}$ kleiner.

Vergleich mit der Empfindlichkeit der Wheatstoneschen, bezw. Thomsonschen Methode. Es ist von Interesse, die maximale Empfindlichkeit der Differentialmethode mit der

jenigen der Brückenmethode, ebenfalls unter der günstigsten Anordnung, zu vergleichen, wenn der zu messende Widerstand mit derselben Stromstärke i_1 belastet ist. Diese Bedingung muß als Grundlage bei der Vergleichung verschiedener Methoden angenommen werden. Aus der Gleichung für die Stromstärke i_0 im Gavanometerzweig der Wheatstoneschen Brücke (Fig. 4)

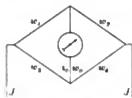


Fig. 4.

$$i_0 = J \frac{w_1 w_4 - w_2 w_3}{w_0 (w_1 + w_2 + w_3 + w_4) + (w_1 + w_3)(w_2 + w_4)}$$

ergibt sich die Empfindlichkeit in ähnlicher Weise wie vorher.

Die Anordnung ist am empfindlichsten, wenn der Widerstand w_0 des Galvanometers gleich dem äußeren Widerstand der Brückenschaltung, d. h. wenn

$$w_0 = \frac{(w_1 + w_3)(w_2 + w_4)}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4}$$

ist. Da

$$i_1 = \frac{J w_2}{w_1 + w_3},$$

so folgt

$$i_0 = i_1 \frac{w_1 w_4 - w_2 w_3}{2 w_3 (w_2 + w_4)}$$

und

$$a = i_1 w_1 \frac{w_1 w_4 - w_2 w_3}{2 w_1 w_3 (w_2 + w_4)} C \sqrt{w_0}.$$

Je nachdem nun

$$w_1 = w_2 (1 + \epsilon), w_3 = w_4 \quad \text{oder} \quad w_1 = w_3 (1 + \epsilon), w_2 = w_4$$

ist, erhält man etwas verschiedene Betrachtungen. Im ersten Fall ist der Widerstand w' des äußeren Galvanometerkreises $w' = 1/2 (w_1 + w_2)$, im zweiten Fall ist $w' = 2 w_1 w_2 / (w_1 + w_2)$; w_0 hat dieselbe Größe wie w' . Die größte Empfindlichkeit erhält man dann im ersten Fall für $w_2 = w_4 = 0$, im zweiten Fall für $w_2 = w_4 = \infty$ (bei konstant gehaltenem i_1); beides sind natürlich Grenzfälle, die nicht erreicht werden. Die Empfindlichkeit ist dann in beiden Fällen gegeben durch

$$a = \frac{C}{2 \sqrt{2}} i_1 \sqrt{w_1 \epsilon}.$$

ist also bei der gleichen Belastung gerade so groß wie beim Differentialgalvanometer.

Soll eine Änderung an den Meßwiderständen w_1, w_2 bzw. w_1, w_2 dieselbe Empfindlichkeit haben, wie die Änderung der Vergleichswiderstände (w_3, w_4 bzw. w_2, w_4), so sind alle Widerstände w_0, w_1, w_2, w_3, w_4 gleich zu machen, und die Empfindlichkeit ist um den Faktor $\sqrt{2}$ kleiner:

$$a = \frac{C}{4} i_1 \sqrt{w_1 \epsilon}.$$

Bei der Thomsonschen Methode ist die Empfindlichkeit wegen der Überbrückungswiderstände noch ungünstiger, da der äußere Schließungswiderstand des Galvanometers dadurch vergrößert wird (vgl. diese Zeitschr. 23, S. 75, 1903). Haben die Überbrückungswiderstände die Größe w_5, w_6 , so ist der Widerstand des Galvanometerzweiges

$$w_0' = w_0 + \frac{w_5 w_6}{w_5 + w_6}$$

und der äußere Schließungskreis des Galvanometers wird um das zweite Glied von w' größer. Da im Fall der Thomsonschen Brücke bei Vergleichung gleich großer

Widerstände immer nahe $w_1 = w_2$, $w_3 = w_4$, $w_5 = w_6$ gemacht wird, so ist also am günstigsten $w_0 = \frac{1}{2}(w_1 + w_3 + w_5)$.

Die Empfindlichkeit ergibt sich dann zu

$$a = \frac{C i_1}{2 \sqrt{2}} \sqrt{\frac{w_1}{w_1 + w_3 + w_5}} \sqrt{w_1} \epsilon,$$

also um den Faktor

$$\sqrt{1 + \frac{w_3 + w_5}{w_1}}$$

kleiner als im günstigsten Falle der Wheatstoneschen Brücke. Die Widerstände w_3 und w_5 dürfen aus praktischen Gründen nicht klein gemacht werden, sondern sind meist erheblich größer als w_1 .

Doch ist zu beachten, daß auch bei der Differentialmethode für die Messung kleiner Widerstände meist nicht mehr die günstigste Anordnung bezüglich des Galvanometerwiderstandes getroffen werden kann, daß also die für das Differentialgalvanometer angegebene Empfindlichkeit in diesem Fall auch entsprechend verkleinert wird.

Einfluss von Isolationsfehlern im Galvanometer. Größere Isolationsfehler zwischen den beiden Drahtwicklungen können unter Umständen die Messung erheblich fälschen; gute Isolation der Drähte ist deshalb bei dem Differentialgalvanometer ein wesentliches Erfordernis. Die Größe des Isolationswiderstandes läßt sich mit Hilfe der getrennten Enden der Drähte leicht feststellen. Falls man im Zweifel ist, ob die gemessene Isolation für den vorliegenden Zweck ausreicht, z. B. um eine Genauigkeit von 10^{-6} in der absoluten Vergleichung zweier Widerstände zu erhalten, so kann man die beiden Widerstände gegen einander vertauschen und die Messung wiederholen. Findet man dann bis auf die gewünschte Stelle dasselbe Resultat wie vorher, so ist die Isolation für die betreffende Messung genügend groß. Ein durch Isolationsfehler im Galvanometer entstehender Nebenschluß kann in zweierlei Weise die Messung beeinflussen, indem er einmal einen Nebenschluß zu dem zu messenden Widerstand bilden und dadurch dessen Wert scheinbar verändern kann, und indem zweitens die elektrodynamische Wirkung des Galvanometers durch Ströme, welche zwischen den getrennten Windungen auftreten, beeinflusst werden kann. Die Wirkung der Isolationsfehler auf das Ergebnis der Messung ist je nach dem Sitz der Fehler eine verschiedene.

Z. B. ist ein Nebenschluß zwischen den Enden 1 und 4, bezw. 2 und 3 (s. Fig. 2) unschädlich, ebenso ein solcher zwischen den Mitten der Galvanometerwicklungen, während ein Nebenschluß zwischen 1 und 2 bezw. 3 und 4 den einen der Widerstände scheinbar verkleinert, ohne elektrodynamisch wirksam zu sein. Ferner ist ein gleichmäßig über die ganze Länge der Galvanometerwindungen verteilter vollkommen symmetrischer Nebenschluß wirkungslos.

Zusammenfassung. Faßt man die vorstehenden Betrachtungen nochmals kurz zusammen, so ist für das Differentialgalvanometer eine gute Isolation erwünscht, dagegen ist eine Abgleichung der dynamischen Wirkung und des Widerstandes der beiden Galvanometerhälften nicht erforderlich, wenn die Beobachtungen nach dem Kohlrauschschen Verfahren mit Benutzung des sechsnäpfigen Kommutators vorgenommen und in der angegebenen Weise (durch Subtraktion der in beiden Lagen erhaltenen Ausschläge) kombiniert werden. Zur Erreichung größtmöglicher Empfindlichkeit, die dann derjenigen der Wheatstoneschen Brückenmethode in der günstigsten Anordnung gleich wird, ist der Widerstand der Galvanometerhälften dem zu messenden

Widerstände nahe gleich zu machen. Die durch den Ausschlag a des Galvanometers gemessene Empfindlichkeit bei einer Belastung des Widerstandes w mit der Stromstärke i ist dann für eine Änderung des zu messenden Widerstandes um den Bruchteil ε gegeben durch $a = (C/2\sqrt{2})\varepsilon \cdot i\sqrt{w}$, wenn C den Ausschlag des Galvanometers bei 1 Ohm Widerstand und für 1 Ampere bedeutet.

Die Empfindlichkeit der Thomsonschen Brückenmethode ist infolge der Überbrückungswiderstände entsprechend geringer, wobei in allen Fällen die Voraussetzung gemacht ist, daß bei der gleichen Strombelastung des zu messenden Widerstandes im übrigen die günstigste Anordnung getroffen wird.

Charlottenburg, Oktober 1904.

Über eine Kadmiumamalgamlampe aus Quarz.

Von

O. Lummer und E. Geheke.

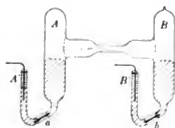
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Hr. Gumlich¹⁾ hat eine mit Kadmiumamalgam gefüllte Vakuumbogenlampe angewendet, welche in das Spektrum des Quecksilbers die lichtstarken Kadmiumlinien einzieht. Für manche Zwecke der messenden Optik wird damit eine fühlbare Lücke ausgefüllt. Trotz dieses Vorteils hat sich indes die Amalgamlampe bisher nicht einzuführen vermocht, vor allem weil ihre Lebensdauer nur gering ist; während eine regelrecht hergestellte Quecksilberlampe jahrelang gebrannt werden kann, zerspringt die Kadmiumamalgamlampe zuweilen schon nach wenigen Versuchen.

Nachdem es in neuerer Zeit der Firma W. C. Heraeus in Hanau gelungen ist, auch Quecksilberlampen aus Quarz herzustellen, lag es nahe — Hr. Gumlich hat diesen Gedanken bereits ausgesprochen²⁾ —, zu versuchen, ob sich bei Anwendung eines solchen aus amorphem Quarz hergestellten Lampengehäuses eine zu dauernder Benutzung geeignete Kadmiumamalgamlampe konstruieren läßt. Wie unsere Versuche gezeigt haben, ist dies der Fall.

Da die Füllung einer derartigen Quarzlampe nicht nur auf Kadmium- oder sonstige Amalgame beschränkt erscheint, sondern sich vermutlich auch auf andere, leicht schmelzbare Metalle, wie z. B. reines Kadmium, Zinn u. s. w., ausdehnen läßt, und da ferner die Herstellung solcher Lampen für die Spektroskopie eine große Bedeutung hätte, so teilen wir im folgenden unsere bisherigen Erfahrungen mit.

Durch die entgegenkommende Bereitwilligkeit der Firma W. C. Heraeus haben wir zwei Lampen aus Quarz erhalten, denen wir für besondere Zwecke folgende Form gegeben haben.



Zwei senkrechte, zylindrische Rohre A und B von 1,5 cm Durchmesser sind durch eine zwischen zwei weitere Rohrstücke gefaßte Kapillare von 0,2 cm Durchmesser zu einem H-artigen Gefäß verbunden. Die Schenkel sind mit Quecksilber bezw. mit Amalgam gefüllt; ihr unteres, verjüngtes Ende ist doppelt rechtwinklig umgebogen und läuft in je ein nach oben offenes, engeres Rohr A' und B' von 0,5 cm Durchmesser aus. Bei a und b ist je ein Stück Iridiumdraht eingeschmolzen,

¹⁾ E. Gumlich, *diese Zeitschr.* 17. S. 161. 1897.

²⁾ E. Gumlich, *diese Zeitschr.* 24. S. 120. 1901.

welches die Gefäße *A* und *B* leitend abschließt. Die sichere Dichtung geschieht in der Weise, daß man die Röhre *A'* und *B'* ebenfalls mit Metall füllt; als Zuleitung von außen dienen zwei Eisendrähte, die in das Quecksilber eintauchen. Die offenen Enden von *A'* und *B'* sind mit den Eisenelektroden durch Schellack und Chattertonkitt verkittet.

Das Füllen und Auspumpen der Lampe geschieht ohne Schwierigkeit durch ein bei *B* abzuschmelzendes Quarzrohr. Da möglichst vollkommene Luftleere Bedingung für gutes Brennen ist, so schmilzt man (bei *B*) erst ab, nachdem die Lampe längere Zeit gebrannt hat und an allen Stellen von außen mit einem Bunsenbrenner oder Gebläse kräftig erhitzt wurde.

Das von uns angewandte Amalgam enthält auf 100 *g* Quecksilber 14 *g* Kadmium und ist bei gewöhnlicher Temperatur ein weicher Brei, der bei geringem Erhitzen so flüssig wie Quecksilber wird, und der sich noch leicht behandeln läßt. Die beim Füllen mit dem erhitzten Amalgam eintretende schwache Oxydation des Kadmiums ist so gering, daß sie nicht schädlich wirkt.

Die Zündung der Lampe kann durch Schütteln geschehen, bequemer aber mittels eines Zünders, wie er bei Hewittsehen Quecksilberlampen verwandt wird. Der durch eine parallel geschaltete Selbstinduktion fließende Strom (110 Volt) wird plötzlich unterbrochen und erzeugt dann ein so hohes Potential, daß der Raum zwischen den Elektroden *A* und *B* durchschlagen wird. Ist der Lichtbogen eingeleitet, so brennt er mit ein bis zwei Ampere weiter. Vor dem Erregen des Stromes muß die Lampe mit einem Bunsenbrenner angewärmt werden, bis im Innern genügend Metalldampf vorhanden ist. Hat das Metall in den beiden Schenkeln eine passende Höhe, die man durch Neigen und Schütteln regulieren kann, so brennt die Lampe stundenlang von selbst ohne weiteres Anheizen. Sollte sie ausgehen, so ist in der Regel wieder Erwärmen von außen nötig.

Außer sichtbarer Strahlung geht von der Lampe auch intensives ultraviolettes Licht aus, das von dem Quarzgehäuse hindurchgelassen wird. Wir pflegen die Lampe in einem Kasten aus Kupferblech, der mit Glasfenstern versehen ist, zu brennen, um die Gefahr, die die ultraviolette Strahlung für die Augen mit sich bringt, und auch den Ozongeruch¹⁾ zu beseitigen.

Das von der Lampe ausgesandte Licht enthält folgende lichtstarke Wellenlängen des sichtbaren Spektrums:

	Cd	Hg	Hg	Hg	Cd	Cd	Cd	Hg
$\lambda =$	644	579	577	546	509	480	468	436 $\mu\mu$.

Die Intensität der Linien ist eine wechselnde je nach den Brennbedingungen der Lampe, auch die Gesamtfarbe des ausgesandten Lichts variiert und schwankt zwischen weißlichblau und grünlichweiß. Die Quecksilberlinien, besonders 546 $\mu\mu$, sind am hellsten, aber auch die Kadmiumlinien, hauptsächlich 509 $\mu\mu$, sind von beträchtlicher Helligkeit. Das meiste Licht wird in der Richtung der Kapillaren ausgesandt; hier sind die Kadmiumlinien von für das Auge unerträglicher Stärke.

Bei Beobachtung in unserem Interferenzspektroskop, mit einer planparallelen Platte von 0,5 *cm* Dicke und 20 *cm* Länge, waren die Hg-Linien, entsprechend dem hohen Dampfdruck im Innern der Lampe, verwaschener als in der von dem einen von uns angegebenen Lampenkonstruktion²⁾. Auch die Trabanten der Linien kommen,

¹⁾ Der Ozongeruch ist übrigens bei einer mit reinem Hg gefüllten Lampe intensiver als bei der Amalgamlampe.

²⁾ O. Lummer, diese Zeitschr. 21. S. 201. 1901.

zumal bei starker Kühlung, in letzterer prägnanter zur Ausbildung. Die Kadmiumlinien zeigten, obwohl sie sämtlich Trabanten besaßen, eine einfachere Struktur als die Quecksilberlinien. Die Linien 509 und 480 $\mu\mu$ hatten je 5 Trabanten, während die rote Linie 644 $\mu\mu$ in Übereinstimmung mit den Resultaten Michelsons¹⁾ die einfachste Struktur besaß, aber immerhin einen unsymmetrischen, zusammengesetzten (dreifachen²⁾) Bau zeigte. Die Trabanten der Kadmiumlinien bilden jedoch kein so konstantes Phänomen wie diejenigen der Quecksilberlinien; je nach den Bewegungen und Variationen des Lichtbogens treten sie mit verschiedener Intensität und an verschiedenen Stellen des Interferenzspektrums hervor. Bei manchen, zufällig für kurze Zeit sich einstellenden Brennbedingungen der Lampe ließ sowohl die Linie 644, als auch 509 $\mu\mu$ gar keine Trabanten erkennen; hierbei war die Lichtstärke keineswegs gering. Auch von Hrn. Fabry³⁾ sind Veränderungen der Trabanten der Kadmiumlinien beobachtet worden. Diese Tatsache erscheint uns für die Verwendung derselben als Normalen des Längenmaßes nicht ohne Bedeutung zu sein.

Was die Lebensdauer der Kadmiumamalgamlampe anlangt, so scheint zwar kein Grund vorzuliegen, daß diese beschränkt wird; bei der von uns beschriebenen Lampe trat indes mit der Zeit eine Verschlechterung des Brennens ein, insofern, als man früher weniger stark zu erhitzen hatte, um den Lichtbogen einzuleiten. Auch erlosch die Lampe in ihrem späteren Zustand häufiger, und es erwies sich als passend, auch während des Brennens dauernd mit einem Bunsenbrenner zu erhitzen; erst dann brannte die Lampe wieder beliebig lange weiter. Wir sind ungewiß, ob die genannte Verschlechterung mit einer Entwicklung okkludierter Gase aus dem Metall und dem Quarz zusammenhängt, oder ob die geringe Menge von an den Wänden abgesetztem, gelblichem Oxyd hier eine Rolle spielt. Als die Lampe aber von neuem ausgepumpt und erhitzt wurde, nahm sie ihre anfänglichen guten Eigenschaften wieder an.

Referate.

Der Lowell-Spektrograph.

Von V. M. Slipher. *Astrophys. Journ.* **20**, S. 1. 1904.

In die Reihe der mit großen Sternspektrographen ausgerüsteten Sternwarten ist nun auch das Lowell-Observatorium in Flagstaff (Arizona) getreten. Die Entstehungsgeschichte dieser Sternwarte ist so interessant, daß ich darüber einige Worte vorausschieken möchte. Da im Oktober 1894 eine günstige Marsopposition stattfand, entschloß sich Hr. Percival Lowell, ein eifriger Beobachter, der sich namentlich für die Untersuchung der Planetenoberflächen interessiert, eine Sternwarte eigens für diesen Zweck unter möglichst günstigen atmosphärischen Verhältnissen zu bauen. Er verband sich hierzu mit einem zweiten Beobachter, Hrn. A. E. Douglass, welcher auf Vorschlag von Prof. W. H. Pickering im März 1894 mit einem 6-Zöller nach dem Hochplateau von Arizona reiste, um einen geeigneten Punkt für den Bau der Sternwarte auszuwählen. Man entschied sich für einen Punkt in der Nähe des Städtchens Flagstaff, der in 2200 m Höhe inmitten ausgedehnter Kiefernwälder liegt und sich durch ganz vorzügliche Luftverhältnisse auszeichnet.

Das größte, sofort erhältliche Objektiv war ein 18-Zöller, den Brashear soeben vollendet hatte und für die Expedition zur Verfügung stellte. Am 23. April wurde der Bau der

¹⁾ A. Michelson, *Trac. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures* **11**, S. 143. 1895.

²⁾ O. Lummer, *diese Zeitschr.* **21**, S. 201. 1901.

³⁾ Ch. Fabry, *Compt. rend.* **138**, S. 854. 1904.

Beobachtungsstation in Angriff genommen und bereits am 1. Juni konnte mit den regelmäßigen Planetenbeobachtungen begonnen werden. Die drehbare Kuppel, in welcher der Refraktor aufgestellt wurde, bestand aus einer mit Segeltuch überzogenen Holzkonstruktion; ein komplizierter Beobachtungsstuhl wurde dadurch entbehrlich gemacht, daß der Fußboden des Beobachtungsraumes nicht eben, sondern in Form von kreisförmigen Stufen angelegt wurde.

Nach Ausführung der beabsichtigten Beobachtungen an Mars und Jupiter wurde im Frühjahr 1895 das geliehene Instrument an Brashear zurückgegeben und ein größerer Refraktor von 24 Zoll (61 cm) Öffnung und dem Öffnungsverhältnis 1:16 bei Alvan Clark bestellt. Dieses Instrument, welches das letzte von Clark selbst geschliffene Objektiv enthält, gelangte am 1. Juli 1896 zur Ablieferung und konnte schon am 23. Juli in der größeren, neu gebauten Kuppel in Flagstaff in Benutzung genommen werden. Auch im Dezember 1896 stand eine günstige Marsopposition bevor; da man jedoch bemerkt hatte, daß in Arizona das Wetter im Winter für die Beobachtungen weniger geeignet war, so brach man kurz entschlossen die ganze Sternwarte ab und transportierte sie nach Tacubaya in der Nähe von Mexiko, wo vom November 1896 bis März 1897 in 2300 m Höhe unter den günstigsten atmosphärischen Verhältnissen beobachtet wurde. Seit dem Mai 1897 steht der 24-Zöller nun dauernd wieder in Flagstaff. Der Transport des großen Instrumentes und seiner Kuppel nach Mexiko und zurück hatte in der regelmäßigen Benutzung desselben nur Lücken von 7 bzw. 6 $\frac{1}{2}$ Wochen verursacht.

Um die an dieser Sternwarte ausschließlich gepflegte Untersuchung der Planetenoberflächen auch durch spektroskopische Beobachtungen vervollständigen zu können, wurde im Jahre 1900 ein großer Spektrograph oder vielmehr ein spektroskopischer Universalapparat bei Brashear bestellt. Der ganze Entwurf der Konstruktion des Instrumentes, welches Anfang 1902 zur Ablieferung gelangte, rührt von Brashear her, dem nur der allgemeine Auftrag gegeben war, einen möglichst leistungsfähigen Apparat für den vorgelegten Zweck zu konstruieren. Das Instrument sollte einerseits dazu dienen, an den lichtstärkeren Planeten spektroskopische Geschwindigkeitsmessungen zur Untersuchung der Rotationszeiten auszuführen, andererseits sollte es auch noch bei den lichtschwachen äußeren Planeten in allen Teilen des Spektrums Beobachtungen über die Konstitution der Atmosphären ermöglichen. Diese verschiedenen Zwecke konnten nur durch die Anbringung auswechselbarer Teile erreicht werden. Das Instrument besteht daher aus einem gemeinsamen Kollimatorteil, an den verschiedene dispergierende Systeme und Beobachtungsrohre angesetzt werden können.

Der Kollimatorteil ist ganz analog demjenigen des Mills-Spektrographen der Lick-Sternwarte konstruiert, jedoch wird der Apparat, an Stelle der beim Mills-Spektrographen angewandten vier Säulen, nur von drei nach der Prismenbüchse zu konvergierenden Stahlrohren getragen; diese Verminderung der tragenden Teile dürfte für die Festigkeit des Apparates nicht gerade vorteilhaft sein. Das Kollimatorobjektiv hat 30,5 mm Öffnung und 490 mm Brennweite. Die Backen des durch eine Schraube symmetrisch zu öffnenden Spaltes sind aus Spiegelmetall und auf der Außenseite poliert, sodaß das Halten des Sterns nach der Hugginsschen Methode unter Benutzung des von den Spaltbacken reflektierten Lichtes geschehen kann. Auch eine Einrichtung für das Halten nach der Vogelschen Methode (Benutzung des von der ersten Prismenfläche reflektierten Lichtes) ist vorgesehen. Vor dem Spalt sind die üblichen Apparate zur seitlichen Begrenzung des Spektrums und zur Erzeugung des Vergleichsspektrums angebracht. Um den Spalt in die Brennebene des großen Objektivs einstellen zu können, besitzt der Kollimator eine geringe Längsverschiebung, und außerdem ist noch eine Drehung des ganzen Spektralapparates um die Kollimatorachse zur Einstellung des Spaltes in einen beliebigen Positionswinkel vorgesehen.

Als dispergierende Teile können ein Kronglasprisma, ein Flintprisma, ein Satz von drei Flintprismen oder ein Rowlandsches Plangitter Anwendung finden, und diese Teile lassen sich für direkte optische Beobachtung mit zwei Beobachtungsfernrohren von 33 mm Öffnung und 255 mm bzw. 495,4 mm Brennweite, für photographische Aufnahmen mit zwei Kamera-

teilen von 385,7 mm bzw. 471,4 mm Länge verbinden. Auch für den Kollimator sind zwei Objektive vorhanden, die beim Übergang von optischen zu photographischen Arbeiten gegen einander ausgewechselt werden. Um mit dem Dreiprismensatze in allen Teilen des Spektrums arbeiten zu können, ist derselbe mit automatischer Einstellung auf das Minimum der Ablenkung versehen.

Wie man sieht, lassen sich aus den angegebenen Teilen eine große Anzahl von Kombinationen herstellen, und der vorliegende Apparat dürfte wohl der universellste sein, der bisher konstruiert worden ist. Durchaus richtig ist dabei der früher auch schon von anderer Seite ausgeführte Gedanke, denselben Kollimator gleichsam als unveränderliches Ansatzstück des Refraktors für alle Apparate beizubehalten. Denn die Dimensionen des Kollimators werden neben der ganz allgemein gültigen Forderung, daß er möglichst lange Brennweite haben soll, allein durch das Öffnungsverhältnis des Refraktors bestimmt und sind von der Art des dispergierenden Systems und des Beobachtungsrohres ganz unabhängig. Bei der Kombination so vieler verschiedener Teile muß man allerdings zwei Unannehmlichkeiten mit in Kauf nehmen. Erstens ist es möglich, daß die Stabilität des Spektralapparates, wenn die Verbindung der Teile nicht sehr sorgfältig bewirkt wird, darunter leidet. Zweitens muß der Beobachter für jede neue Kombination und für jede Stellung des Prismensatzes neue Formeln zur Reduktion der Messungen ableiten, eine Aufgabe, die bei häufigem Wechseln einen großen Arbeitsaufwand erfordert. So lassen sich z. B. unter Benutzung der beiden photographischen Kameras die folgenden linearen Dispersionen an der Stelle $H\gamma$ erreichen:

1 Kron-Prisma, kurze Kamera . . .	1 mm = 76 Å.
1 Kron-Prisma, lange Kamera . . .	1 „ = 62 „
1 Flint-Prisma, kurze Kamera . . .	1 „ = 39 „
1 Flint-Prisma, lange Kamera . . .	1 „ = 32 „
3 Flint-Prismen, kurze Kamera . . .	1 „ = 14,5 „
3 Flint-Prismen, lange Kamera . . .	1 „ = 11,4 „

Um den Apparat während langer photographischer Aufnahmen vor Temperaturschwankungen zu schützen, ist derselbe, wie alle jetzt benutzten größeren Sternspektrographen, mit einer elektrischen Heizvorrichtung versehen, deren Wirkung der Beobachter nach den Ablesungen eines neben der Prismenbüchse befindlichen Thermometers mit der Hand reguliert.

Der Beobachter hat die Linsen und Prismen des Apparates nicht einzeln geprüft, meint jedoch nach einigen Versuchen die Ansicht aussprechen zu dürfen, daß das Glas der Prismen nicht völlig homogen sei. Ein solches Urteil ist jedoch auf Grund so wenig eingehender Versuche nicht erlaubt, da der Fehler sehr wohl auch in den Linsen oder noch wahrscheinlicher in den Flächen der Prismen liegen kann. Nur wenn man alle diese Teile einzeln untersucht, kann man den Grund des Fehlers auffinden und ihn beseitigen.

J. H.

Zur Methodik der seismometrischen Beobachtungen.

Von Fürst B. Galitzin. 111 S. Petersburg 1903.

Bei allen schwingenden Systemen, die mit der Absicht konstruiert sind, durch ihre Bewegungen den Verlauf äußerer Einwirkungen wiederzuspiegeln, treten dieser Absicht die Eigenschwingungen des Systems hinderlich entgegen. Die Herabminderung ihres Einflusses ist daher eine der Hauptaufgaben bei der Konstruktion solcher Instrumente, ohne deren Lösung der wahre Verlauf der äußeren Einwirkungen nur auf sehr kompliziertem Wege festgestellt werden kann. Dies gilt um so mehr, je unregelmäßiger die letzteren sind. Während man regelmäßig verlaufende äußere Einwirkungen, etwa vom Charakter einfacher Sinusschwingungen, auch ohne Schwierigkeit durch ein Instrument mit ausgeprägten Eigenschwingungen erkennen kann — man kann sogar die Resonanz zwischen den Eigenschwingungen und dem Verlauf der äußeren Störungen benutzen, um den Effekt der letzteren beliebig zu steigern —, ist eine Verfolgung unregelmäßiger äußerer Einwirkungen aus den Aufzeichnungen eines Instrumentes mit kräftigen Eigenschwingungen praktisch

nur schwer durchführbar. Die Verminderung des Einflusses der Eigenschwingungen ist daher von besonderer Bedeutung für die seismischen Instrumente, mit denen sich die vorliegende Arbeit beschäftigt, da die Bodenbewegungen, die sie aufzeichnen sollen, relativ unregelmäßig sind.

Die Arbeit knüpft an das Horizontalpendel an, obwohl die Betrachtungen im wesentlichen auch für andere seismische Apparate gültig sind; sie zerfällt in zwei Teile, einen theoretischen und einen experimentellen.

Im ersten Teile wird zunächst die Bewegung eines Horizontalpendels unter dem Einfluß einer äußeren Einwirkung behandelt, und zwar werden die beiden Hauptfälle betrachtet, daß die äußere Einwirkung wie eine einfache Sinusschwingung verläuft, und daß sie aperiodisch ist, aber einer linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung mit konstanten Koeffizienten genügt. Die Entwicklungen, die theoretisch durchaus keine Schwierigkeiten bieten, führen im ersten Falle zu dem auch sonst bekannten Resultat, daß die Periode der erzwungenen Schwingung mit der Periode der äußeren Einwirkung übereinstimmt, während die Phasen sich im allgemeinen um eine Konstante unterscheiden. Die Darstellung, die der Verf. im zweiten Falle von der Bewegung des Horizontalpendels gibt, ist nicht immer möglich, wenigstens wenn man sich auf reelle Größen beschränkt. Denn die Gleichungen (50) und (51) auf S. 18 haben nicht immer eine reelle Lösung, nämlich jedesmal dann nicht, wenn nach den Bezeichnungen des Verf. der Dämpfungskoeffizient δ des Horizontalpendels zwischen den beiden positiven Größen $\frac{n^2 + \nu_1^2}{2\nu_1}$ und $\frac{n^2 + \nu_2^2}{2\nu_2}$ liegt. Eine aperiodisch verlaufende äußere Einwirkung kann selbst durch ein aperiodisch gemachtes Instrument noch merklich verzeichnet werden. Damit sie richtig wiedergegeben werde, ist nicht nur notwendig, daß die Bewegung des Instrumentes aperiodisch sei, sondern auch, daß sie bereits nach viel kürzerer Zeit abklingt als die äußere Einwirkung.

Die Anwendung einer starken Dämpfung hat andererseits den Nachteil, daß die Ausschläge des benutzten Instruments durch sie verkleinert werden. Man muß deshalb nach einem Mittel suchen, um die durch die Dämpfung verkleinerte Empfindlichkeit des Instruments durch eine geeignete Registriervorrichtung wieder zu vergrößern. Verf., der eine später noch zu besprechende elektromagnetische Dämpfung bei seinem Horizontalpendel angewandt hat, benutzte deshalb als Registrierapparat ein aperiodisches Galvanometer, das durch Regulierung der Stromstärke beliebig empfindlich gemacht werden kann. Für den Übergang von der Bewegung des Horizontalpendels zu der des Galvanometers gilt natürlich, wenn man von der zu vernachlässigenden Selbstinduktion absieht, genau dasselbe wie für den Übergang von der Bodenbewegung zu der des Horizontalpendels, sodaß die Entwicklungen des § 6 im wesentlichen nur eine Wiederholung des Früheren sind. Der Verf. beschreibt noch eine zweite magnetische Vorrichtung zur Vergrößerung der Empfindlichkeit; da er diese aber nicht praktisch benutzt hat, möge hier nicht weiter auf sie eingegangen werden. Im letzten Paragraphen des ersten Teiles endlich wird der Einfluß der Anfangsbedingungen auf die Bewegung eines aperiodischen Galvanometers diskutiert; es handelt sich um die Bestimmung der Integrationskonstanten aus den Anfangsbedingungen, die für die verschiedenen Fälle durchgeführt wird.

Der zweite Teil der Arbeit, der mit einer größeren Zahl von Abbildungen des Instrumentariums und der registrierten Kurven ausgestattet ist, enthält die experimentellen Untersuchungen des Verf. Er hat sich zur Prüfung der Theorie eine besondere Einrichtung bauen lassen, die er als Untersuchungsplattform bezeichnet. Sie besteht aus einer horizontalen Platte, die durch eine starke Feder seitlich gegen einen Zylinder gedrückt wird. Dieser sitzt exzentrisch auf einer Welle, die durch einen Elektromotor in Rotation versetzt werden kann. Rotiert die Welle gleichmäßig, so erleidet die Platte periodische Horizontalverschiebungen, die durch eine einfache Sinusfunktion der Zeit dargestellt werden können. Es ist noch eine zweite Vorrichtung angebracht, um der Platte auch periodisch wechselnde Neigungen zu geben; diese ist aber bei den vorliegenden Untersuchungen nicht benutzt.

Die Versuche erstreckten sich hauptsächlich auf zwei Punkte, nämlich erstens auf die Zulässigkeit einer elektromagnetischen Dämpfung für das Horizontalpendel und zweitens auf die Möglichkeit der Benutzung eines aperiodischen Galvanometers als Registrierapparat. Vorher wurden noch einige Vorversuche gemacht, bei denen das einfache schwach gedämpfte Horizontalpendel auf die Plattform gesetzt wurde. Es zeigte dann die bekannte Erscheinung, daß seine Ausschläge um so mehr wuchsen, je mehr die Plattformbewegung und die Pendelschwingungen in Resonanz traten.

Um die Zulässigkeit der elektromagnetischen Dämpfung zu prüfen, wurde zunächst ein besonderer Apparat benutzt, der im wesentlichen aus einem zylindrischen, bifilar aufgehängten Gewicht bestand. An dem Gewicht war ein Arm mit kupferner Platte befestigt, die in ein starkes elektromagnetisches Feld hineinragte. Die mit diesem Apparat erhaltenen Beobachtungen zeigten, daß seine Bewegungen wie gedämpfte Pendelschwingungen erfolgen, daß also die elektromagnetische Dämpfung das Bewegungsgesetz nicht ändert. Dann wurde das Horizontalpendel auf die Plattform gebracht, nachdem an demselben ein Seitenarm mit viereckiger Kupferplatte befestigt war, die sich zwischen den Polen eines Elektromagneten frei bewegen konnte. Nachdem zunächst die Abhängigkeit der Schwingungsdauer und Dämpfung von der Stromstärke im Elektromagneten und die reduzierte Länge des Horizontalpendels bestimmt war, wurde dasselbe zur Registrierung der Plattformbewegung benutzt. Die Bewegungen des Pendels und der Plattform wurden durch zwei Stifte auf beruftem Papier aufgezeichnet, während ein dritter Stift die Zeitmarken gab. Die erhaltenen Kurven, die in der Arbeit wiedergegeben sind, zeigen eine sehr befriedigende Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung, sodaß an der Zulässigkeit der elektromagnetischen Dämpfung nicht gezweifelt werden kann. Die Stromstärke im Elektromagneten war bei diesen Versuchen so reguliert, daß das Pendel gerade anfang aperiodisch zu werden, was die zur Rechnung nötigen Formeln etwas vereinfacht.

Nach Abschluß dieser Versuche wurde die Registrierung durch ein aperiodisches d'Arsonval'sches Galvanometer studiert, das ebenfalls so reguliert war, daß es gerade anfang aperiodisch zu werden. Die Plattform wurde bei diesen Versuchen nicht benutzt, sondern das Pendel mit der Hand angestoßen. Horizontalpendel und Galvanometer registrierten optisch. Nach Bestimmung der Galvanometerkonstanten zeigte sich auch hier eine gute Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Theorie, und es ergab sich, daß man die Pendelausschläge durch Benutzung des Galvanometers in bedeutend stärkerer Vergrößerung registrieren kann als ohne dasselbe.

Der Verf. spricht zum Schluß den Wunsch aus, daß der von ihm vorgeschlagene Beobachtungsmodus an einer seismischen Station durch Registrierung natürlicher seismischer Bodenbewegungen erprobt werden möge, ein Wunsch, dem man sich nur vollständig anschließen kann.

Ph. F.

Ein Quarzfäden-Vertikalintensitäts-Variometer.

Von W. Watson. *Proc. Phys. Soc. London* **19**, S. 394, 1904; *Phil. Mag.* **7**, S. 393, 1904;

Terr. Magn. and Atm. Electr. **9**, S. 62, 1904.

Die Beobachtung der Schwankungen der erdmagnetischen Vertikalintensität unterliegt viel größeren praktischen Schwierigkeiten, als die der Variationen der horizontalen Komponenten, obgleich man für jene in der Lloydschen Wage ein im Prinzip sehr einfaches und seiner mechanischen Leistungsfähigkeit nach vorzügliches Instrument besitzt. Der Grund liegt außer in der Wandelbarkeit des magnetischen Zustandes in der Geringfügigkeit der zu messenden magnetischen Kräfte im Verhältnis zu dem auf dasselbe System wirkenden Einfluß der Schwere, durch den jene gemessen werden. Muß doch eine magnetische Wage von der üblichen Einrichtung und Abmessung, um brauchbare Resultate zu geben, noch eine Änderung der Vertikalintensität erkennen lassen, deren magnetisches Drehungsmoment dem Moment eines am Ende des Wagemagneten angebrachten Übergewichtes gleichkommt, das ungefähr ein Hundertmillionstel der Masse des Magneten besitzt. Bei so hohen An-

sprüchen an die Empfindlichkeit ist es begreiflich, daß die mechanischen Unvollkommenheiten selbst der besten Schneideneinlagerung, zumal bei einem dauernd arbeitenden Instrument, wie es ein (registrierendes) Variometer ist, merkliche Störungen, insbesondere allmähliche und auch plötzliche Änderungen des Nullpunkts, des Skalenwerts u. dgl. m. zur Folge haben müssen. Bei der aus bestimmten Gründen vorwiegend gewählten Orientierung senkrecht zum magnetischen Meridian kommen hierzu noch Änderungen derselben Elemente infolge von leicht möglichen azimutalen Drehungen des Wagemagnets.

Der Gedanke liegt nahe, diesen Schwierigkeiten durch Benutzung einer Fadensuspension zu entgehen. Einen ersten derartigen Lösungsversuch stellte das Seheringsche Quadrifilar dar. Einfacher noch ist es, das Prinzip der Torsionswaage zu verwenden, besonders seitdem im Quarzfäden für solche Zwecke ein in jeder Beziehung vorzügliches Material zur Verfügung steht. Versuche nach dieser Richtung sind schon von Eschenhagen angestellt und später von Edler fortgesetzt, wenn auch noch nicht zum Abschluß gebracht worden.

Über ein von ihm nach ähnlichen Prinzipien konstruiertes und bereits in längerer Wirksamkeit erprobtes Instrument berichtet W. Watson an den oben angegebenen Stellen. Besonders dankenswert ist es, daß er dabei auch auf die manches Eigenartige bietende technische Seite der Herstellung seines Apparats genauer eingeht. Dieser ist, von dem aus zwei Stahlstäben von 8 cm Länge und 1 mm Durchmesser bestehenden Magnet natürlich abgesehen, fast ganz aus geschmolzenem (amorphem) Quarz gearbeitet. Aus diesem Stoffe besteht auch der nach einem besonderen Verfahren platinerte Spiegel, an dem unter Vermittlung zweier kleiner Ansätze die Magnetstäbe durch kleine Platinbügel befestigt sind, und der durch zwei nahezu in eine Horizontale fallende Quarzfäden von rund 12 cm Länge und 0,08 bis 0,10 mm Dicke getragen wird. Diese Fäden sind mit ihren Enden an einem Rahmengestell befestigt, der eine davon unter Einschiebung einer gleichfalls aus Quarz bestehenden Spiralfeder und einer zur Regulierung der Spannung dienenden Schraube. Auf die weiteren mehr oder minder selbstverständlichen Einzelheiten braucht hier nicht eingegangen zu werden. Es sei nur noch erwähnt, daß das ganze schwingende System nur ungefähr 3 Gramm wiegt, und daß alle aus Quarz bestehenden Teile ausschließlich durch Zusammenschmelzen im Knallgasgebläse miteinander vereinigt sind. Unzweifelhaft wird dadurch eine sehr zuverlässige und vor unkontrollierbaren Veränderungen in hohem Maße geschützte Einrichtung gewonnen; freilich macht auch jede geringfügige Beschädigung das Instrument leicht vollkommen unbrauchbar. Übrigens findet sich in der gegebenen Beschreibung keine Mitteilung über die im Gebrauch tatsächlich erreichte Konstanz der Angaben, speziell über die des Basiswertes; es ist nur gesagt, daß das Instrument zufriedenstellend gearbeitet habe.

Die Reproduktion eines kleinen Stückes einer mit dem Apparat gewonnenen Registrierung zeigt, daß er, dank seinem geringen Trägheitsmoment bei starkem magnetischen Moment, auch schnellen Schwankungen des magnetischen Feldes gut folgt, und daß er eine ziemlich hohe Empfindlichkeit (0,8 γ auf 1 mm der Ordinate der in 1,70 m Abstand registrierten Kurve) besitzt. Diese Leistungen gehen allerdings über das auch mit Wagen üblicher Konstruktion zu erreichende weit hinaus; indessen würde eine Steigerung in dieser Richtung, wenn es darauf ankäme, wohl möglich sein.

Viel wichtiger und eine sehr wertvolle Eigentümlichkeit des Apparates ist es, daß er ohne eine besondere Kompensationseinrichtung von dem störenden Einfluß der Temperaturschwankungen unabhängig gemacht werden kann. Die Möglichkeit hiervon beruht wie bei der zuerst dieses Prinzip benutzenden Eschenhagen-Edlerschen Waage mit Rücklenkungsmagnet auf dem Umstande, daß außer dem Drehungsmoment des Erdmagnetismus und der Schwere noch ein drittes, das gleich dem ersten von der Temperatur abhängig ist, zur Verfügung steht. Hier ist es dasjenige der Torsion der Quarzfäden, das mit wachsender Temperatur beträchtlich steigt. Gibt man daher dem Südpolende des Magnets ein gewisses Übergewicht und bringt man dann den Magnet durch eine entsprechende Torsion des Fadens in horizontale Lage, so ändern sich die beiden Drehungsmomente, das des Magnetismus und

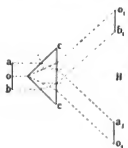
das der Torsion, bei Temperaturvariationen in entgegengesetztem Sinne. Durch passende Bemessung des letzteren, das ja unter entsprechender Verschiebung des Übergewichts innerhalb weiter Grenzen beliebig groß gemacht werden kann, ist es nun möglich, beide Änderungen dem absoluten Werte nach gleich zu machen, sodaß sie einander gerade aufheben. Bei einem Versuche gelang es, diese Aufhebung des Temperatureinflusses so vollkommen zu erreichen, daß eine Temperaturänderung um 7° C. ohne merkbare Wirkung auf die Stellung des Magnets war, was nach den Angaben über die gleichzeitige Empfindlichkeit auf einen wesentlich unter $0,2 \gamma$ bleibenden Einfluß, d. h. auf einen Temperaturkoeffizienten unter $0,03 \gamma$ schließen läßt. Damit ist zu vergleichen, daß bei den üblichen Wagen ein Koeffizient von 1 bis 2γ als recht befriedigend klein gilt.

Ad. Schmidt.

Das Diastoskop, ein neuer optischer Apparat, mit dem man sehr starke Vergrößerungen erhalten und sehr kleine Verschiebungen leuchtender Objekte messen kann.

Von C. Chabrié. *Compt. rend.* **138**, S. 265, 349 u. 560. 1904; *Ann. de chim. et de phys.* **2**, S. 449. 1904.

Das durch ein starkes Mikroskopobjektiv erzeugte vergrößerte Bild eines Objekts wird, bevor es zustande kommt, durch Einschaltung eines oder mehrerer exakt geschliffener und polierter Kegel, die mit dem Objektiv konaxial angeordnet sind, deformiert und dadurch noch weiter vergrößert. Das entstehende Bild ist also dem Objekte geometrisch nicht ähnlich, sondern verzerrt, ausgenommen zur Objektivachse zentrisch gelegene (Objekt-) Kreise. Verf. veranschaulicht durch die nebenstehende Figur (im Durchschnitte) die Wirkung eines solchen Kegels, dessen Basisdurchmesser mit c bezeichnet ist. Ein Kreis vom Durchmesser $a b$ wird in einen Kreis vom Durchmesser $a_1 b_1$ verwandelt, der auf der Achse gelegene Punkt o wird als Kreis vom Durchmesser $o_1 o_1$ abgebildet. Die Figur ist nicht so zu verstehen, als ob der Kegel von dem Objekte $a o b$ das Bild $a_1 b_1 a_1 o_1$ entwürfe, vielmehr würde ein ohne den Kegel bei H zu stande kommendes, von einem Objektiv entworfenes Bild durch den Kegel in den Kreisring $o_1 b_1 a_1 o_1$ deformiert. Die Mitte, d. h. ein Kreis vom Durchmesser $a_1 b_1$ bleibt dunkel.



Theoretisch interessant ist, daß die durch das Verhältnis des nicht deformierten zum deformierten Kreisdurchmesser bestimmte Vergrößerung von der Größe des Objekts abhängig ist, und zwar in dem Sinne, daß kleine Objekte stärker vergrößert werden als große. Obwohl die

Chromasie durch einen zweiten Kegel „zu einem großen Teile“ aufgehoben sein soll, muß die Bildqualität durch Astigmatismus und mangelnde Achromasie bescheiden sein, wie auch aus zwei Abbildungen hervorgeht, die als Empfehlung der Methode nicht angehen werden können.

Über das Maß dieser Zusatzvergrößerung werden keine Zahlenangaben gemacht. Verf. leitet dann Formeln und Konstruktionen ab, um aus dem deformierten Bild die wahre Figur des Objektes zu erhalten.

Von den Vorschlägen zur Anwendung des Apparates sei der folgende genannt. Setzt man in einem Fernrohre den oder die Kegel zwischen das Objektiv und dessen Brennebene genau zentrisch zum Schnittpunkte des Fadenkreuzes und beobachtet einen Stern, der ohne die Kegel von rechts nach links durch das Gesichtsfeld ziehen würde, so wird dessen deformiertes Bild sich zunächst in der linken Hälfte des Gesichtsfeldes von der dunklen Zone und damit von der Achse entfernen. In dem Momente, wo das nicht deformierte Bild die Achse passieren würde, leuchtet das deformierte als Ring auf und springt dann in die rechte Hälfte des Gesichtsfeldes, um nun wieder nach der Achse zu wandern.

Ob diese Erscheinung von praktischem Werte für astronomische Bestimmungen sein kann, soll hier nicht entschieden werden; jedenfalls wird der viel versprechende Titel bisher kaum gerechtfertigt.

Lé.

Versuche zur Verbesserung der praktischen elektrischen Einheiten.

Nach *The Electrician* 51. S. 971. 1903.

Der hier mitgeteilte Bericht des Komitees der *British Association* bezieht sich in erster Linie auf Normalwiderstände und zwar auf die durch Quecksilber-Rohre definierte Widerstandseinheit und auf die zu verschiedenen Zeiten in England hergestellten Metallwiderstände. Der Bericht unterscheidet nicht weniger als sieben Arten von Widerstandseinheiten, nämlich 1. die absolute Einheit gleich 10^9 C.G.S.-Einheiten in elektromagnetischem Maß; 2. das internationale Ohm, das in bekannter Weise durch eine Quecksilbersäule von 106,3 cm Länge bei 0° definiert ist, welche eine Masse von 14,4521 g Quecksilber enthält; 3. die ursprüngliche *British Association* (B.A.)-Einheit (Drahtwiderstände aus Platin-Silber); 4. die *Board of Trade* (B. O. T.)-Einheit, die das internationale Ohm repräsentieren sollte, und die 1891 zu 1,01358 B. A.-Einheiten bestimmt wurde; 5. die Einheit des *National Physical Laboratory* (N.P.L.) in London, die wie Nr. 4 auf den Drahtnormalen der B.A. basiert; 6. die Einheit der *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt* (P.T.R.) in Charlottenburg, die ebenfalls das internationale Ohm repräsentiert; 7. die Quecksilberrohre, welche im N.P.L. zum gleichen Zweck hergestellt worden sind.

Es ist nicht ganz leicht, diese verschiedenen Einheiten immer auseinander zu halten.

Zum besseren Verständnis der Sachlage sei vorausgesehen, daß in der Reichsanstalt fünf Quecksilbernormalrohre hergestellt worden sind, welche die elektrische Widerstandseinheit nach der Definition in Nr. 2 darstellen; über diese Einheit ist mehrfach berichtet worden¹⁾.

An diese Rohre sind Manganin-Normale angeschlossen, die z. T. zur Elehng der eingesandten Widerstände benutzt werden, und die sich, wie aus den alljährlich angestellten Messungen hervorgeht, als sehr konstant und zuverlässig erwiesen haben²⁾.

In Deutschland wird auf diese Weise seit etwa 10 Jahren die elektrische Widerstandseinheit auf einige Hunderttausendstel festgehalten.

Wie aus dem vorliegenden Bericht hervorgeht, sind nun neuerdings auch in England am N.P.L. von Hrn. Smith elf Quecksilbernormalrohre hergestellt worden, die ebenfalls die unter Nr. 2 definierte Einheit repräsentieren. Der Wert dieser Einheit ist mit den im N.P.L. befindlichen Drahtkopen der deutschen Widerstandseinheit verglichen worden und stimmt mit diesen nach einer vorläufigen Berechnung auf etwa 1,5 Hunderttausendstel, also innerhalb der möglichen Beobachtungsfehler überein. Dies Resultat interessiert hier in erster Linie, während die Abweichung der B.A.- und B. O. T.-Einheiten weniger von Bedeutung ist und nur für eine etwaige Umrechnung der auf diese Einheiten bezogenen Messungen in Betracht kommt. Die durch Widerstände aus Platin-Silber dargestellte Widerstandseinheit der B.A. hat sich nach dem vorliegenden Bericht wie auch nach früheren Mitteilungen wenig bewährt; sie zeigt öfter sprungweise Änderungen, sodaß der Wert dieser früher viel benutzten Einheit im Laufe der Zeit nicht mit Sicherheit festgehalten worden ist. Die zeitlichen Änderungen, welche die einzelnen Normale erfahren haben, werden eingehend diskutiert; sie erreichen teilweise hohe Beträge, in einem Fall nahe ein Tausendstel.

Nach den mitgeteilten Messungen ist die B.A.-Einheit um etwa ein Zehntausendstel kleiner, als die der P.T.R., die B. O. T.-Einheit wiederum um sechs Hunderttausendstel kleiner als die der B.A.

Unter der Annahme, daß die Einheit der B.A. in absoluten C.G.S.-Einheiten bekannt ist, wird die Länge der dem internationalen Ohm entsprechenden Quecksilbersäule zu 106,291 cm berechnet, wonach dieses also um 9 Hunderttausendstel zu groß wäre; die B. O. T.-Einheit wäre dann gegen den absoluten Wert um 1,5 Zehntausendstel zu klein.

¹⁾ Vgl. *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* 2. S. 379. 1895; 3. S. 95. 1900; 4. S. 115. 1903; *diese Zeitschr.* 16. S. 134. 1896; 21. S. 1. 1901; *Wied. Ann.* 64. S. 456. 1898; *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 1903. S. 544.

²⁾ *Wied. Ann.* 65. S. 572. 1898; *diese Zeitschr.* 18. S. 97. 1898; 23. S. 33 u. 65. 1903.

Aus dem Vorstehenden dürfte hervorgehen, daß es nicht zweckmäßig ist, eine Widerstandseinheit auf Drahtwiderstände zu basieren, wie dies früher in England mit den *B.A.*-Normalen und neuerdings wieder mit dem *B.O.T.*-Normal geschehen ist.

Die Versuche, welche Hr. Smith über die Anomalien des Clarkischen Elements angestellt hat, sind noch nicht abgeschlossen, das Westonsche Kadmlumelement wird nicht erwähnt. Über Normalkondensatoren wird nur mitgeteilt, daß sie ihren Wert in genügendem Maße beibehalten haben.

Sodann wird noch berichtet über eine Anzahl von Platinthermometern, die mit dem Gasthermometer des *N.P.L.* verglichen wurden. Die Thermometer waren von demselben Material hergestellt, zeigten aber doch Unterschiede in der Temperaturskala. Messungen über den Widerstand von elektrolytischem Kupfer ergaben für einen Kupferdraht von 1 m Länge und 1 g Gewicht bei 15,55° C. einen Widerstand von 0,1485 Ohm. Der Bericht enthält noch als Anhang die Beobachtungsdaten für die Messung der Widerstände, der Platinthermometer und des Kupferwiderstandes.

W. J.

Ein neues Galvanometer.

Von W. Einthoven. *Ann. d. Physik* **12**, S. 1059, 1903; **14**, S. 182, 1904.

Zwischen den keilförmig zugespitzten Polen eines kräftigen Elektromagneten ist ein versilberter Quarzfaden wie eine Saite ausgespannt. Geht Strom durch die Saite, so weicht dieselbe senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien ab, während die Abweichung in der Mitte der Saite durch Bohrungen der Polschuhe hindurch mit Hilfe eines Mikroskopes mit Okularmikrometer gemessen werden kann. Dies ist das Prinzip des Apparates, welches also dem des Drehspulen-Galvanometers verwandt ist.

Bei dem Saitengalvanometer kommt zunächst der hohe Widerstand des versilberten Quarzfadens in Betracht (von der Ordnung 10 000 Ohm), sodaß man dasselbe nur mit anderen Galvanometern von ebenfalls hohem Widerstande vergleichen kann. Der charakteristische Unterschied gegen das Drehspulen-Galvanometer liegt dann in der Beschaffenheit des beweglichen Systems. Dies hat bei dem letzteren ein beträchtliches Trägheitsmoment, wovon eine erhebliche Schwingungsdauer die Folge ist. Daraus folgt weiter, daß man das Drehspulen-Galvanometer nicht in stark aperiodischem Zustande gebrauchen und also die magnetische Feldstärke nicht sehr hoch nehmen kann (etwa 1500 C.G.S.). Dagegen ist die Masse des versilberten Quarzfadens so außerordentlich gering, daß selbst bei ganz schwacher Spannung und im stärksten erreichbaren Feld der aperiodisch verlaufende Saltenausschlag nach wenigen Sekunden ablesbar ist. In diesem Zustande ist das Instrument den höchst empfindlichen Galvanometern von hohem Widerstande nach den Messungen des Verf. in Bezug auf Empfindlichkeit zum mindesten ebenbürtig oder überlegen. Bei stärkeren Saitenspannungen folgt das Instrument — immer noch für schwache Ströme empfindlich — in 0,01 Sek. und noch geringeren Zeiten, was bei keinem anderen Galvanometer erreichbar ist und ganz neue Anwendungen ermöglicht. Von den Oszillographen, die ebenfalls in sehr kleinen Zeiten folgen, und denen das Saitengalvanometer bei stark gespannter Saite ähnlich wird, unterscheidet es sich hauptsächlich durch seine auf Kosten des Widerstandes erkaufte hohe Stromempfindlichkeit.

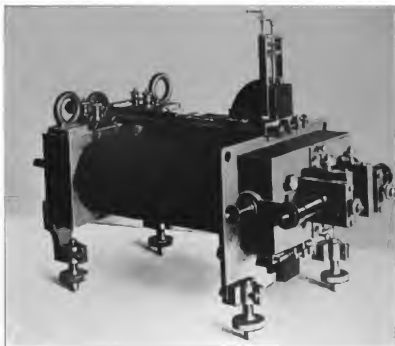
Die nebenstehende Abbildung zeigt eine Ausführung des Saitengalvanometers von der Firma Prof. Dr. M. Th. Edelmann in München, welcher vom Verf. die Herstellung übertragen ist. Zur Zentrierung von Ablese- und Belichtungs-mikroskop, sowie zum Justieren und Spannen bezw. Entspannen der Saite sind mikrometrische Schlitzenführungen vorhanden.

Die leichte und beliebige Regulierbarkeit der Saitenspannung macht das Instrument besonders leistungsfähig; z. B. ist es möglich, mit großer Genauigkeit eine beliebig vorgeschriebene Stromempfindlichkeit herzustellen.

Zu den Vorzügen des Instruments gehört seine Erschütterungsfreiheit und die auch dem Drehspulen-Galvanometer zukommende Unabhängigkeit von magnetischen Störungen.

Außer der direkten Ablesung durch das Mikroskop benutzt der Verf. die photographische Methode mit bewegter Platte und fügt seiner Abhandlung eine Anzahl gut gelungener Photogramme bei.

In der zweiten Abhandlung gibt der Verf. eine Reihe von Anwendungen. Als Instrument von hoher Empfindlichkeit benutzt er sein Galvanometer zur Bestimmung der durch Uran- und Radiumpräparate erzeugten Leitungsfähigkeit der Luft durch direkte Messung der Stromstärke; ferner zur Messung schwacher, von der atmosphärischen Elektrizität herührender Ströme. Auch ballistische Messungen sehr geringer Elektrizitätsmengen ließen sich bequem ausführen.



Als schnell folgendes Instrument benutzt der Verf. das Galvanometer zur Demonstration der Wechselströme eines Telefons. Werden diese durch die Saite geschickt, so verbreitert sich das Bild derselben, wobei der Helligkeitsunterschied gegen den Hintergrund geringer wird. Die Umkehrpunkte jedoch, in denen eine langsame Bewegung stattfindet, heben sich schärfer ab. Eine interessante Erscheinung erhält man, wenn ein Vokal in das Telefon gesungen wird. Man erhält nämlich innerhalb des verbreiterten Saatenbildes mehrere scharf markierte Ränder, wodurch direkt demonstriert wird, daß die Schwingungsperiode der Vokale mehrere Umkehrpunkte bei verschiedener Amplitude enthält. Ferner führt der Verf. noch einige physiologische Anwendungsgebiete an, z. B. die Messung von Nervenströmen, die er selbst in Bearbeitung genommen hat. Dst.

Über die Messung kleiner Kapazitäten und Selbstinduktionen.

Von J. A. Fleming und W. C. Clinton. *Phil. Mag.* 5. S. 493. 1903; 7. S. 586 1904.

Die Methode von Fleming und Clinton besteht im wesentlichen darin, daß ein Kondensator C durch einen rotierenden Kommutator n -mal in der Sekunde geladen und durch die eine Wicklung eines Differential-Galvanometers entladen wird. Die andere Wicklung desselben vom Widerstande G wird in den Nebenschluß zu einem Widerstande S geschaltet, der in Serie mit einem Widerstande r an dieselbe Spannung wie der Kondensator gelegt ist. Wird auf Ablenkung Null des Differential-Galvanometers eingestellt, so ist

$$C = \frac{S \cdot 10^6}{nr(G+S) + nGS} \text{ Mikrofarad.}$$

Der rotierende Kommutator besteht aus drei neben einander auf einer Achse befestigten Scheiben, von denen die mittlere eine sternförmige Gestalt hat mit acht gleichmäßig verteilten Strahlen; die äußeren Scheiben erinnern an Kronräder mit je vier Zähnen. Die Stellung dieser Stücke zueinander geht aus dem abgewickelten Scheibenrande (Fig. 1) hervor. Auf dem gut abgedrehten Rande schleifen neben einander drei Bürsten, und zwar eine in der Mitte, die beiden andern seitlich auf den massiven Stücken; Fig. 1 zeigt die Schaltung und Wirkungsweise des Kommutators. Die Zähne der mittleren Scheibe sind lediglich Ruhekontakte. Die Umdrehungszahl des Kommutators pro Minute bestimmt man mittels eines Schneckenrades, das nach jeder hundertsten Umdrehung ein Glockenzeichen auslöst. Der Kommutator wird mittels eines Gleichstrommotors von $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{2}$ P.S. angetrieben, mit dem er durch eine biegsame Welle gekuppelt ist. Man hat darauf zu achten, daß unter Umständen Streufelder des Motors in den Scheiben des Kommutators störende elektromotorische Kräfte induzieren können.

Das Differential-Galvanometer ist ein Spulengalvanometer mit zwei über einander an derselben Achse befestigten Spulen, die zwischen zwei permanenten Magneten schwingen. Um das Galvanometer so justieren zu können, daß es den Ausschlag Null zeigt, wenn beide Spulen von demselben Strom durchflossen werden, ist der eine Magnet mit einem mittels Schraube justierbaren Nebenschluß aus weichem Eisen versehen, eine Anordnung, wie sie ähnlich an den Drehspulen-Galvanometern von Siemens & Halske angebracht wird.

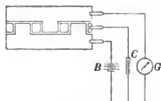


Fig. 1.

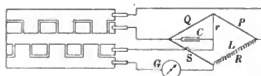


Fig. 2.

Die Methode ist dazu benutzt worden, um die Kapazität von einzelnen und mehreren vertikal aufgehängten Drähten, wie sie bei der drahtlosen Telegraphie verwandt werden, zu messen.

Dem Kommutator haben die Verf. noch eine andere Form gegeben; in dieser besitzt der Apparat zwei Scheiben, deren Segmente nach der in Fig. 2 gezeichneten Weise angeordnet sind. Auf jedem Scheibenrand schleift ein Bürstenpaar; schaltet man nun je zwei zu einer Scheibe gehörige Bürsten in je einen Stromkreis, so kann man es durch geeignete Bürstenstellung erreichen, daß immer der eine der beiden Stromkreise geschlossen ist, wenn der andere geöffnet ist, und umgekehrt; legt man also die eine Scheibe in den Hauptstromkreis einer Wheatstoneschen Brücke, den andern in den Brückenast derselben, so hat man ein Sekohmmeter, wie es von Ayrton und Perry zuerst angegeben wurde. Die Verfasser benutzen diesen Apparat, um nach einer von Anderson angegebenen Methode eine Selbstinduktion mit einer Kapazität zu vergleichen. Das Galvanometer im Brückenast ist stromlos, wenn

$$R = P S / Q \quad L / C = r (R + S) + R Q.$$

In der zweiten Abhandlung wird aber gezeigt, daß man ebenso gute Resultate erhält, wenn man lediglich den Strom des Hauptkreises unterbricht und in den Brückenast ein Telephon einschaltet. Ferner wird ein Selbstinduktionsvariometer beschrieben, das bei Messungen an Apparaten der drahtlosen Telegraphie verwendet werden soll. Es besteht aus einem Holzzylinder von 45 cm Länge und 10 cm Durchmesser. In die Oberfläche des Zylinders ist ein Gewinde geschnitten, in das etwa 100 Windungen blanken Kupferdrahtes eingelegt sind. Ein auf dem Draht rollendes Läuferchen, das zur Stromzuführung dient, gleitet auf einer Achse parallel der Zylinderachse in derselben Weise, wie bei den bekannten Rheostaten. Ein derartiges Variometer hat ein Meßbereich von 0 bis $2,3 \cdot 10^3$ cm.

Die Verf. teilen einige Messungsergebnisse mit und erklären nunmehr das Problem für gelöst, kleine Kapazitäten und Induktionen, wie sie für drahtlose Telegraphie gebraucht werden, mit hinreichender Genauigkeit messen zu können. Dabei scheinen ihnen aber die grundlegenden Arbeiten von Max Wien (vgl. *Wied. Ann.* **53**, S. 928. 1894) entgangen zu sein, der dieselbe Aufgabe in umfassenderer Weise und nach Methoden gelöst hat, die von den Arbeiten der Verf. jedenfalls nicht übertroffen werden.

E. O.

Neu erschienene Bücher.

Neue Preislisten von C. Bamberg, G. Heyde, O. Fennel und L. Tesdorpf.

- C. Bamberg**, Werkstätten für Präzisions-Mechanik und Optik, Friedenau-Berlin. Preis-Verzeichnis Nr. XI: Wissenschaftliche Instrumente. 1904.
- G. Heyde**, Mathematisch-mechanisches Institut und optische Präzisionswerkstätten, Dresden-A. Preisliste II: Vermessungs-Instrumente. 1904.
- O. Fennel Söhne**, Fabrik geodätischer Instrumente, Kassel. Katalog. 1904.
- L. Tesdorpf**, Werkstätte für wissenschaftliche Präzisions-Instrumente, Stuttgart. Haupt-Katalog. 1904.

Mit großer Freude zeigt der Ref. diese neuen Preislisten einiger unserer besten Verfertiger geodätischer Instrumente an. Wenn man diese schön ausgestatteten, vortrefflich illustrierten und zum größten Teil auch im Text gut disponierten Verzeichnisse mit den Heften von vor 25 Jahren vergleicht, so zeigt sich wohl auch darin der große Aufschwung der deutschen Instrumententechnik und Präzisionsmechanik. Die Kataloge sind jetzt noch weniger als früher reine Preisverzeichnisse, vielmehr daneben wichtige Beiträge zur Instrumentenkunde.

Der Bambergische Katalog umfaßt Instrumente für Astronomie und Astrophysik, Geodäsie und Geophysik, für Metrologie, sowie zahlreiche Hilfs- und Nebenapparate. Bei den großen astronomischen Instrumenten, die häufigen Abänderungen unterworfen sind, sind die Preise ganz weggelassen, um in Beziehung auf Verbesserungen in keiner Weise gebunden zu sein; die Abbildungen und Erläuterungen solcher Instrumente will die Firma deshalb nur als Beispiele angesehen wissen, die späteren Konstruktionen völlig freie Hand lassen. Bamberg sucht in allen Zweigen seiner Instrumentenanfertigung das Beste in sorgfältiger Ausführung und schöner Ausstattung zu liefern und verzichtet ganz auf die Anfertigung „sogenannter billiger“ Instrumente; er sieht seine „vornehmste Aufgabe darin, mit besten Kräften teilzunehmen an der Wechselwirkung zwischen Instrumentenbau und Beobachtungspraxis“, und bittet die Beobachter, ihn durch Mitteilung der Erfahrungen mit seinen Instrumenten hierin zu unterstützen. Bei den Äquatoren, festen und transportablen Meridiankreisen, festen Passage-Instrumenten erscheinen keine Preise, erst bei den tragbaren Durchgangs-Instrumenten sind sie angesetzt (4000 bis 1900 M., wozu für ein Registriermikrometer noch rund 1000 M. kommen), ebenso bei dem transportablen Universaltransit (6000 M.). Die Preise der Universalinstrumente mit geradem Fernrohr bewegen sich zwischen 350 M. (Kreise 10 cm, Ablesung 1', Fernrohr 18 mm Öffnung, 10-fache Vergrößerung) und 5500 M. (Kreise 35 cm, Schraubenmikroskope 1", Fernrohr 70 mm Öffnung, Vergrößerung 44- bis 85-fach; die Vervollständigungen kosten bei diesen größten Universalen nochmals 1500 M.). Auch der Bau kleiner und einfacher Feldneßtheodolite, von Nivellierinstrumenten, Reflexionsinstrumenten, Kartierungsinstrumenten, mancherlei physikalischen und geophysikalischen Instrumenten wird keineswegs vernachlässigt.

In der Heydeschen Preisliste II fesselt vor allem wieder die in *dieser Zeitschr.* **8**, S. 171, 1888 beschriebene besondere Mikrometereinrichtung der Kreisablesung, die an zahlreichen Universalinstrumenten (600 bis 1200 M.) und Theodoliten (mit dieser Feinablesung am Horizontalkreis und Nonienablesung am Höhenkreis) angebracht ist; übrigens fertigt Heyde

selbstverständlich auch Universale und Theodolite mit Schraubenmikroskopen, Skalenmikroskopen und Nonien als Ablesemitteln in allen Größen und Preisen an (bis zu fast 200 M. herunter). Der Heydesehe Zahnkreistheodolit ohne Kreisstrichleitung und ohne Nonien (vgl. die Notiz von Hammer, *diese Zeitschr.* 16. S. 289. 1896) ist, wie es scheint, noch nicht so verbreitet, wie er es für manche Zwecke, bei verlangter rascher Arbeit und geringer Beleuchtung zur Ableseung, verdient; es sei deshalb nochmals auf das Instrument aufmerksam gemacht. Große Sorgfalt wendet Heyde auch der Anfertigung der Nivellierapparate und der Meßtischapparate zu.

Besondere Aufmerksamkeit verdient noch der letzte Abschnitt des Heydeschen Preisverzeichnisses, der über selbsttätige Kreisteilmaschinen. Es war Heydes Bestreben, bei der Herstellung dieser Maschinen die Bewegungs-schrauben so anzufertigen, daß die Teilungsfehler möglichst klein werden. Er hat dies durch Anwendung der Globoidschraube statt der Tangentenschraube erreicht (vgl. seinen Aufsatz „Über Bewegungsschrauben bei automatischen Kreisteilmaschinen und Äquatoren“, in *Der Mechaniker* 6. S. 241. 1898). Während die bisher fast stets gebrauchte Bewegungsschraube, die Tangentenschraube, mit dem Kreisgewinde nur höchstens an drei Umgängen in Berührung liegt, liegt die „Peripherieschraube“ (die nach Reuleaux wohl zuerst der Mechaniker Hindley bei der Kreisteilmaschine anwandte) in ihrer ganzen Länge mit der Kreisverzahnung in Berührung. Dadurch werden die Fehler, die innerhalb der Schraubengewindelänge (25 Schraubenumgänge) liegen, ausgeglichen, und die Korrektions-schrauben für die Drehungsgröße der Schraube konnten ganz weggelassen. Die Kreisteilmaschinen fertigt Heyde mit Kreis-drehmessern von 34 cm bis 1 m an (34, 50, 68, 84, 100 cm) in Preisen von 3500 M. (oder ohne automatische Einrichtung 2500 M.) bis zu 12000 M. (oder ohne automatische Einrichtung 9000 M.). Die Genauigkeit der Teilungen, die selbst mit der kleinsten dieser Maschinen erhalten werden, ist sehr befriedigend, sodaß für kleinere mechanische Werkstätten zur Herstellung aller Kreisteilungen, an denen mit Nonien oder selbst Skalenmikroskopen abgelesen werden soll, die kleinste der Maschinen genügt.

Die Bestrebungen der deutschen Präzisionsmechaniker, die Kreisteilmaschine zu verbessern und so weit als möglich automatisch zu machen, um die bei der Kopiermethode entstehenden persönlichen Fehler zu beseitigen, sind bekanntlich ziemlich alt. Die Maschine von Oertling in Berlin, die die Aufgabe der automatischen Teilmaschine in wohl durchdachter Weise löst, war wohl eine der ersten. Aber die Tangentenschraube, die er als Bewegungsschraube anwandte, folgt naturgemäß jedem Fehler, der beim Schneiden der Kreis-zähne entstanden ist; die Ungleichheiten der Abstände der einzelnen Zähne sowohl wie die Ungleichheiten der Tiefe der Zähne sind solche Fehler, die an sich sehr schöne Methode Oertlings, diese Fehlerquellen durch justierbare Schiefstifte zu korrigieren, wirkt nicht sicher genug und insbesondere auch nur für kurze Zeit. Andere folgten; der Deutsch-amerikaner Würdemann z. B., der in den achtziger Jahren in Dresden lebte (und auf dessen Arbeiten jedenfalls die von Saegmüller hergestellte, u. a. bei L. Ambron, Handb. d. astronom. Instrumentenkunde. Berlin, J. Springer 1899 beschriebene und abgebildete [Fig. 463] automatische Kreisteilmaschine beruht), hatte sich hauptsächlich damit beschäftigt, eine vollkommen automatische Kreisteilmaschine zu bauen; der Ankauf seiner Maschine wurde aber vom sächsischen Staat abgelehnt, und Würdemann kehrte mit ihr nach Amerika zurück. Heyde hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Tangentenschraube durch eine vollkommene Bewegungsschraube zu ersetzen, und es ist nicht zweifelhaft, daß seine Bestrebungen erfolgreich waren. Über seine Maschinen, z. B. die Schraubenschneidemaschine, auf der vollkommen schwindelfreie Hohl-schrauben bis zu großen Halbmessern in jeder Steigung geschulthen werden können, hat Heyde noch nichts veröffentlicht, weil er (wie er mir brieflich mitteilt) erst durch jahrelangen Gebrauch den Nachweis liefern wollte, daß die ganz anliegende Hohl-schraube nicht wie die theoretisch nur in einem Punkt anliegende Tangentenschraube bei der Benutzung fortwährend neue Fehler schafft, sondern bestrebt ist, sowohl die im Kreis wie in der Schraube vorhandenen Fehler auszugleichen. Zuerst wurde (1889) die aus freier Hand mit dem Strähler hergestellte Hohl-schraube vorsichtig an den

Kreiszähnen eingeschliffen, und schon damals wurde eine fortschreitende Verbesserung der Schraube festgestellt. Als dann später eine mit der neuen Maschine hergestellte Hohl-schraube durch Probeteilung mit der alten Schraube verglichen wurde, zeigte sich, daß sich die Fehler dieser alten Schraube mit der Zeit „verschliffen“ hatten. Teilmaschinen nach dem Heydeschen System werden nicht, wie die seitherigen, mit der Zeit schlechter, sondern besser. Ich darf hier nicht weiter auf die Konstruktion eingehen (z. B. durchlaufende Kreisbewegung statt Trieb und Sperrad), um der Heydeschen Veröffentlichung nicht vorzugreifen, kann aber nicht unterlassen, den Wunsch auszusprechen, diese Veröffentlichung möchte nun nicht länger auf sich warten lassen.

Die vollständig automatischen Kreisteilmaschinen leisten zweifellos schon jetzt sehr Bedeutendes für Teilungen, in denen es auf die äußerste Genauigkeit nicht ankommt. Ob auch für solche Kreisteilungen, bei denen die größte überhaupt erreichbare Genauigkeit angestrebt wird, vollständig automatisch wirkende Maschinen ausreichen werden, darüber sind die Meinungen geteilt. Z. B. ist einer unserer hervorragendsten Präzisionsmechaniker, M. Hildebrand in Freiberg, wie ich hier wohl mitteilen darf, der Ansicht, daß alle vollständig automatischen Kreisteilmaschinen (die Oertlingsche, die von Seerätan, die Martinssehe) für die größten Genauigkeitsanforderungen bisher versagten, und daß bei der bekannten vergleichenden Untersuchung von 21 cm-Kreisen durch Schreiber die Martinsschen Kreise wohl nicht an letzter Stelle gestanden hätten, wenn sie Martins nicht auf seiner kleinen automatischen Maschine, sondern auf seiner großen Mikroskopkopiermaschine geteilt hätte. Erwähnen darf ich auch, daß Hildebrand die letzte Hand an eine neue „3“, automatische“ Kreisteilmaschine (Nr. VII) legt, über die ich im Einverständnis mit ihm vorläufig nichts Weiteres mitteilen möchte, auf die aber hier hoffentlich bald zurückzukommen sein wird; sie verspricht einen sehr hohen Genauigkeitsgrad.

Im Zusammenhang mit dem Vorstehenden mag hier auch der Wunsch ausgesprochen werden, daß die Ergebnisse der Untersuchungen der *Originalteilungen* von Kreisteilmaschinen veröffentlicht würden. Mit Ausnahme der Wanschaffschen Kreisteilung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (nicht zu verwechseln mit der Originalteilung seiner Werkstatt, für die die Fehler nicht veröffentlicht worden sind), beziehen sich die neueren Veröffentlichungen über Kreisteilungsfehler nicht auf Originalteilungen, sondern alle auf die Fehler der geteilten Kreise an Instrumenten, die jedenfalls größer sein müssen, als die der Originalteilungen, von denen sie übertragen worden sind. Die Originalteilung der neuen Hildebrandschen Kreisteilmaschine Nr. VII (Durchmesser über 1 m; s. oben) scheint an Genauigkeit die besten bisher vorhandenen Originalteilungen zu übertreffen; wie schon angedeutet, hoffe ich in Bälde näher darüber berichten zu können.

Der dritte der hier anzuzeigenden Kataloge, von O. Fennel Söhne, ist äußerst reichhaltig in großen und kleinen Universalinstrumenten, Theodoliten, Tachymetern, Nivellierinstrumenten, Grubenvermessungsinstrumenten und enthält viele schöne Typen, die in allen Einzelheiten sorgfältig durchgebildet sind; z. B. ist überall auf leichte Handhabung und sichere Wirkung der Justiervorrichtungen Wert gelegt. Die kleinen Theodolite u. s. f. sind mit den bequemen Fennelschen Strichmikroskopen als Ablesevorrichtung ausgerüstet, über die hier kürzlich (*diese Zeitschr.* 22, S. 198, 1902) berichtet ist; auch über die Verbesserungen an den für größere Universale und Theodolite bestimmten Schraubenmikroskopen durch A. Fennel ist unlängst hier referiert (*diese Zeitschr.* 24, S. 147, 1904). Von einzelnen der Firma eigentümlichen Konstruktionen seien hervorgehoben das Orientierungs-Magnetometer, das Variometer (wie denn die Firma überhaupt besonders auch im Bau aller Grubenvermessungsinstrumente Hervorragendes leistet), die Hammer-Fennelschen Tachymeter zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontaldistanz und Höhenunterschied, die bekannten Wagner-Fennelschen Instrumente (die wichtigsten Projektions-Tachymeter), die als Tachymeter-theodolit wie als Tachygraphometer (Meßtischauflage) gebraucht werden können. Hinsichtlich der verschiedenen Formen des Nivellierinstrumentes bietet Fennel große Auswahl; das ganze Preisverzeichnis ist vortrefflich illustriert.

Der letzte Katalog endlich, der von Tesdorpf, ist der sachlich umfangreichste; er beschränkt sich (wie Pennel, im Gegensatz zu Bamberg und Heyde) fast ganz auf die geodätischen Instrumente im engern Sinn und zwar vor allem auf die Instrumente für die Feld- und Landmessung einschließlich der Topographie. Vorangestellt sind die drei der Firma eigenen Horizontierungskonstruktionen für Theodolite und Nivellierinstrumente. Hervorgehoben verdienen zu werden die größeren und (besonders die) kleinen Reise-Universale, bei den Nivellierinstrumenten die großen und kleinen Modelle des Wagner-Tesdorpf'schen Instruments mit Reflexion der Libellenblase oder ihrer Enden in die Ziellinie; von nicht oder nicht rein geodätischen Instrumenten die schöne Eschenhagensche Reise-Magnettheodolit-Einrichtung (Spitzendeklinatorium, an dem die Nadel ohne Öffnung der Bussole umgelegt werden kann, Inklinatorium, Schwingungskasten, Fadensuspensionsdeklinatorium, endlich „astronomischer“ Aufsatz zur Ortszeit- und geographischen Ortsbestimmung), das „neue große“ Inklinatorium, ebenfalls nach Eschenhagen; von technischen Instrumenten endlich die Instrumente zur Untersuchung von Eisenbahn- und Straßenbrücken. Die im Tesdorpf'schen Katalog gebotene Auswahl ist sehr groß. Es sind auch Instrumente anderer Firmen (z. B. Coradische Planimeter und Pantographen, Bohnesche und Usteri-Reinach'sche Aneroide u. s. w.) mit aufgenommen. Da und dort würde man wohl bessere Redaktion oder größere Genauigkeit im Text wünschen (S. 37. S. 68 u. s. f.; fehlerhafte Namen: Klerity, Lehagré, Martin u. s. f.).

Hammer.

- E. Rimbach**, Übungen in den wichtigeren physikalisch-chemischen Meßmethoden. Für den Gebrauch im chem. Institut der Universität Bonn zusammengestellt. gr. 8°. III, 61 S. Bonn, F. Cohen 1904. 2,00 M.
- W. C. L. van Schalk**, *Leerboek der Natuurkunde. Bewerkt naar het Leerboek van J. Boscha. Deel IV, 1: Magneetkracht en Electriciteit, door D. van Gulik en C. H. Woud.* gr. 8°. VIII, 173 S. m. 143 Fig. Leiden 1904. 3,00 M.
- E. Gérard**, *Leçons sur l'Électricité, professées à l'Institut électrotechnique Montefiore.* 7., gänzl. umgearb. Ausg. 2 Bde. Bd. I: *Théorie de l'électricité et du magnétisme; électrométrie; théorie et construction des générateurs électriques.* gr. 8°. Mit 400 Fig. Paris 1904. 10,00 M.
- E. Champlon**, *Principes généraux d'Électricité théorique et pratique. Volume I: Thermodynamique; électrostatique; propriétés fondamentales du courant continu; électrolyse, piles.* 4°. 207 S. m. 162 Fig. Lille 1904.
- Fortsehrifte**, Die, der Physik im Jahre 1903. Dargestellt von der deutschen physikal. Gesellschaft. 59. Jahrg. 2. Abtlg. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.
2. Elektrizität u. Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme. Redigiert von K. Scheel. XLVI, 675 S. 1904. 26,00 M.
- Aus Natur u. Geisteswelt.** Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens. 24. u. 58. Bdchn. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Je 1,00 M.; geb. in Leinw. 1,25 M.
24. J. Scheiner, Der Bau des Weltalls. 2. Aufl. IV, 144 S. m. 24 Fig. im Text u. auf 1 Taf. 1904. — 58. G. Mie, Moleküle, Atome, Weltäther. IV, 138 S. m. 27 Fig. im Text. 1904.
- Tätigkeit**, Die bisherige, der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Aus der dem Reichstage am 19. II. 1904 überreichten Denkschrift. Mit e. Verzeichnis der Veröffentlichgn. aus den Jahren 1901—1903. Lex. 8°. 26 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 1,00 M.
- W. Mayer**, *Wireless Telegraphy. Theory and practice.* 8°. 216 S. m. Illustrat. New York 1904. Geb. in Leinw. 10,00 M.
- Sammlung** Göschen. Nr. 54 u. 226. kl. 8°. Leipzig. G. J. Göschen. Geb. in Leinw. je 0,80 M.
54. W. Trabert, Meteorologie. 2., verb. Aufl. 2. Abdr. 147 S. m. 49 Abbildgn. u. 7 Taf. 1904. — 226. A. Sturm, Geschichte der Mathematik. 152 S. m. 7 Fig. 1904.
- W. Ostwald**, Elemente u. Verbindungen. Faraday-Vorlesg. 8°. 48 S. Leipzig, Veit & Co. 1904. 1,20 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

November 1904.

Elftes Heft.

Rotierender Sektor, dessen Winkel während der Rotation verändert und abgelesen werden kann.

Von

Eugen Brodhun.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In dieser Zeitschrift ist im Jahre 1896 ein rotierender Sektor für Lichtschwächung mit während der Rotation veränderlicher Sektorweite beschrieben worden¹⁾. Als die vielfache Verwendung dieses Apparats in der Reichsanstalt die Beschaffung eines zweiten derartigen nötig machte, schien es vorteilhaft, bei Gelegenheit der Neukonstruktion einige kleinere Mängel des alten Apparats zu vermeiden. Der neue unterscheidet sich von dem alten Apparat hauptsächlich in folgenden Punkten:

1. Bei dem alten Apparat geschieht die Umwandlung der drehenden Bewegung in eine geradlinige, der Drehungsachse gleichgerichtete durch eine Schnecke. Nach längerem Gebrauch machte sich infolge der Abnutzung ein toter Gang bemerkbar, welcher störend wirkte. Bei dem neuen Apparat wird ähnlich wie bei dem Marbeschen Farbenkreisel²⁾ die Übertragung durch eine Kette bewirkt, die in Richtung der Drehungsachse angezogen wird. Diese Kette wird durch eine Feder gespannt gehalten, welche den Sektor zu schließen bestrebt ist.

2. Bei dem alten Sektor liegt die Teilung auf einem Ringe, welcher den äußersten Teil der Scheiben bildet, während die Schneiden mehr nach dem Zentrum hin angebracht sind. Da bei manchen Versuchsanordnungen der die Teilung tragende Ring störte, wurden bei dem neuen Apparat die Schneiden ganz nach außen, die Teilungen weiter nach innen gelegt. Allerdings hat diese Anordnung die Nachteile, daß die Festigkeit der Scheiben und die Länge der Kreisteilung vermindert wird.

3. Bei der Konstruktion des neuen Apparats wurde dafür gesorgt, daß sich eine Einrichtung zur Ablesung der Teilung während der Rotation bequem anbringen läßt. Dadurch konnte dieser Einrichtung ihre einfachste Form gegeben werden, bei welcher Zylinderlinsen nicht nötig sind³⁾.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht des von der Firma Haus Heele in Berlin ausgeführten Apparats, Fig. 2 die wichtigsten Teile im Aufriß.

In den Lagern *A* und *B* ruht die Drehungsachse *CD*, welche die beiden Sektorscheiben trägt. Von diesen ist die eine nach *C* hin liegende an der Achse fest, während die zweite gegen die erste drehbar ist. Diese zweite Scheibe trägt ein Federhaus *F* mit einer Stahlfeder, von der das eine Ende an dem Federhause, das

¹⁾ O. Lummer und E. Brodhun, diese Zeitschr. **16**. S. 305, 1896.

²⁾ Karl Marbe, Physiol. Centralblatt Nr. 25. 1891: D.R.P. Nr. 78693.

³⁾ E. Brodhun, diese Zeitschr. **17**. S. 12. 1897.

andere an der Achse CD befestigt ist. An dem Gehäuse F sitzt ferner die Kettenscheibe E , an der in zwei einander gegenüber liegenden Punkten zwei feine Stahlkettchen k befestigt sind. Diese Ketten liegen in der Richtung, daß durch einen Zug an ihnen der Sektor geöffnet wird, auf einem Teile des Umfanges von E fest auf, verlassen die Scheibe dann tangential und gehen über zwei Rollen H , die an der Schnurscheibe G sitzen, durch letztere hindurch parallel CD an eine Scheibe J , wo ihr anderes Ende befestigt ist. Die Teile E, G, H, k zeigt Fig. 3 in Seitenansicht.

Die Stahlkettchen k (Chronometerketten) sind nicht nach allen Seiten, sondern nur in einer Ebene beweglich. Da sich bei dem Apparat die Bewegung in zwei

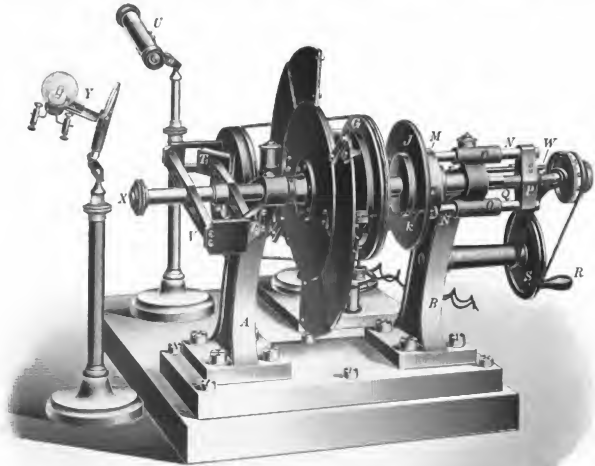


Fig. 1.

zueinander senkrechten Ebenen abspielt, so ist in der Mitte jeder Kette ein Glied eingesetzt, welches die Beweglichkeitsebene um 90° dreht.

Die Scheibe J sitzt an einer Hülse, die über die Achse CD gesteckt ist. Durch die Führung K wird bewirkt, daß sich J in der Richtung der Achse CD bewegen, aber nicht um diese drehen kann. Die Bewegbarkeit von J nach den Sektorscheiben hin wird aufgehalten durch die Scheibe L , die an die J tragende Hülse geschraubt ist und gegen einen Kranz von Stahlkugeln (Fahrradkugeln) anliegt, der in dem Ring M gebettet ist.

Dieser Ring M wird von zwei runden, der Achse CD parallelen Stäben N getragen, die in den an dem Achsenlager B festen Führungen O gleiten. An das andere Ende der Stäbe N ist die Mutter P geschraubt, durch die die Mikrometer-

schraube Q hindurchgeht. Die Schraube Q trägt rechts einen geränderten Kopf, eine Trommel mit Teilung und eine kleine Schnurscheibe; in ihrem anderen Ende ist eine Kugel gebettet, welche mitten auf der Achse CD aufliegt.

Man erkennt, daß die Feder in F , die, wie erwähnt, den Sektor zu schließen bestrebt ist, die beiden Ketten spannt und J gegen die Sektorscheiben hin zu ziehen sucht. Dadurch wird mithin auch L gegen M und Q gegen die Achse CD gepreßt. Das ganze System wird also durch die Feder in einer durch die Stellung der Schraube Q in ihrer Mutter bestimmten Lage festgehalten. Dreht man Q weiter in die Mutter hinein, so entfernt sich J von den Sektorscheiben, die auf E aufliegenden Stücke der Ketten werden verkürzt, und der Sektor wird weiter geöffnet. Schraubt man umgekehrt Q aus P heraus, so wird J durch die Feder an die Sektorscheiben herangezogen und der Sektor dadurch weiter geschlossen.

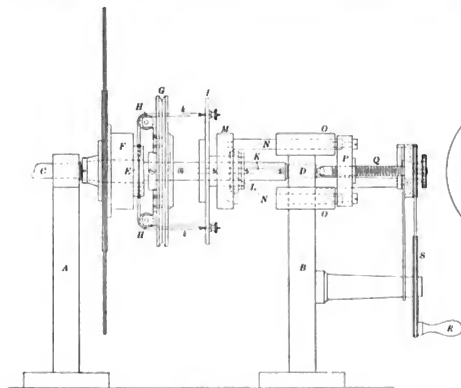


Fig. 2.

Fig. 3.

Diese Abhängigkeit der Größe der Sektoröffnung von der Stellung von Q besteht offenbar auch, wenn die Achse CD rotiert. In diesem Falle werden die Sektorscheiben mit den Teilen F , E , H , J , L rotieren, während die Teile Q , P , O , N , M ruhen. Der dazwischen liegende Kugelkranz sorgt dafür, daß die Reibung hier selbst bei sehr schneller Drehung äußerst gering ist.

Die Sektorscheiben haben einen Durchmesser von etwa 26 cm, die Schneiden etwa 6 cm Länge. Der Teilkreis hat etwa 12 cm Durchmesser. Er ist an der inneren Seite der beweglichen Scheibe angebracht und kann durch zwei um 180° voneinander entfernte Öffnungen in der festen Scheibe abgelesen werden. Hier sind die Nonien an der festen Scheibe angeschraubt.

Die vier Schneiden sind ebenfalls auf die Scheiben aufgeschraubt, nicht wie bei dem ersten Apparat an den Scheiben selbst angefeilt und geschliffen. Die neuere Anordnung ermöglicht eine bequemere Bearbeitung der Schneiden und ihre nachträgliche Justierung.

Um auch in der Nähe einer Sektoröffnung von 2-mal 90° sichere photometrische Einstellungen machen zu können, ist es nötig, daß die größte Sektorweite etwas mehr als 90° beträgt. Deshalb umfassen die ausgeschnittenen Teile der Scheiben etwas mehr als je einen Quadranten, die übrigbleibenden Metallteile also etwas weniger als je einen Quadranten. Die Folge davon ist, daß bei sehr kleinem Winkel zwischen den Schneiden an den um 90° von den Schneiden entfernten Stellen Schlitzte entstehen.

Diese Schlitzte werden verdeckt durch zwei Metallstreifen, welche an der beweglichen Scheibe befestigt sind. Sie werden durch Federn in der richtigen Lage gehalten und, wenn der Sektor auf fast 2-mal 90° geöffnet ist, da sie jetzt störend wirken würden, durch einen an der festen Scheibe angebrachten Stift automatisch zur Seite geschoben.

Auf dem Teilkreis ist nicht jeder Quadrant in 90 , sondern in 100 Teile geteilt, weil dadurch in vielen Fällen die Rechnung erleichtert wird. Der Nonius gibt die Fünfigstel dieser Teile an.

Die Ablesevorrichtung besteht aus zwei, um 180° voneinander entfernten, den Nonien gegenüber stehenden Metallspiegeln T_1 und T_2 , welche durch einen Träger mit der Achse CD fest verbunden sind. Sie bilden mit dieser Achse einen Winkel von 45° und haben einen solchen Abstand von den Sektorscheiben, daß die Bilder, die sie von den Nonien entwerfen, in die Rotationsachse fallen. Visiert man also mit dem Fernrohr U , welches senkrecht zu der Achse CD gerichtet ist, durch einen der Spiegel hindurch auf die Achse, so wird man den einen Nonius deutlich sehen. Bei einer Drehung der Sektorscheiben wird sich auch das Noniusbild ein wenig um die Achse CD drehen, solange es im Fernrohr sichtbar ist. Da aber wegen der Kleinheit des Spiegels diese Drehung nur sehr gering ist, so wird das Bild seine Lage dadurch kaum merklich verändern. Bei mäßig schneller Rotation wird es abwechselnd erscheinen und verschwinden, je nachdem der betreffende Spiegel im Gesichtsfeld des Fernrohres ist oder nicht. Bei schneller Rotation wird man daher ein kontinuierliches Bild des Nonius erhalten, vorausgesetzt daß dieser ausreichend hell beleuchtet ist, was durch die Glühlampe Y mit Beleuchtungslinse geschieht, und daß das Gesichtsfeld dunkel ist, solange der betreffende Spiegel nicht darin ist. Dazu gehört, daß der zweite Spiegel, welcher den andern Nonius abbildet, abgeblendet ist.

Diese Abblendung bewirkt der zwei Blenden tragende Arm V . Je nachdem dieser Arm mehr oder weniger den Sektorscheiben genähert wird, kann der eine oder der andere Nonius im Fernrohr beobachtet werden. Diese Einstellung der Blenden kann durch den leicht um die Achse CD drehbaren Griff X während der Rotation erfolgen. Die ganze Ablesevorrichtung ist mit einer Druckschraube an dem freien Ende C der Achse CD befestigt, kann also leicht entfernt werden. Alle Teile derselben außer den Spiegeln sind sorgfältig matt geschwärzt.

Außerdem kann man die Sektorweite mit Hilfe einer Teilung ablesen, die die Stellung der Schraube Q angibt. Diese Ablesevorrichtung besteht aus einer Längenteilung W , welche die ganzen Schraubenumdrehungen, und der Trommelteilung am Schraubenkopf, welche die Hundertstel einer Umdrehung angibt. Die Beziehung zwischen dieser Ablesung und der Sektorweite in Kreisteilen muß natürlich durch Vorversuche bestimmt werden. Sie ändert sich ein wenig mit der Zeit wegen der Abnutzung der einzelnen Teile des Apparats und wird deshalb nur zur Aushilfe benutzt, etwa wenn die Versuchsanordnung die Anwendung der zuerst beschriebenen Ablesevorrichtung nicht gestattet.

Der Apparat wird durch einen kleinen Elektromotor in Betrieb gesetzt. Vor Verletzungen durch die rotierenden Scheiben kann man sich, wenn die Versuchsanordnung das zuläßt, durch einen Schutzring sichern, welcher bequem angeschraubt werden kann (in der Figur nicht vorhanden).

Um schnell von einer Sektorweite zur anderen überzugehen, kann man sich der Kurbel R an der großen Schnurscheibe S bedienen, die mit der kleineren an Q verbunden ist. Die geometrische Einstellung geschieht namentlich bei kleinen Winkeln durch den geränderten Kopf der Schraube Q .

Ein toter Gang ist nur bei sehr sorgfältiger Beobachtung zu bemerken. Er ist nie so groß, daß er störend wird. Der geringe Betrag, welcher vorhanden ist, rührt von der Reibung her, mit welcher sich die Rollen H bewegen. Dadurch ist es möglich, daß sich die Kettenteile diesselts und jenseits der Rollen in etwas verschiedener Spannung befinden. Dreht man daher den Schraubenkopf von Q ganz wenig hin und her, so ändert man die Spannung der Kettenteile, welche der Achse CD parallel sind, nur sehr wenig, und dieser geringe Betrag genügt nicht, um die Reibung, mit der sich die Rollen H bewegen, zu überwinden.

In der Reichsanstalt sind zwei Exemplare des beschriebenen Apparats seit Jahren im Gebrauch und haben sich gut bewährt.

Der Spektroheliograph des Potsdamer Observatoriums.

Von
P. Kempf in Potsdam.

Durch die hervorragenden Resultate, welche die Hrn. Hale und Ellermann mit dem von ihnen konstruierten und am 40-Zöller des Yerkes-Observatoriums angebrachten Rumford-Spektroheliographen erzielt haben¹⁾, ist das Interesse an den Aufnahmen der Sonne in monochromatischem Lichte noch wesentlich gesteigert worden, und es ist kaum zu bezweifeln, daß die Bemühungen der amerikanischen Astronomen, diesen Forschungen mehr Beobachter zu gewinnen, als sich ihnen bisher gewidmet haben, von Erfolg begleitet sein werden.

Am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam werden bereits seit einer Reihe von Jahren vom Schreiber dieser Zeilen regelmäßig Aufnahmen mit einem Spektroheliographen ausgeführt, über welche auch in den Jahresberichten der Sternwarte in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft Bericht erstattet worden ist. Eine nähere Mitteilung über diese Beobachtungen ist bisher allerdings noch nicht erfolgt, da es meine Absicht war, dieselbe sogleich mit einer Veröffentlichung von Resultaten zu verbinden. Starke Inanspruchnahme durch andere Arbeiten hat diese Absicht bisher vereitelt, und so möchte ich jetzt wenigstens eine Beschreibung des Apparates und der Beobachtungsmethode geben, da voraussichtlich in nächster Zeit mehr solcher Instrumente gebraucht werden dürften und daher die Mitteilung der mit einem solchen gemachten Erfahrungen von Wert werden könnte.

Dem von mir benutzten Apparate liegt die Form zugrunde, welche Hale²⁾ dem Spektroheliographen für seine auf dem Ätna angestellten Versuche, die Sonnenkorona zu photographieren, gegeben hat. Bei dem ersten von Hale konstruierten

¹⁾ *Publications of the Yerkes Observatory, Vol. III. Part I. 1903.*

²⁾ *Astronomy and Astrophysics* **13**, S. 681. 1894.

Instrumente¹⁾ bildeten die beiden Rohre des Spektralapparats einen Winkel von 25° miteinander. Sie waren mit dem Refraktor fest verbunden, und nur die beiden Spalte wurden durch ein Hebelwerk gleichzeitig und in entgegengesetzter Richtung bewegt. Diese Form hatte bekanntlich den Nachteil, daß den beiden Spalten ungleiche Geschwindigkeit gegeben werden mußte, sodaß das auf der photographischen Platte entstehende Bild nicht rund, sondern elliptisch wurde. Diesen Übelstand vermied die zweite, für den Ätna bestimmte Konstruktion dadurch, daß das Kollimator- und Kamerarohr einander parallel gestellt und der ganze Spektralapparat vor dem feststehenden Brennpunktsbilde der Sonne und der photographischen Platte vorbeigeführt wurde. Diese Form ist zweifellos die einfachste und für nicht zu große

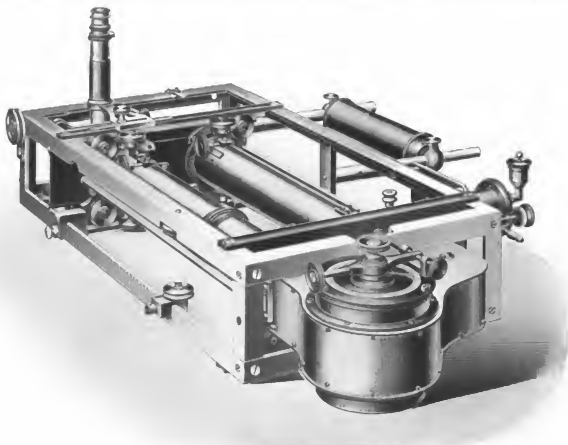


Fig. 1.

Instrumente die vorteilhafteste, und ich habe sie daher auch für den Potsdamer Apparat gewählt. Für den Rumford-Spektroheliographen der Yerkes-Sternwarte war sie freilich nicht verwendbar, da die zu bewegenden Teile bei ihm zu große Dimensionen und ein zu schweres Gewicht besessen hätten. Hale hat daher bei diesem Instrumente wieder zu den bewegten Spalten zurückkehren müssen; da er aber die Parallelität der beiden Spektralrohre beibehielt, so ist die Geschwindigkeit der beiden Spalte die gleiche, und das entstehende Sonnenbild bleibt rund.

Der Potsdamer Apparat ist von Otto Toepfer & Sohn in Potsdam ausgeführt worden, von denen auch das von Hale für den Ätna konstruierte Instrument herrührt. Fig. 1 gibt eine Ansicht des Apparates, Fig. 2 die Zeichnung eines Durchschnitts und Fig. 3 zeigt das Instrument in Verbindung mit dem Grubb'schen Refraktor des Potsdamer Observatoriums.

¹⁾ *Astronomy and Astrophysics* **11**, S. 407, 1892; siehe auch *diese Zeitschr.* **14**, S. 321, 1894.

In Fig. 2 sieht man die beiden parallel neben einander liegenden Fernrohre des Spektralapparats, den Kollimator *C* und das Kamerarohr *K* mit den Objektiven *O*₁ und *O*₂ und den Spalten *S*₁ und *S*₂. Sie sitzen am Objektiv- und am Spaltende in festen Metallwänden, welche den Halt für den beweglichen Teil des Apparates bilden, und welche miteinander durch zwei kräftige T-förmige eiserne Stangen *TT* fest verbunden sind. Die Objektive ragen in einen aus Aluminium gearbeiteten Kasten hinein,

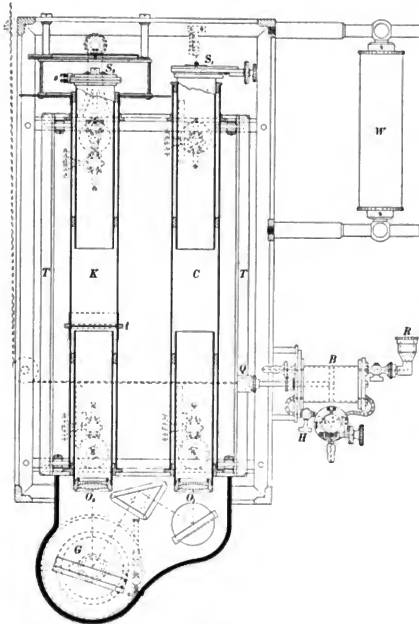


Fig. 2.

welcher das Gitter *G* enthält, sowie einen Spiegel und ein totalreflektierendes Prisma, die so justiert sind, daß der auf das Gitter fallende Strahl mit der optischen Achse des Kamerarohres einen Winkel von 30° bildet. Auch die beiden Fernrohre sind aus Aluminium hergestellt. Das Rohr *K* ist bei *t* geteilt; der ganze Spaltteil kann herausgenommen und durch ein konisch verlaufendes, sehr viel weiteres Stück ersetzt werden, welches einen größeren Teil des Spektrums aufzunehmen gestattet. Die Trennungsstelle bei *t* ist durch eine Metallhülse lichtdicht verschlossen.

Objektive und Spalte sind, jedes für sich, in der Richtung der optischen Achse verschiebbar. Die Breite von S_1 läßt sich durch eine Mikrometerschraube regulieren, welche die eine Backe des Spaltes verschiebt; S_2 dagegen öffnet sich symmetrisch nach beiden Seiten, sodaß die Mitte des Spaltes stets an derselben Stelle bleibt. Außerdem kann aber bei S_2 die ganze Spaltplatte senkrecht zur optischen Achse verschoben werden, um den Spalt bequem auf eine bestimmte Spektrallinie einstellen zu können. Die Veränderung der Spaltbreite, sowie die Verschiebung des ganzen Spaltes erfolgt durch Schraubenschlüssel, welche von außen auf die Schraubenköpfe s aufgesteckt werden. Der Betrag der Verschiebung wird an der Okularskala eines Mikroskops abgelesen, welches mit Hilfe eines totalreflektierenden Prismas durch den zweiten Spalt hindurch das Spektrum zu beobachten gestattet (s. Fig. 1).

Die Bewegung des Apparats wird auf folgende Weise bewerkstelligt. An dem kastenförmigen, eisernen Rahmen, der den ganzen Apparat umschließt (s. Fig. 1), sind vier rechtwinklig gebogene Schienen angebracht. Auf diesen laufen 16 Rollen, welche an den oben erwähnten Metallwänden befestigt sind, und die paarweise zueinander senkrecht stehen. Der Antrieb erfolgt durch ein Zuggewicht, welches an den beiden Enden eines kleinen, auf dem einen T-förmigen Verbindungsstück sitzenden Querbalkens Q (Fig. 2) angreift. Die beiden Zugschnüre gehen über zwei Rollen nach einem kleinen Flaschenzug, und eine einzelne Schnur von dort über eine in der Verlängerung der Deklinationsachse des Refraktors befestigte Rolle nach dem Gewichte (s. Fig. 3), welches durch Anlegen von Scheiben beliebig verstärkt werden kann. Zur Regulierung der Geschwindigkeit dient eine Wasserbremse B , deren Kolbenstange an derselben Stelle angreift, wie das Zuggewicht. Das Rohr, welches die beiden Seiten des Zylinders miteinander verbindet, ist an zwei Stellen unterbrochen, bei H durch einen gewöhnlichen und bei V durch einen mikrometrisch verstellbaren Hahn, welcher die Ausflußgeschwindigkeit in weiten Grenzen zu variieren gestattet. Um zu verhindern, daß Luft in den Regulator eindringen kann, habe ich bei R ein Reservoir anbringen lassen, welches stets mit Flüssigkeit gefüllt ist. Solange der Apparat nicht benutzt wird, sind sämtliche Hähne geöffnet, sodaß das Wasser frei zirkulieren kann und jeder etwa eintretende Abgang von Flüssigkeit sich aus dem Reservoir sofort wieder ergänzt. Zum Füllen des Regulators verwende ich nach Haies Vorgang Wasser mit 5% Glycerin, eine Mischung, welche mehrere Grad unter Null aushält, ohne zu frieren.

Der ganze Bewegungsmechanismus arbeitet recht gleichmäßig und vor allem ohne jegliche Erschütterung, sodaß er besonders für kleinere Instrumente sehr zu empfehlen ist.

Die Art und Weise, wie der Apparat mit dem Refraktor in Verbindung gebracht wird, ist aus Fig. 3 zu sehen. Der Kollimator befindet sich dabei in der Verlängerung der optischen Achse des Fernrohrs, und es war daher zur Balancierung des Kamerarohrs u. s. w. erforderlich, auf der anderen Seite des Kollimators das Gegengewicht W (Fig. 2) anzubringen. Die Scheibe, an der der Kasten befestigt ist, läßt sich im Positionswinkel drehen, sodaß der Bewegung des Apparates jede beliebige Richtung gegeben werden kann. Am vorteilhaftesten ist es, sie der Richtung der täglichen Bewegung parallel zu machen, den Apparat in dieser Stellung unverändert stehen zu lassen und nur die Abweichung von der angenommenen Richtung in angemessenen Zeitintervallen zu bestimmen. Die Bewegungsrichtung des Apparates markiert sich auf den Aufnahmen durch die Striche, welche die auf dem ersten Spalte

befindlichen Staubteilchen über das Bild ziehen. In dem natürlich anzustrebenden Falle jedoch, daß keine Staubkörnchen vorhanden sind, versagt diese Methode, und ich habe es deshalb vorgezogen, auf dem ersten Spalte einen dünnen Metallfaden anzubringen, der auf den Sonnenbildern als scharfe und gut meßbare Linie erscheint. Derselbe Faden dient auch dazu, den Fehler des Positionswinkels zu bestimmen. Der zweite Spalt wird dabei soweit geöffnet wie irgend möglich (bei meinem Instrumente 3 bis $3\frac{1}{2}$ mm) und so eine Aufnahme des Spektrums gemacht. Dann läßt man den Apparat ein größeres Stück laufen, hält das Uhrwerk des Refraktors an, sodaß sich das Sonnenbild ebenfalls vorwärts bewegt, und macht in dem Augenblick, wo die Sonne wieder mitten auf dem Spalte steht, eine zweite Aufnahme des Spektrums. Mißt man dann auf diesen beiden Aufnahmen den Abstand des Fadens vom Sonnenmittelpunkte in der Deklinationsrichtung, so ergibt die Differenz die Abweichung der Bewegung des Apparates von der Richtung der täglichen Bewegung.

Wie bereits erwähnt, wird zur Erzeugung des Spektrums ein Gitter verwendet. Dasselbe ist ein Plangitter von Brashear mit einer geteilten Fläche von 2×3 engl. Zoll und rund 14000 Linien auf den Zoll. Es läßt sich nicht verkennen, daß Prismen für den vorliegenden Zweck in mancher Hinsicht vorteilhafter sind, besonders weil sie weniger diffuses Licht liefern als ein Gitter. Ich war aber nicht in der Lage, Prismen verwenden zu können, da mein Auge nicht hinreichend empfindlich für violettes Licht ist, um die K-Linie mit Sicherheit in den nur etwa

0,1 mm breiten Spalt bringen zu können. Bei dem Gitter fällt die K-Linie in der vierten Ordnung, welche ich für meine Aufnahmen benutze, mit dem grünen Teil des Spektrums der dritten Ordnung zusammen, sodaß die Einstellung auf eine grüne Linie erfolgen kann, deren Abstand von der violetten Linie ein für allemal bestimmt ist.

Was übrigens noch das diffuse Licht anbelangt, so ist in dem Kamerarohr ein System von Blenden angebracht, welche, vom Objektiv nach dem Spalte immer schmäler werdend, das diffuse Licht nach Möglichkeit von dem zweiten Spalte abhalten sollen. Ebenso ist zwischen dem Gitter und dem davor befindlichen totalreflektierenden Prisma eine Blende eingefügt, welche den ganzen Raum in zwei Teile zerlegt und nur die aus dem Prisma austretenden Strahlen passieren läßt.

Der Grubbsche Refraktor, mit dem der Spektroheliograph in Verbindung ist, hat eine Brennweite von 3,2 m, das Brennpunktsbild der Sonne beträgt also ungefähr

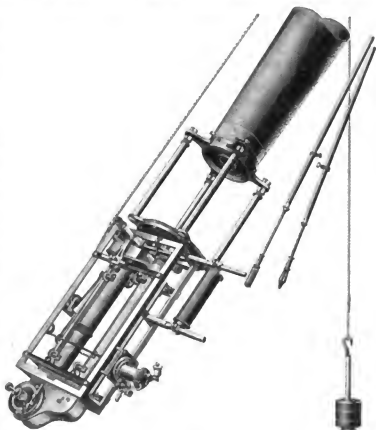


Fig. 2.

30 mm. Dementsprechend sind für die einzelnen Teile des Spektroheliographen die folgenden Dimensionen gewählt worden. Die Höhe der Spalte und die freie Öffnung der Objektivsele beträgt 45 mm, die Brennweite¹⁾ des Kollimators und des Kamerarohrs 600 mm. Der Zylinder des Regulators ist 5 × 8 cm groß und gestattet im ganzen eine Verschiebung des Apparates um 6 cm. Der kastenförmige Rahmen endlich, der den ganzen Apparat umschließt, mißt 68 × 36 × 13½ cm.

Es ist klar, daß ein Instrument von diesen bescheidenen Dimensionen keine Resultate zu liefern vermag, welche mit den Ergebnissen des Rumford-Spektroheliographen des Yerkes-Observatoriums, bei dem das Brennpunktbild der Sonne 18 cm beträgt, vergleichbar sind. Insbesondere ist es nicht möglich, die feinste Struktur der Sonnenoberfläche, wie sie auf den schönen Aufnahmen der Hrn. Hale und Ellermann zu Tage tritt, zur Darstellung zu bringen. Alle etwas größeren Gebilde aber werden auf den hiesigen Aufnahmen gut wiedergegeben und können auch unter einem schwach vergrößernden Mikroskop mit hinreichender Sicherheit gemessen werden. Leider ist es nicht wahrscheinlich, daß eine größere Zahl von Instrumenten mit den mächtigen Dimensionen des Rumford-Spektroheliographen werden erbaut werden; um so wünschenswerter wäre es daher, wenn wenigstens möglichst viele Apparate in den hier beschriebenen Verhältnissen, welche keine ungewöhnlichen Kosten verursachen, in Gebrauch genommen würden.

Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium, den 25. Oktober 1904.

Zonen und Leistung der Refraktoren.

Von

Karl Strehl in Erlangen.

Praktische Objektive und theoretische Objektive sind zweierlei. Wenn künstliche Ideen, wie Ausgleichung der sphärischen Aberrationsreste (zur Beseitigung des rechnerischen typischen Zonenfehlers), Gauß-Konstruktion u. s. w. bei Fernrohr-objektiven sich nicht bereits theoretisch als wertlos erwiesen, dann würden sie durch die praktische Tatsache der zonenweisen Polierfehler vollends über den Haufen geworfen. Zum Studium derselben auf beugungstheoretischer Grundlage schon früher dank einer Anregung des Hrn. Dr. R. Steinheil veranlaßt, habe ich mich in letzter Zeit eingehender mit der Sache beschäftigen können.

Arbeiten in dieser Richtung liegen bereits einige vor: Straubel, Theorie der Beugungserscheinungen kreisförmig begrenzter, symmetrischer, nicht sphärischer Wellen. *Sitzungsber. d. Münch. Akad.* 18, I. S. 113. 1893; Wilsing, Über den Einfluß der sphärischen Abweichungen der Wellenfläche auf die Lichtstärke von Fernrohr-objektiven. *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam Nr. 48*; Hartmann, Objektivuntersuchungen. *Diese Zeitschr.* 24, S. 1. 1904; Strehl, Über Luftschlieren und Zonenfehler. *Diese Zeitschr.* 22, S. 213. 1902. Während ich geometrisch-optische Behandlung grundsätzlich ablehne und funktionentheoretische (mittels Besselscher Funktionen) schon mit Rücksicht darauf, daß die Darstellung der Fehlerkurve durch eine einfache Funktion meist unmöglich und ihre Entwicklung in eine Reihe rechnerisch zu langwierig ist, für technische Zwecke für zu kompliziert halte, umso mehr, als es aus ver-

¹⁾ Die Brennweite wäre besser kürzer gewählt worden.

schiedenen Gründen im allgemeinen genügt, die Lichtstärke in der optischen Hauptachse zu berechnen, bot sich mir zum Zweck mechanischer Quadratur eine graphische Integrationsmethode zur Gewinnung der Wellenfläche dar, welche es gestattet, jede noch so komplizierte Fehlerkurve binnen eines Tages mit hinreichender Genauigkeit zu untersuchen.

Im folgenden nehme ich ausdrücklich an, daß die verbogene Wellenfläche eine Rotationsfläche sei. Sei p der Krümmungsradius des zentralen Teiles der Wellenfläche (Brennweite der Achsenstrahlen), r der Halbmesser einer Zone (r der Objektivhalbmesser), Δ die Längsabweichung (Zonenfehler), z der Abstand der Wellenfläche von der sie im Zentrum berührenden Öffnungsebene, λ die Wellenlänge. Bekanntlich (vgl. Zonenfehler und Wellenflächen, diese Zeitschr. 20. S. 266. 1900) ist

$$dz/dr = r/(p + \Delta - z)$$

oder näherungsweise

$$dz/dr = r/p \cdot (1 - \Delta/p + z_0/p),$$

wo

$$z_0 = r^2/2p + r^4/8p^3 + 2r^6/32p^5 + 5r^8/128p^7 + \dots$$

die Gleichung der idealen Kugelfläche ist. Diese Annäherung genügt selbst für den ungünstigen Fall eines Riesenrefraktors, wobei $r = 500$ mm, $p = 10000$ mm, $r/p = 1/20$, $\Delta = 10$ mm, $\Delta/p = 1/1000$ sei. Denn gegen Δ/p werden Glieder vernachlässigt von der Form $(z - z_0)/p$, Δ^2/p^2 , $2\Delta z/p^2$, z^2/p^2 , welche unter der (die mir bekannten Fälle übersteigenden) Annahme $z - z_0 = 10 \lambda$ für $\lambda = 1$ mm/2000 nicht weniger als 2000- bzw. 1000- bzw. 400- bzw. 640-mal so klein sind wie Δ/p , mithin als Beobachtungsfehler gelten könnten. Demnach dürfen wir schreiben

$$d(z - z_0)/dr = -\Delta r/p^2 \quad \text{oder} \quad d(z - z_0) = (-\Delta r/p^2) \cdot dr.$$

Um diese Gleichung zu integrieren, bediene ich mich eines graphischen Verfahrens. Ich trage dr als Abszissen (1 cm der Wirklichkeit als 1 mm der Zeichnung) sowie $\Delta r/p^2$ als Ordinaten (0,000001 als 1 mm) auf und ermittele mittels Planimeters oder schätzungsweise nach Bruchteilen von Quadratmillimeter die Fläche. Da 1000000 qmm der Zeichnung 1 cm der Wirklichkeit entsprechen, so gibt die Division der in Quadratmillimeter angegebenen Fläche durch 100000 den Abstand der verbogenen Wellenfläche von der idealen Kugelfläche in Millimeter an. Und da die Aufsummierung streifenweise erfolgt, so erhält man diesen Abstand zonenweise mit Intervallen von 1 cm. Ein doppelt — mittels Reihenentwicklung und graphisch — durchgeführter Fall ergab am Rand des Riesenobjektives einmal 8,04 λ , zum andern 8,20 λ Abstand, mithin einen Unterschied von rund $\lambda/6$, d. h. etwa 2 Prozent des vollen Betrages.

Die Wellenfläche nun, bzw. ihre Verbiegungen gegen die ideale Kugelfläche, ist so, wie bereits in der Arbeit „Luftschlieren und Zonenfehler“ (a. a. O.) beschrieben, weiter zu behandeln. Um jedoch nicht erst jedesmal die verhältnismäßigen Flächen der Zonen berechnen zu müssen, bzw. um die Verhältnisse bereits graphisch richtig beurteilen zu können, trage ich als Ordinaten zwar die Verbiegungen, als Abszissen aber nicht sowohl r , wie vielmehr r^2 auf. Hierdurch ergibt sich ein doppelter Gewinn: einmal, da selbst für Riesenobjektive genügend genau $z_0 = r^2/2p$ ist (in obigem Fall wird das nächste Glied $r^4/8p^3$ bereits 1600-mal so klein), so erscheinen sowohl die ideale Kugelfläche, welche mit der Wellenfläche gleiche Krümmung hat, sie im Zentrum berührt, wie auch alle andern durch dieses Zentrum gehenden Kugelflächen in der Zeichnung als Gerade vom Nullpunkt aus, die Berührungskugel selbst einfach als die Abszissenachse. Bereits dem Augenmaß nach kann man durch Ziehen von

Strahlen beurteilen, welche Kugelfläche wohl sich der Wellenfläche am besten anschmiege. Hierbei entspricht ein Abstand δ zwischen beiden Kugelflächen am Rand des Objektivs einem Abstand d zwischen ihren Krümmungszentren (Einstellungs-differenz), welcher durch

$$d \cdot z_0 = \delta \cdot p$$

gegeben ist. Zum ändern hat man einfach Schritt für Schritt (ohne sich um die Zonenflächen weiter kümmern zu müssen) die Abstände Wellenfläche — Schmiegunskugel zu messen, in Winkelmaß umzuwandeln, wobei $\lambda = 2\pi$ ist, \cos und \sin zu nehmen (im Zentrum und am Rand nur die halben Werte), die \cos -Summe und die \sin -Summe zu quadrieren und die Summe der Quadrate durch das Quadrat der Anzahl der gemachten Schritte (erster und letzter Standpunkt halb gerechnet) zu dividieren, um die Definitionshelligkeit in dem der Einstellung d entsprechenden Punkt der optischen Hauptachse in Prozenten zu erhalten.

Auf diese Weise untersuchte ich in vier Fällen Wellenflächen von Riesenobjektiven von 70 cm bis 100 cm Durchmesser und von 10 m bis 18 m Brennweite und fand eine Definitionshelligkeit von 3 bis 50 Prozent. Da mir die Fehlerkurven privatim mitgeteilt wurden, so muß ich mich mit diesen allgemeinen Andeutungen begnügen.

Es zeigte sich nun hierbei, daß neben der Größe besonders die Form der Fehlerkurve von wesentlichem Einfluß ist. Denn in einem Fall ergab eine durchgehende Verkleinerung der Ordinaten der Fehlerkurve auf die Hälfte merkwürdigerweise eine Verringerung der Definitionshelligkeit um die Hälfte, ein Ergebnis, das nur beugungstheoretisch erklärt werden kann und in dem bekannten Zusammenhang ganzer und halber Wellenlängen mit 2π und π und dem Verlauf der trigonometrischen Funktionen seinen Grund hat. In einem anderen Fall ergab eine geringe Verbesserung der Zeichnung der Wellenfläche eine Verbesserung der Definitionshelligkeit von 40 auf 50 Prozent.

Während nun die Zonenfehler für die Erforschung flächenhafter Gebilde (Planeten-detail) äußerst schädlich sind, vermögen sie zur Auflösung von Doppelsternen und Spektrallinien selbst förderlich zu sein. Hierin finde ich Grund genug, einerseits die Doppelsterne als Prüfungsobjekt von nur negativem Wert anzusehen, andererseits die Berechnungen nicht seitlich der optischen Hauptachse auszudehnen.

Hingegen haben sie im Bund mit der chromatischen Aberration u. s. w. den größten Einfluß auf die Sichtbarkeit einzelner lichtschwächster Fixsterne, Planeten-trabanten u. s. w. Infolgedessen können die durch Schätzung ermittelten Größenklassen ohne genaueste Kenntnis der Bildgüte des Refraktors zum Objektivdurchmesser keineswegs in Beziehung gesetzt werden. Ja noch mehr: gewisse Erscheinungen — dunkle bzw. helle Flecke inmitten von Planeten-trabanten u. s. w. —, welche sich bei bestimmter scheinbarer Größe und Objektivdurchmesser beugungstheoretisch zunächst nicht erklären lassen, werden vielleicht unter Annahme von Zonenfehlern verständlich.

Es tritt endlich die wichtige Frage auf: Wie verbinden sich Zonenfehler und chromatische Fehler? — die Frage nach der absoluten Leistung der Refraktoren.

Sei die Definitionshelligkeit als Bruchteil des idealen Wertes 1 aus Gründen der Zonenfehler allein mit α , aus Gründen chromatischer Fehler allein mit β , wegen Absorption und Reflexion allein mit γ , zufolge Einflusses von Luftschlieren allein mit δ bezeichnet. Im allgemeinen wird man schließen, daß die Gesamtdefinitions-helligkeit zufolge kombinierten Einflusses aller vier Fehlerarten gleich $\alpha\beta\gamma\delta$ sei.

Sie kann jedoch bei Kombination von Zonenfehler und Farbenfehler größer als $\alpha\beta$ sein, weil das Gesetz des Abfalls der Lichtstärke beiderseits des hellsten Punktes längs der optischen Hauptachse bei Zonenabweichung anders als bei kugelförmiger Wellenfläche ist. Z. B. an Stellen, wo sie im idealen Fall gleich Null ist, wird sie beim fehlerhaften Objektiv von Null verschieden sein (selbst sekundäre Brennpunkte u. s. w. sind denkbar). Ferner erhielt ich unter der Annahme einer chromatischen Definitionshelligkeit von 34 Prozent (Refraktor Lade-Monrepos 22 cm : 259 cm) und (für alle Farben gleich starker) reiner sphärischer Aberration von 90, bezw. 80, bezw. 70 Prozent Definitionshelligkeit statt der Produkte 30, bezw. 27, bezw. 23 Prozent die etwas höheren Werte 31, bezw. 29, bezw. 26 Prozent. Im allgemeinen wird man theoretisch nicht viel mehr sagen können; das Genauere muß praktisch von Fall zu Fall untersucht werden.

Daß Zonenfehler und Luftschlieren sich gegenseitig kompensieren, ist für gewöhnlich schwerlich anzunehmen, weil erstere konzentrisch, letztere schichtenweise verlaufen.

Im folgenden nun mache ich Annahmen, welche sich wirklichen Fällen möglichst anschließen. Wir wollen voraussetzen, der maximale Zonenfehler sei ein Prozent des Objektivdurchmessers und die Wirkung sei die reiner sphärischer Aberration; dies gibt ein den von mir untersuchten Fällen nicht gerade widersprechendes Resultat. Die Glassorten wollen wir gleich denen des Lick-Refraktors annehmen. Als durchschnittliche Gesamtdicke wollen wir $\frac{1}{2}$ des Objektivdurchmessers wählen. Endlich wollen wir auch den Fall setzen, Luftwellen von 1 dm halber Breite und $\lambda/6$ Verbiegung der Wellenfläche ständen symmetrisch vor dem Objektiv. Wir erhalten hieraus unter Zugrundelegung meiner früheren Studien und der Tabelle über Absorption und Reflexion von Vogel (Potsdam) folgende Übersicht über die Leistung der gegenwärtigen Refraktoren, wobei natürlich der Einfluß der Zonenfehler durchaus von der Kunst des jeweiligen Verfertigers eingeschränkt wird.

Tabelle I.
Mutmaßliche Leistung der Refraktoren.
Öffnung: Brennweite = 1:20.

Durchmesser in cm	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Bildgüte in Prozenten zufolge von Zonenfehlern	100	100	99	96	92	87	81	69	57	45	33	23	14	11
Bildgüte in Prozenten zufolge von Farbenfehlern	100	92	86	81	77	73	69	61	55	49	46	45	44	44
Bildgüte in Prozenten zufolge kombinierter Wirkung von Zonen und Farben	100	92	85	78	71	64	56	42	31	22	15	10	06	05
Lichtstärke in Prozenten zufolge von Absorption und Reflexion	84	82	81	80	78	77	76	75	73	71	70	68	66	65
Lichtstärke in Prozenten zufolge von Zonen, Farben, Absorption und Reflexion	84	75	69	62	55	49	43	32	23	16	11	07	04	03
Lichtstärke in Prozenten zufolge von Luftschlieren	100	99	96	71	63	56	53	57	56	55	55	55	55	55
Lichtstärke in Prozenten zufolge kombinierter Wirkung innerer und äußerer Fehler	84	75	66	44	35	27	23	18	13	09	06	04	02	02

Zum Schluß wiederhole ich in erweiterter (und stellenweise verbesserter) Form die Tabelle über den Einfluß reiner sphärischer Aberration und typischen Zonenfehlers.

Tabelle II.

Bildgüte in Prozenten zufolge sphärischer Aberration ($\Delta = 0$ für $r = 0$; $\Delta = \max$ für $r = r$) und typischer Zonenabweichung ($\Delta = 0$ für $r = 0$ und $r = r$; $\Delta = \max$ für $r = 0,707 r$).

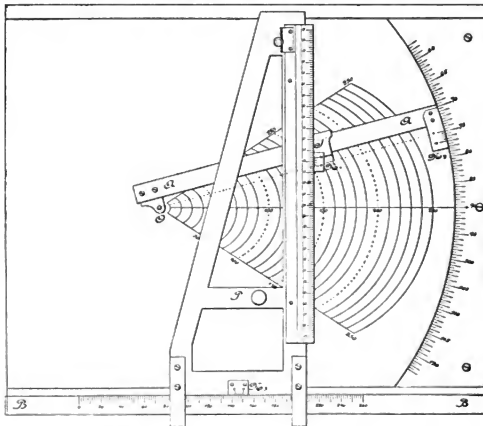
Öffnung : Brennweite	1 : 10	1 : 11,9	1 : 14,1	1 : 16,8	1 : 20	$\%$	$\%$
Δ (max)	2,5	3,5	5,0	7,1	10 mm	11	01
	1,8	2,5	3,5	5,0	7,1	32	13
	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	57	42
	0,9	1,3	1,8	2,5	3,5	75	67
	0,6	0,9	1,3	1,8	2,5	87	82
	0,4	0,6	0,9	1,3	1,8	94	90
	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	97	95
	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	99	97

Referate.

Beschreibung eines neuen Tachymeterschiebers.

Von E. Puller. *Zeitschr. f. Vermess.* **33**. S. 53. 1904.

Schon bei Beschreibung seines Schnellmessers I (vgl. *Zeitschr. f. Vermess.* **30**. S. 531. 1901, besprochen vom Ref. in *dieser Zeitschr.* **22**. S. 160. 1902) hat der Verf. auf einen neuen Tachymeterschieber hingewiesen, der nach seiner Ansicht Vorteile bietet. Die Vorrichtung ist dann



beim Schnellmesser II (vgl. den Aufsatz des Verf. im *Zentralblatt d. Bauverwaltung* **23**. S. 206. 1903) und die Besprechung des Ref. in *dieser Zeitschr.* **23**. S. 307. 1903) wesentlich in derselben Form verwendet worden, die nun also hier als Recheninstrument für die mit gewöhnlichen

Tachymetern (bei Ablesung der Höhenwinkel) aufgenommenen Punkte vorgelegt wird. Die Ausführung ist auch bei diesem Instrument von F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel. Nach der am zuletzt angeführten Ort gegebenen Zeichnung und Beschreibung sind der folgenden, den Tachymeterschieber darstellenden Figur nur wenige Worte beizufügen. Der Schieber beruht auf den Gleichungen

$$D = [K \cdot l \cos(\alpha + \beta) + c] \cos \alpha$$

$$h = [K \cdot l \cos(\alpha + \beta) + c] \sin \alpha$$

$$H = (H_i + i - u) + h$$

in denen α den Höhenwinkel der Visur über den *Unterfaden*, β den konstanten mikro-metrischen Winkel, c und K die Additions- und die Haupt-Konstante des entfernungs-messenden Fernrohrs, l den Lattenabschnitt, u die Lattenablesung am Unterfaden, i die Instrumentenhöhe über dem gegebenen Höhenpunkt H_i bedeuten. Das gedruckte und auf die metallene Grundplatte befestigte Diagramm ist hier für $K=100$ entworfen und reicht von $l=0,10$ bis $2,50$ (also 10 bis 250 m „abgelesener“ Entfernung, wie der mißbräuchliche Sprachgebrauch sagt) die Höhenwinkel gehen von $+32\frac{1}{2}^\circ$ bis $-32\frac{1}{2}^\circ$. Die Nonien N_1 und N_2 geben $\frac{1}{10}$ mm (0,1 m entsprechend), der Nonius N_3 zur Einstellung am Höhenbogen $1'$. Was die Genauigkeit des Schiebers angeht, so führt der Verf. 9 Versuche mit Horizontalabständen zwischen 140 und 212 m und Zenitabständen zwischen 60° und 115° an; die Rechnungs- und Ablesungsfehler am Schieber überschreiten in der Horizontalabstand nirgends 0,3 m, in der Höhe nicht 11 cm. Der Verf. sagt aber selbst, daß diese Genauigkeiten wohl bei flüchtigem Gebrauch des Schiebers nicht immer festgehalten werden können, was freilich auch für die „Kleinpunkte“ der topographischen Tachymetrie nicht notwendig ist. Hammer.

Zur Konstantenbestimmung der Fadendistanzmesser.

Von A. Klingatsch. *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 481. 1903.

Die stets nur wenige *dm* (beim „anallaktischen“ Fernrohr 0) betragende Additions-konstante c in der Entfernungsgleichung

$$D = c + k \cdot l$$

ist, wie bekannt, am schärfsten jedenfalls direkt zu messen, während für k verschiedene Methoden zu Gebot stehen: direkte mikroskopische Messung des konstanten parallaktischen Winkels q''/k (nach Tinter die schärfste Methode), für die Praxis aber stets Bestimmung von k mit Hilfe von mit Latten abgemessenen Versuchsstrecken. Der Verf. entwickelt hierzu ein Verfahren, das aus diesen Messungen zusammengehöriger ($D-c$) und Lattenabschnitte l eine Auswahl nach dem Grad der Zuverlässigkeit der Beobachtungen zuläßt.

Aus den zwei Aufstellungspunkten Nr. i und i' ($i < i'$) der Latte erhält man

$$k_{i,i'} = \frac{D_{i'} - D_i}{l_{i'} - l_i}$$

(Ref. wählt die Bezeichnung etwas anders als der Verf., um in anderer Beziehung sich an herkömmliche Bezeichnungen zu halten, und setzt den Höhenwinkel sogleich = 0) oder

$$\log k_{i,i'} = \log(D_{i'} - D_i) - \log(l_{i'} - l_i).$$

Die Differenz der auf den zwei Lattenstandpunkten abgelesenen Lattenabschnitte ($l_{i'} - l_i$) sei mit dem m. F. $\pm \mu_{i,i'}$ behaftet und der entsprechende m. F. von $\log(l_{i'} - l_i)$ sei $m_{i,i'}$, sodaß

$$m_{i,i'} = \pm 0,4343 \cdot \frac{\mu_{i,i'}}{l_{i'} - l_i},$$

und man demnach als Gewicht der Berechnung von k aus den Beobachtungen i und i' anzusetzen hat (der konstante Faktor M ist als gleichgültig bei allen Gewichten weggelassen gedacht)

$$g_{i,i'} = \frac{(l_{i'} - l_i)^2}{\mu_{i,i'}^2}.$$

Bei n Lattenaufstellungspunkten sind $\binom{n}{k}$ Kombinationen zur Bestimmung von k aus je zwei Beobachtungen vorhanden; von den $(l_i - l_j)$ sind aber nur $(n-1)$ unabhängig voneinander. Der Verf. benutzt nur die voneinander unabhängigen $\log k_{i,j}$, denen die größten Gewichte zukommen; aus ihnen wird gemäß den Gewichten das „allgemeine Mittel“ gebildet und sein m. F. berechnet. Um die $\mu_{i,j}$ zu bestimmen, könnte man so verfahren, daß aus einer größeren Zahl von Beobachtungen in jedem D_i unmittelbar μ_i aus den l_i abgeleitet wird. Doch müßte man dazu viel mehr Lattenablesungen machen als die Bestimmung der Konstanten an sich verlangt. Der Verf. benutzt deshalb zur Bestimmung von $\mu_{i,j}$ die Reinhertzsche Lattenablesungs-Fehlerfunktion. Die Durchführung der ganzen Rechnung wird an einem Beispiel gezeigt, bei dem sich nach dem angegebenen Verfahren

$$k = 99,790 \pm 0,025$$

ergibt, während gleichzeitige Bestimmung von k und der Additionskonstanten c (und Einführung anderer Gewichte, vgl. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 2. Bd. 5. Aufl. S. 656) ergab

$$k = 99,842 \pm 0,038.$$

Die Praxis wird sich das Verfahren wohl kaum zu eigen machen, da das übliche viel einfachere genügende Genauigkeit gibt. Hammer.

Untersuchung eines Lattenreiters.

Von W. Rompf. *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 659. 1903.

Der Verf. hat die Angaben eines Schulzeschen Lattenreiters, angefertigt von Ed. Sprenger in Berlin (vgl. diese *Zeitschr.* 22. S. 61. 1902) zunächst untersucht mit Hilfe einer 5 m und einer 2,06 m langen Latte, deren Neigungen mittels der Ablesungen an einem senkrecht gestellten Maßstab bestimmt und wobei die Angaben des Lattenreiters mit den direkt berechneten Reduktionen verglichen werden; die Neigungen gingen bis zu 160 mm Reduktion bei der 5 m langen und ebenso bis zu 162 mm Reduktion bei der 2,06 m langen Latte. Es zeigte sich, daß die kleinen Reduktionen verhältnismäßig wenig, die größeren befriedigend genau von dem Lattenreiter angegeben wurden.

Der zweite Teil der Untersuchung bezog sich auf die praktische Verwendung des Instruments bei Längenmessungen. Die Angaben des Lattenreiters werden jedenfalls leicht ungenau infolge der geringen Entfernung der zwei Aufsetzpunkte (wenig über 17 cm). Auf drei Versuchsgeraden: 1. Fahrstraße mit gleichmäßiger Neigung, Strecken von 46, 94, 142, 188 m; 2. ziemlich schwach geneigte Wiese, Strecken von 43, 89, 140 m; 3. Hang mit starkem Gefäll, Strecken von 49, 104, 167 m sind Doppelmessungen mit Ablesung des Lattenreiters und durch Staffelmessung (wie ist abgesenkt?) gemacht. Auch hier zeigte sich, daß für geringe Gefälle die Reduktionen vom Lattenreiter nicht ganz befriedigend geliefert werden; Zeit- und Genauigkeitsgewinn ist aber der Staffelmessung gegenüber von der Anwendung eines Lattenreduktors besonders gerade bei geringen Neigungen der zu messenden Geraden zu erhoffen, namentlich wenn wenige Zwischenmaße abzulesen sind; bei zahlreichen Zwischenpunkten und auf größeren Gefällen ist die Staffelmessung wohl allen Lattenreduktoren gegenüber im Vorteil. Hammer.

Zwei neue Quadrat- und Liniennetzzechner.

Von Koller. *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 569. 1903.

Für die Herstellung umfangreicher und genauer Quadratnetze von z. B. 200, 100, 50 m Maschenweite für die Längenmaßstäbe 1:2000, 1:1000, 1:500 u. s. f., wie sie der Landmesser braucht, um seine Dreiecks-, Polygon- und Kleinpunkte scharf nach ihren rechtwinkligen Koordinaten in das Netz eintragen und hierauf die Kartierung der Kleinmessung gründen zu können, sind schon viele Vorrichtungen angegeben worden und ich habe vor einiger Zeit hier (diese *Zeitschr.* 22. S. 339. 1902) auf den wohl feinsten Apparat dieser Art, den Koorduatographen von Coradi, aufmerksam gemacht.

Der Verf. berichtet über zwei einfachere Instrumente von Chr. Hamann in Friedenau, die für die Landwirtschaftliche Hochschule in Berlin erworben worden sind. Das erste ist ein Rolllineal, das mit Halbdezimeter-Löchern versehen ist und normal zu seiner Längsrichtung mit Hilfe von zwei fest verbundenen Rollen im Abstand von 45 cm voneinander hin- und hergefahren werden kann. Die Rollen haben 1,5 dm Umfang und dieser Umfang ist ebenfalls in Halbdezimeter zerlegt. Dieses Rolllineal hat sich nicht bewährt, besonders war seine Parallelverschiebung auf den Rollen nicht sicher genug: die Abweichungen betragen bis zu 1 mm nach 1 m gerolltem Weg, also ums 10-fache zu viel. Das zweite Instrument hat viel bessere Resultate gegeben; es besteht aus einem an der Zelchentschikante anzuschraubenden Abszissenlineal, das also die eine Teilung trägt und auf dessen Oberfläche eine Rille angebracht ist. In dieser Rille läuft auf zwei hinter einander liegenden, mit Zuschärfung versehenen Rollen ein Wagen, auf dem quer zu seiner Längsrichtung ein zweites Metallblatt als Art Reißschiene angeschraubt ist, die auf der Tischfläche aufliegt und die Ordinatenenteilung trägt. Justierschräubchen am Wagen lassen die genau rechtwinklige Stellung dieser zweiten Schiene gegen die Teilung der ersten stets wiederherstellen. Bedenken kann erregen, daß die etwa 1,2 m lange Ordinaten-schiene auf einer nur sehr kurzen Basis (die Entfernung der zwei Rollen des Wagens auf dem Abszissenlineal ist nur etwa 20 cm) geführt ist. Doch soll kein Übelstand daraus entstehen, obwohl sich das Ende der metallenen Reißschiene ohne Anstrengung um mehr als 1 mm federnd aus ihrer normalen Lage entfernen läßt. Selbstverständlich kann der Apparat nicht nur zum Auftragen der Koordinatenmaschenlinien, sondern auch zum Eintragen der Punkte nach ihren Koordinaten in diesem Netz verwendet werden, ja sogar zur Kartierung der auf eine beliebig liegende Aufnahmelinie bezogenen Kleinaufnahme, wenn ein kleinerer, handlicher Apparat nicht gerade zur Stelle ist, wobei nur zuvor der Auftragebogen auf dem Tisch in die richtige Lage gebracht werden muß.

Hammer.

Universalkartierungsinstrument.

Von Gebers. *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 578. 1903.

Zirkel und Transversalmaßstab sind immer noch die Hauptkartierungsmittel (Auftrageapparate für Punkte nach ihren gegebenen rechtwinkligen Koordinaten), obgleich „ihre Verwendung“, wie der Verf. sagt, „an Alter wie an Umständlichkeit nichts zu wünschen übrig läßt“. Daß diese „verhältnismäßig primitiven“ Instrumente noch nicht ganz verdrängt sind, beweise, daß die in den letzten Jahren konstruierten Auftrageapparate noch nicht vollkommen genug seien. Von diesen sind noch die bis jetzt am weitesten verbreiteten die sog. Koordinatographen mit Lineal, mit Teilung 1 : M in der Abszissenlinie, weniger verbreitet sind die Instrumente, die auf dem Prinzip des Nagelschen Longimeters beruhen; und doch seien solche Instrumente weit vorzuziehen, vorausgesetzt, daß sie für nicht zu wenige Maßstäbe eingerichtet werden können.

Der Verf. beschreibt ein neues Instrument, von W. Waue in Hannover erfunden, hergestellt und zu beziehen, mit dem in fast jedem beliebigen Maßstab kartiert werden kann. Es besteht aus einem 60 cm langen Maßstablinal A mit rechteckigem Querschnitt (6 cm breit), einem rechtwinklig gleichschenkligen Dreieck B von 22 cm Kathetenlänge, an dem das in der Nullstellung der Hypotenuse dieses Dreiecks entsprechende Lineal mit Hilfe eines geteilten Bogens beliebig verstellt werden kann, und einem oder mehreren Ordinaten-schiebern mit Teilungen.

Die Kante von A sind mit zwei $\sqrt{2}$ -mal vergrößerten Teilungen, z. B. für 1 : 1000 und 1 : 2000, aber $\sqrt{2}$ -mal vergrößert aufgetragen, nach dem Prinzip des „Longimeters“, versehen. In der Normalstellung der Hypotenuse von B ist der Dreieckswinkel, wie angegeben, 50° (der sogleich zu erörternde Kreisbogen hat neue Teilung); eine Veränderung dieses Winkels verändert den Maßstab des Auftrages: soll z. B. mit der Einteilung 1 : 1000 von A im Maßstab 1 : 1500 kartiert werden, so muß der Winkel α statt 50°

$$\text{arc cos } \frac{1000}{1500\sqrt{2}}, \quad \text{d. h.} \quad \alpha = 68,75^\circ$$

sein; an dem Kreisbogenschieber von B ist der Unterschied $68,75'' - 50'' = 18,75''$, oder es ist bei der Halbneugradteilung dieses Bogens auf $37,50''$ zu stellen, worauf die Kartierung beginnen kann. Eine Tabelle für diese Einstellung, die die Rechnung für die verschiedenen Maßstäbe entbehrlich macht, wird dem Instrument beigegeben. Es ist also erreicht, daß man mit einer Teilung des Abzissenlineals beliebig viele verschiedene Maßstäbe benutzen kann; es ist u. U. wertvoll, daß man sehr leicht mit wenig veränderten Maßstäben, etwa 1:1010, 1:1020 u. s. w. statt 1:1000, aufrufen kann nach einfacher Einstellung an B (wegen des Papiereingangs u. s. w.). Es wird sich nur fragen, ob für Maßstabsänderungen die Einstellung an B sicher genug ist (z. B. Drehpunkt des Hypotenusenlineals genügend zentrisch mit der Kreisbogenteilung u. s. f.). Über den Preis wird nichts mitgeteilt. *Hammer.*

Genauigkeit der Flächeninhaltsbestimmungen mittels der Hyperbeltafel.

Von Kummer. *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 686. 1903.

Zur Flächenberechnung geradlinig begrenzter Grundstücke aus dem Plan ist die Klothsche Hyperbeltafel von großer Wichtigkeit; sie beruht darauf, daß der doppelte Inhalt eines Dreiecks gleich Grundlinie mal Höhe und die Gleichung einer Schar gleichseitiger Hyperbeln im rechtwinkligen Koordinatensystem $x \cdot y = p$ ist, wo die Werte des Parameters p an die Individuen der auf durchsichtigen Stoff aufgetragenen Schar angeschrieben werden. Die Hyperbeltafel ist durch Anlegen und Parallelverschieben so auf das Dreieck zu bringen, daß zwei seiner Ecken auf den Koordinatenachsen liegen, an der dritten Ecke liest man dann im Parameter p der durch sie gehenden (eingeschaltet durch sie gezogen gedachten) Hyperbel den Flächeninhalt ab.

Der Verf. veröffentlicht hier die Genauigkeitsergebnisse einer Messung auf einem Plan im Maßstab 1:1500. Er findet nach Beseitigung der konstanten Fehler, die aus der Maßstabsverschiedenheit der Hyperbeltafel und des Plans (nebst Papiereingang) entstehen, folgende m. F. der Flächenbestimmung mit der Hyperbeltafel, nach der Größe der meist viereckig geformten Grundstücke geordnet, aus drei Reihen von Beobachtungen in guter Übereinstimmung; die unten angegebenen m. F. sind die Durchschnitte der mittlern Fehler in den drei Beobachtungsreihen.

Größe der Fläche	m. F. mit der Hyperbeltafel
0,5 ha	± 15 qm
1,0 "	± 22 "
2,0 "	± 29 "
5,0 "	± 51 "

Die Berechnung kleinerer Flächen mit der Hyperbeltafel steht hiernach kaum einer der andern graphischen oder graphisch-mechanischen Methoden an Genauigkeit nach. Dabei ist hier die Arbeit sehr rasch und insbesondere wenig ermüdend; der Verf. hat 250 Parzellen in $3\frac{1}{2}$ Arbeitstagen doppelt berechnet, die zweite Rechnung nur zum Ausschluß grober Fehler, von denen aber keiner vorkam. *Hammer.*

Relative Schweremessungen II. Messungen auf 10 Stationen des Pariser Parallel.

Von K. R. Koch. *Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg* 1903, S. 1.

Relative Schweremessungen III. Messungen auf der Linie Ulm-Freudenstadt.

Von Demselben. *Ebenda* 1901, S. 1.

Die vom Verfasser ausgeführten Schweremessungen bilden die Fortsetzung einer früheren Reihe, über die in *dieser Zeitschr.* 21. S. 269. 1901 berichtet ist. Die angewandte Methode ist dieselbe geblieben. Es sei über sie hier des Zusammenhangs wegen nur erwähnt, daß dabei der Uhrgang eliminiert wird, da dieselbe Uhr die beiden Koinzidenzapparate auf

der Zentral- und der Feldstation treibt. Zwei von den vier benutzten Pendeln bleiben auf der Zentralstation (Referenzpendel), zwei gehen ins Feld (Feldpendel). Um die während der Kampagne 1900 beobachtete Veränderlichkeit der Pendel herabzudrücken, sind sie vor der zweiten Messungsreihe etwa 12- bis 15-mal getempert worden, d. h. auf 100° erwärmt und dann langsam abgekühlt. Da aber auch dann die Invariabilität der Pendel den Verf. noch nicht befriedigte — die Differenz des mittleren Feldpendels gegen das mittlere Referenzpendel hat sich während der zweiten Messungsreihe um $7 \cdot 10^{-7}$ Sek. geändert — hat er für die dritte Reihe vollständig neue Pendel konstruiert. Sie sind aus Delta-Metall hergestellt (gewöhnlich aus 56% Cu, 40% Zn, 1% Fe, 1% Mn nebst Spuren von Nickel und Phosphor bestehend), das sich durch blasenfreien Guß auszeichnet und bequem zu bearbeiten ist. Der geringe Eisengehalt ist unbedenklich. Bezüglich der Form der Pendel ist hervorzuheben, daß Pendelkopf und Stange aus einem Stück bestehen; die Pendellinse ist mit der Stange verschraubt und verlötet. Die Achatschneiden haben an der benutzten Kante einen Winkel von 120° , nicht wie früher 90° ; der Teil der Schneide, der in den Pendelkopf eingesetzt wird, hat trapezförmige Gestalt erhalten. Nach der Fertigstellung wurden die Pendel wieder mehrmals getempert. Trotz dieser Maßnahmen hat sich die Differenz zwischen dem mittleren Feldpendel und dem mittleren Referenzpendel während der dritten Messungsreihe wieder um $6 \cdot 10^{-7}$ Sek. geändert, was wohl auf Rechnung der Neuheit der Pendel zu setzen ist. Es ist zu erwarten, daß bei den in späterer Zeit beabsichtigten Messungen auch diese immerhin schon kleine Differenz noch herabgehen wird, und daß bei den außerordentlichen Vorsichtsmaßnahmen, die der Verf. bei allen seinen Beobachtungen anwendet, sich ausgezeichnet sichere Schwerkraftbestimmungen ergeben werden. Die innere Genauigkeit der Messungen auf der einzelnen Station ist in der dritten Messungsreihe bereits wesentlich größer (etwa das 1,8-fache) wie in der zweiten.

Die Luftdruckkonstanten der neuen Pendel sind im Geodätischen Institut zu Potsdam von L. Haasemann bestimmt, die Temperaturkonstanten hat der Verf. selbst in einem elektrisch geheizten Thermostaten durch Beobachtungen bei Zimmertemperatur und bei rund 100° ermittelt.

Es sei noch erwähnt, daß in der zweiten Arbeit auch Beobachtungen auf geneigter Unterlagsfläche angestellt sind. Dabei ergab sich für eins der Pendel bei einer Neigung von $0,5'$ nach der einen Seite eine Änderung der Schwingungsdauer um $8 \cdot 10^{-7}$ Sek., bei einer Neigung nach der anderen Seite keine Änderung.

Beiden Arbeiten ist je ein Anhang beigegeben, von denen der erste über ein Hypsometer mit elektrischer Temperaturmessung handelt. Der zweite gibt Versuche, um dem Magazinthermometer durch umgelegte Messinghülsen dieselbe Trägheit gegen Temperaturänderungen zu geben wie den Pendeln. 19. F.

Neue Quecksilberluftpumpen.

Von F. Florio. *Nuovo Cimento* 5, S. 233. 1903; *Journ. de phys.* 3. S. 38. 1904.

In der vorliegenden Arbeit werden einige neue Quecksilberluftpumpen beschrieben, welche alle auf dem Prinzip beruhen, durch drehende Bewegung aus einer zur Schnecke gebogenen, teilweise mit Quecksilber gefüllten Glasröhre die Luft zu entfernen. Diese Glasröhre ist dann in geeigneter Weise mit dem zu evakuierenden Raume verbunden. Hier soll nur die eine der Pumpen beschrieben werden, welche die Fig. 1 u. 2 schematisch in zwei Ansichten zeigen.

ABCDE ist eine schraubenförmig gebogene Glasröhre mit einer und einer halben Windung. Diese Röhre ist derartig auf einem drehbaren Metallrahmen befestigt, daß die Drehungsachse unter 45° gegen den Horizont geneigt ist. In der Richtung der Achse befinden sich zwei gerade Glasröhren a und a' , welche mit ihren unteren Enden in ein Quecksilber enthaltendes Gefäß LM münden. Die Röhre a' ist an ihrem oberen Ende im spitzen Winkel umgebogen und bei der Stelle F an die Schneckenröhre angesetzt. Die Röhre a dagegen, deren oberes Ende in Fig. 1 mit σ bezeichnet ist, gabelt sich daselbst und kom-

muniziert bei *B* und *D* mit der Schneckenröhre. In das Rohr *a* ist von unten, durch den Boden des Quecksilbergefäßes hindurch, ein engeres konzentrisches Rohr geführt, an welches das zu evakuierende Glasgefäß angeschmolzen ist.

Nachdem in die schneckenförmige Röhre bei *G* die hinreichende Menge Quecksilber eingeführt ist, wird die Öffnung *G* mit Siegellack verschlossen und die Pumpe aus der in Fig. 1 ersichtlichen Anfangslage um die Achse im Sinne des Pfeiles gedreht; hierdurch wird die in der schraubenförmigen Röhre enthaltene Luft von *D* über *E* und *F* in die Röhre *a'* gedrängt und gelangt durch das Quecksilber des Gefäßes *L.M* hindurch ins Freie. Alsdann hat man die Pumpe im entgegengesetzten Sinne in die Anfangslage zurückzudrehen. Hierauf beginnt wieder die Drehung wie zuerst u. s. f.



Fig. 1.

Wenn die Verdünnung weit genug vorgeschritten ist, hat man nicht nötig, die Drehung so weit auszuführen, bis die Luft durch die Röhre *a'* ausgetrieben ist. Bei *F* befindet sich nämlich eine kleine Erweiterung mit umgebogenem Schenkel, in welchem bei hinreichender Verdünnung Quecksilber zurückbleibt, sodaß dann die aus der Pumpe austretenden Luftblasen nur noch bis in jene Erweiterung bei *F* geschafft zu werden brauchen. Diese Vorrichtung entspricht übrigens dem an den gewöhnlichen Kolben-Quecksilberpumpen angebrachten „Akkumulator“.

Hinsichtlich der sonstigen Einzelheiten der Konstruktion, der Dimensionen und der Hülfeinrichtungen, welche sich für das gute Funktionieren des Apparates als vorteilhaft herausstellen, ist auf die Originalabhandlung zu verweisen.

Die mit einer Pumpe der beschriebenen Art in einer Crookeschen Röhre erzielte Verdünnung wurde vom Verf. zu 1:5700000 Atmosphäre bestimmt. Rt.

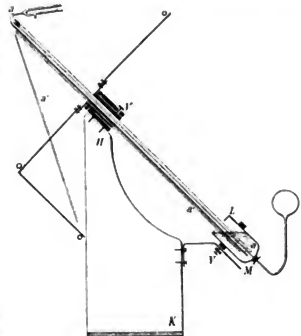


Fig. 2.

Regulier- und Registrier-Thermometer.

Von H. S. Allen. *Nature* 68. S. 69. 1903.

Der wärmeempfindliche Teil des Instruments besteht aus einer kreisförmig gebogenen, sehr dünnwandigen Röhre aus Messing mit flach elliptischem Querschnitt, welche mit einer Flüssigkeit von großer Wärmeausdehnung (Kreosot) gefüllt ist. Das eine Ende der Röhre ist auf einem hölzernen Grundbrett befestigt, das andere mit einem Hebel verbunden, der die mit variabler Temperatur eintretende Krümmungsänderung der Röhre im Verhältnis 1:32 vergrößert. Am längeren Hebelarm befindet sich eine Schreibfeder, welche die Temperaturkurve auf eine rotierende Trommel aufzeichnet. Die Empfindlichkeit beträgt 4,5 cm auf 1° C. In Verbindung mit einem Platin- oder Quecksilberkontakte dient das Instrument als Thermoregulator bei elektrischer Heizung. Rt.

Der photogrammetrische Stereoskopapparat.

Von A. Schell. gr. 8°. 20 S. m. Fig. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1904.

Unter diesem etwas unversalen Namen beschreibt der Verfasser eine hölzerne Stereokamera, die, mit den erforderlichen Justiereinrichtungen versehen, auf einem horizontalen Teilkreis drehbar befestigt ist. Der Teilkreis ruht mit vier die Ecken eines Quadrates bildenden Punkten (zwei Stellschrauben und zwei Federbolzen) auf einer Grundplatte, die mittels einer Hülse auf den Zapfen eines Zapfenstativs gesteckt wird.

Der feststehende Teilkreis mit Stirnteilung in $\frac{1}{2}$ Grad und Minutenonius trägt eine konische Achse. Auf diese ist eine festklembare und mikrometrisch verstellbare Alhidade aufgeschoben, die ihrerseits die Kamera trägt. Um dieser eine, wenn auch beschränkte, Neigung um eine horizontale Achse geben zu können, ist sie auf die Alhidade nicht fest aufgeschraubt, sondern ruht einerseits in einem Spitzenlager, andererseits auf einer eigenartig aufgehängten Mikrometerschraube, die durch eine Zugfeder an die Alhidade dauernd angedrückt wird.

Die Unterstützungsfäche für die Kamera hat dadurch die Form eines schmalen Parallelogramms erhalten, dessen Schenkel etwa dreimal so lang als die Basis sind; das Arbeiten bei Wind dürfte daher ziemlich schwer sein.

Wie groß in Winkelmaß der Spielraum der Mikrometerschraube ist, geht aus der Beschreibung nicht hervor, wie denn überhaupt jede Angabe eines Maßes fehlt; aus den für die Justierung des Apparates aufgestellten Gleichungen läßt sich die Brennweite zu etwa 12 cm entnehmen.

Die Kamera besteht aus einem festen und einem mittels Zahnrad und Trieb beweglichen Teile, wovon letzterer die Objektive trägt; die Verschiebung kann an einem Maßstabe mit Nonius auf 0,1 mm genau abgelesen werden.

Nicht auszueinanderlösbare hölzerne, für photogrammetrische Zwecke bestimmten Kamera erscheint sehr bedenklich, da eine nicht absolut und auf die Dauer strenge Parallelführung des Vorderteiles in den beiden Einzelbildern eine Differenz der Vergrößerung zur Folge hat, während die Meßmethode gerade eine absolut gleiche Vergrößerung fordert.

Das Bedenken wäre hinfällig, wenn die Kamera nur in den beiden äußersten Längen, d. h. ganz eingeschoben und ganz ausgezogen, mit versicherten Anschlägen benutzt würde, was aber nicht ausgesprochen ist.

Wenn diese Ausziehbarkeit für die Scharfeinstellung auf nahe Objekte für nötig gehalten wurde, so wäre es jedenfalls sicherer gewesen, die zwei Objektive in „Spezialfassung“ miteinander zu koppeln, um sie gleichmäßig verstellen zu können.

Der feste Teil der Kamera trägt oben ein Stampfersches Fernrohrdioptr, dessen Visierlinie zu den Achsen der Objektive parallel ist und durch die senkrechte Drehungsachse der Kamera geht, ferner an den Seiten eine zum Fernrohre parallele Libelle und eine Orientierungsbussole.

Die umständliche, auf elf Seiten geschilderte Prüfung und Justierung des Apparates, bei der von der bequemeren Methode der Ausmessung von Stereobildern mit Hilfe des Pulfrichschen Stereomikrometers kein Gebrauch gemacht wird, dürfte weniger interessieren als ein am Schlusse ausgesprochener Gedanke: „Die auf photogrammetrischem Wege ausgeführten Aufnahmen der bedeutendsten Bau- und Kunstwerke eines Landes, welche im Laufe der Zeit durch den Einfluß der Witterung eine Zerstörung erleiden, oder durch den stets wachsenden Verkehr eine Veränderung oder Beseitigung erfahren, können in einem Denkmälarchiv vereinigt werden, wodurch diese Kunstwerke in ihrem jetzigen Zustande der Nachwelt in „Bild und Maß“ überliefert werden.“

Der photogrammetrische Stereoskopapparat wurde in der astronomischen Werkstätte von Starke & Kammerer in Wien angefertigt.

Lö.

Vorläufige Messung der Wellenlängen der Schumann-Strahlen.

Von Th. Lyman. *Astrophys. Journ.* 19, S. 263, 1904.

Nach jahrelanger Arbeit ist es dem Verf. gelungen, die Wellenlängen der von Schumann entdeckten äußerst kurzwelligen Strahlen zu bestimmen.

Er bediente sich dazu eines Rowlandschen Hohlglitters von 97 cm Radius mit 15 028 Strichen auf den engl. Zoll. An dem einen Ende eines metallenen Rahmens wurde das Gitter, an dem anderen zwei Spalte und die Kassette befestigt. Der Rahmen wurde in ein messingenes Rohr von 110 cm Länge und 11 cm Weite eingeschoben, das an dem einen Ende dauernd verschlossen war, während auf die geschlossene, durch einen Flansch vergrößerte andere Endfläche eine ebenfalls geschlossene Verschlussplatte aufgesetzt wurde, die an zwei den Spalten entsprechenden Stellen Flußspatfenster hatte. Das Rohr wurde dann bis auf einen Druck von 0,08 mm Hg ausgepumpt, je eine Geißlersche Röhre mit Fluoritfenster an ein Fenster angepreßt, und der Spektrograph war gebrauchsfertig.

Als Platten kamen nur die nach Schumanns eigenem Verfahren hergestellten in Betracht. Mit diesem Apparate kam der Verfasser nur bis zu einer Wellenlänge von 179,2 $\mu\mu$, die kürzeren Wellenlängen wurden auf ihrem 2 m langen Wege von der Luft trotz der starken Evakuierung verschluckt. Um zu entscheiden, ob die 4 mm dicke Fluoritachicht zwischen Lichtquelle und Vakuum ebenfalls an der Absorption beteiligt war, wurde bei einer zweiten Versuchsreihe eine Röhre ohne Fenster in die Verschlussplatte, aus der das Fenster ebenfalls herausgenommen war, luftdicht eingekittet, dann das Ganze mit trockenem Wasserstoff gefüllt und auf 2 mm Hg-Druck evakuiert. Nunmehr wies die photographische Platte (25 \times 45 mm) zahlreiche scharfe und kräftige Linien auf, die sich folgendermaßen gruppieren lassen.

Von $\lambda = 185,4 \mu\mu$ bis $\lambda = 170 \mu\mu$ erscheint das Spektrum fast kontinuierlich; bei 170 $\mu\mu$ ist eine Absorptionsbande, deren Breite von der Reinheit des verwendeten Wasserstoffs abzuhängen scheint; bei 165 $\mu\mu$ beginnt die Reihe feiner Linien, von denen 134 gemessen wurden. Als kürzeste Wellenlänge wurde $\lambda = 103,3 \mu\mu$ ermittelt, was unseres Wissens mit Schumanns eigener Schätzung übereinstimmt. Der Verfasser warnt davor, alle mitgeteilten Linien als Wasserstofflinien aufzufassen und die Serienrechnungen schon jetzt in das Gebiet des äußersten Ultraviolett auszudehnen. Er will die Abhandlung nur als eine vorläufige Mitteilung betrachtet wissen. Das hohe Reflexionsvermögen des Spiegelmetalles, aus dem das Hohlgitter besteht, ist bemerkenswert; die Belichtung dauerte jedesmal nur 5 Minuten.

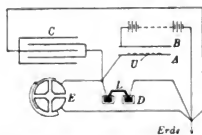
Die vorliegende Arbeit kann als einer der wichtigsten Fortschritte bezeichnet werden, die in den letzten Jahren auf dem Gebiete der Spektroskopie gemacht worden sind.

L. S.

Elektrische Kapazitätsmessung mit radioaktiven Substanzen.

Von J. H. McClelland. *Phil. Mag.* 7, S. 362, 1904.

Zur Bestimmung der Kapazität elektrischer Kondensatoren bis zu sehr kleinen Beträgen herab (bis unter $\frac{1}{1000}$ Mikrofarad) benutzt Verf. die Eigenschaft radioaktiver Substanzen, die Luft durch Ionisierung leitend zu machen; es



wird die Zeit gemessen, die nötig ist, einen Kondensator durch Vermittelung radioaktiver Substanzen zu laden. Diese von der Kapazität abhängige Zeit ist ein Maß für die Größe derselben. Die Anordnung geht aus der Figur hervor. C ist der zu messende Kondensator, dessen eine Belegung zur Erde abgeleitet ist; die andere Belegung desselben steht mit dem einen Quadrantenpaar des (Dolezalischen) Elektrometers E und mit der Platte A sowie mit dem Quecksilbernapf des Paraffinklotzes D in Verbindung. Durch den Bügel L, der aus der Entfernung eingesetzt und herausgehoben werden kann, werden im Anfang des Versuchs alle diese Teile der Versuchsanordnung zur Erde abgeleitet; das zweite Quadrantenpaar des Elektrometers steht

dauernd mit der Erde in Verbindung. Auf der Platte *A* befinden sich einige Gramm eines Uranium-Präparats, z. B. von Uranium-Nitrat, während die Platte *B* durch eine Akkumulatoren-Batterie von etwa 100 Elementen auf etwa 200 Volt geladen wird. Der Zwischenraum zwischen *A* und *B* muß gegen Luftströmung geschützt sein, damit der durch die Ionisierung der Luft hervorgerufene elektrische Strom von *B* nach *A* konstant bleibt. Nach den Angaben des Verf. ist für den vorliegenden Zweck Uranium besser als Thorium und Radium, da bei diesen Emanation stattfindet, bei Uranium dagegen nicht.

Es wird nun die Zeit in Sekunden beobachtet, die vom Moment des Hochhebens des Bügels *L* verfließt, bis das Elektrometer einen Ausschlag von z. B. 100 Skalenteilen anzeigt.

Verf. gibt einige Beispiele, um die Genauigkeit der Methode zu erläutern; die gemessenen Kapazitäten bewegen sich zwischen der Größenordnung von $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{2}$ Mikrofarad; die Übereinstimmung der einzelnen Zahlen geht auf etwa ein Promille. Die Kapazität des Elektrometers, der Platten u. s. w. muß besonders bestimmt werden, da sie sich zu den gemessenen Kapazitäten addiert; es geschieht dies durch Zufügen einer bekannten Kapazität. Auch ein Kondensator von variabler Kapazität wird benutzt, der aus ineinander schiebbaren Röhren besteht. Die durch eine Verschiebung der Röhren entstehende Kapazitätsänderung läßt sich berechnen; beispielsweise erhält Verf. bei einer Verschiebung um 8 cm eine berechnete Änderung der Kapazität um 3,16 Milliontel Mikrofarad, während der Versuch 3,05 ergibt.

W. J.

Versuche über Polarisation und Erholung von Kadmium-Elementen.

Von S. J. Barnett. *Phys. Rev.* **18**, S. 104, 1904.

Für den Gebrauch der Kadmium-Normalelemente ist die Kenntnis der Größe und des Verlaufs der Polarisation der Elemente, wie auch des Wiederverschwindens der Polarisation sehr erwünscht. Zu dieser Frage liefern die Untersuchungen des Verf. einen kleinen, wenn auch wenig erschöpfenden und wenig systematischen Beitrag, der umso mehr enttäuscht, als gar keine Schlüsse aus den Messungen gezogen werden. Die zu den Versuchen benutzten H-förmigen Kadmium-Elemente stellte sich Verf. selbst nach den Vorschriften der Reichsanstalt her, sie enthalten also vermutlich auch festes Kadmiumsulfat. An diesen Elementen bestimmte er den zeitlichen Verlauf des Entstehens und Verschwindens der Polarisation, indem als Maß der elektromotorischen Kraft die das Element durchfließende Stromstärke genommen wird. Dies Verfahren kann wohl nicht als einwandfrei gelten, da bekanntlich, besonders bei Elementen mit festem Salz, der innere Widerstand sich bei Stromdurchgang ändert. Die Stromstärke bei der Polarisation des Elementes wurde an einem Weston-Millivoltmeter von 5 Ohm abgelesen; nach der Unterbrechung des Stroms wurde dann die Erholung des Elementes in der Weise gemessen, daß es mit einem unpolarisierten Normalelement kombiniert wurde, einmal in Hintereinanderschaltung unter Vorschaltung eines Widerstandes von 100 000 Ohm, das anderemal in Gegenschaltung ohne den Ballastwiderstand. Aus den auf diese Weise erhaltenen Ausschlägen eines Wiedemannschen Galvanometers wurde die elektromotorische Kraft des polarisierten Elementes bestimmt. Hier muß man ebenfalls einen Einwurf erheben, da das unpolarisierte Element sich durch den Stromdurchgang auch polarisiert und hierdurch die Beobachtungen gefälscht sein können. Aus den angeführten Daten läßt sich nicht erkennen, ob der Endzustand der Polarisation vollständig erreicht war, ehe der Strom unterbrochen und die Erholungskurve bestimmt wurde. Die Messungen werden einzeln genau registriert und die erhaltenen Resultate graphisch aufgetragen, ohne daß, wie erwähnt, etwas Zusammenfassendes über die angestellten Versuche gesagt wird. Man kann aus den mitgeteilten Kurven nur den Schluß ziehen, daß sich die Größe der Polarisation am Anfang stark ändert und schließlich offenbar einem Endwerte zustrebt. Ebenso erfolgt nach dem Aufhören des polarisierenden Stromes die Erholung anfänglich sehr rasch und die elektromotorische Kraft des Elementes nähert sich allmählich dem ursprünglichen Wert.

W. J.

Über ein Hitzdrahtamperemeter zur Messung sehr schwacher Wechselströme.

Von J. A. Fleming. *Phil. Mag.* 7. S. 595. 1904.

Das Hitzdrahtinstrument von Fleming ist nach dem wohlbekannten Prinzip der Hartmann & Braunschen Instrumente gebaut. In einem Holzgehäuse von 101 cm Länge,



Fig. 1.

8 cm Höhe und 6 cm Breite ist ein Stab aus gut getrocknetem Holz von den Abmessungen $100 \times 2,5 \times 2,5$ cm befestigt. An jedem seiner Enden sind zwei Träger aus Messingblech angebracht, welche je eine durch eine

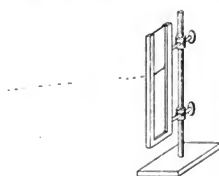
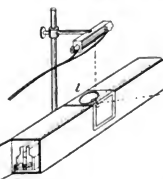


Fig. 2.

Druckschraube justierbare Feder p tragen (Fig. 1). An diese Federn sind 2 feine, parallel in einem Abstand von 5 mm gespannte Drähte aus Platin von 0,05 mm Durchmesser gelötet. In der Mitte wird jeder Draht durch eine sehr feine Feder s nach unten gezogen. Außerdem ist quer über die Mitte beider Drähte ein schmaler Papierstreifen gelegt, auf dem ein Spiegelchen von etwa 1×5 mm Fläche befestigt ist. Die Drähte werden mittels der Schrauben p derart justiert, daß der Spiegel etwa um 45° gegen die Horizontale geneigt ist. Der zu messende Strom wird nur durch den einen der Drähte geschickt und die Ablenkung des Spiegelchens mittels objektiver Ablesung beobachtet. Diese besteht (Fig. 2) aus einem geraden horizontalen Glühlampenfaden, einer passenden Linse und einem vertikalen Schirm. Der Widerstand des Apparates betrug 168 Ohm. Die Kurve für die Ablenkung als Abszisse und die Stromstärke als Ordinate ergab eine Parabel. Eine Spannung von 2 Volt an den Klemmen des Apparates verursachte einen Ausschlag von etwa 3 cm; ein Strom von 5 Milliamperes gab noch einen merklichen Ausschlag. E. O.

Über die Änderung der magnetischen Permeabilität von Nickel und Eisen mit der Temperatur.

Von E. P. Harrison. *Phil. Mag.* 8. S. 179. 1904.

Daß die Permeabilität ferromagnetischer Materialien recht beträchtlich von der Temperatur abhängt, und daß jedes derartige Material bei der Erhitzung auf eine bestimmte Temperatur, dem sogen. „kritischen Punkt“, unmagnetisch wird, ist bereits bekannt. Der Verf. untersucht diese Erscheinungen nochmals genauer, um sie in Zusammenhang zu bringen mit den Veränderungen der thermoelektrischen Kraft und des elektrischen Leitvermögens in hohen Temperaturen, die an denselben Proben studiert worden waren. Er bediente sich der magnetometrischen Methode, und zwar verwendete er als Versuchsobjekte dünne Nickel- und Eisendrähte von etwa 20 cm Länge, die sich im Inneren eines dünnwandigen, elektrisch geheizten Platinrohrs befanden. Aus dem Widerstand des Platinrohrs, dessen Temperaturkoeffizient durch Messungen bei 0° und 100° bestimmt worden war, konnte die jeweilige Temperatur des Drahtes ermittelt werden. Draht und Platinrohr waren von einer langen, doppelwandigen Magnetisierungsspule umschlossen, in welcher Kühlwasser zirkulierte. Die Versuche mit dem Eisendraht mußten zur Vermeidung der Oxydation im Vakuum ausgeführt werden, was die Anordnung beträchtlich komplizierte.

In Übereinstimmung mit dem bisher Bekannten fand der Verf., daß sowohl beim Nickel wie beim Eisen die Permeabilität für eine bestimmte Feldstärke mit zunehmender

Temperatur anfangs langsam, dann rascher wächst, ein Maximum erreicht und schließlich ziemlich rasch abfällt. Aus den mit den Nickeldrähten aufgenommenen Hysteresisschleifen, welche mit wachsender Temperatur stark zusammenschrumpfen, ergibt sich eine nahezu kontinuierliche Abnahme des Hysteresisverlustes für die gleiche Feldstärke, während die gleichzeitige Abnahme der Koerzitivkraft und der Remanenz ungefähr bei derjenigen Temperatur beträchtlich stärker wird, wo der starke Abfall der Permeabilitätskurve beginnt.

Der letztere Punkt liegt für Nickel ungefähr bei 310° , für die vom Verf. untersuchte Eisensorte bei 760° , während der kritische Punkt, wo die Magnetisierbarkeit aufhört, vom Verf. für Nickel zu etwa 374° und für den Eisendraht zu 855° bestimmt wurde. Das zwischen beiden Punkten liegende „kritische Intervall“, das also beim Nickel ungefähr 64° , beim Eisen ungefähr 95° beträgt, stimmt nun gut überein mit dem Intervall, in welchem sich nach den Versuchen des Verf. die Änderungen der Thermokraft und des spezifischen Widerstandes abspielen, sodaß ein innerer Zusammenhang zwischen diesen drei Erscheinungen wohl als sicher angenommen werden darf.

Gleich.

Neu erschienene Bücher.

P. Constan, *Cours élémentaire d'Astronomie et de Navigation. I^{re} Partie: Astronomie.* 8°. VI, 264 S. m. 138 Fig.; *II^e Partie: Navigation.* 8°. 307 S. m. 159 Fig. Paris, Gauthier-Villars 1903. I. Tl. 7,50 fr.; II. Tl. 8,50 fr.

Verf. gibt in sehr klarer Darstellung dem Leser einen Abriß der Astronomie, soweit die Kenntnisse dieser Wissenschaft für den Seemann nötig ist. Er setzt dabei nur elementare mathematische Bildung voraus, insbesondere also keine Differential- und Integralrechnung; aus der sphärischen Trigonometrie genügt die Kenntnis des Kosinussatzes, des Sinussatzes und der Formel, welche eine Beziehung zwischen vier aneinander liegenden Stücken des sphärischen Dreiecks gibt.

Im ersten Kapitel werden die für die Benutzung der Instrumente nötigen optischen Kenntnisse gelehrt, wobei indes z. B. die Gesetze der Reflexion und Refraktion nicht theoretisch abgeleitet, sondern nur als Erfahrungstatsachen nebst den Mitteln zu ihrer experimentellen Prüfung angeführt werden. Mathematisch werden dagegen die fundamentalen Formeln, welche bei Linsen und Fernrohren die Beziehungen zwischen Objektweite und Bildweite ausdrücken.

Von Instrumenten werden im ersten Band der Theodolit, das Mittagsfernrohr, der Mauerkreis, das Äquatoreal, das Heliometer und die Uhren behandelt, der Sextant dagegen erst im zweiten, der Schiffsahrt gewidmeten Bande. Die anderen zur See zu benutzenden Reflexionsinstrumente, wie der von C. A. Steinheil um das Jahr 1833 erfundene Prismenkreis und der Pistor & Martinssche Spiegelprismenkreis finden keine Erwähnung, woraus in Verbindung mit dem Umstande, daß das vorliegende Werk zur Vorbereitung für das Kapitänsexamen dienen soll, hervorgehen dürfte, daß diese den Sextanten in mancher Beziehung übertreffenden Instrumente in Frankreich leider noch weniger als in anderen Ländern im Gebrauch sind.

Der Mauerkreis hätte aus dem Buche füglich wegbleiben können, da heutzutage solche Instrumente nicht mehr gebaut werden, sondern die Meridianfernrohre mit fein geteilten Kreisen zur Messung von Zenitdistanzen versehen werden.

In dem rein astronomischen Teil des Buches werden der Reihe nach die für den Seemann wichtigsten Abschnitte der sphärischen Astronomie durchgenommen. Die Anordnung könnte man sich ja wohl auch anders denken, so erscheint z. B. die Reihenfolge der Abschnitte über die Rotationsbewegung der Erde, die Gestalt der Erde, die Atmosphäre und die Strahlenbrechung, die verschiedenen Koordinatensysteme zur Angabe eines Ortes an der Himmelskugel, die Parallaxe u. s. w. nicht gerade als eine sehr natürliche; es muß jedoch zugegeben werden, daß auch bei der vom Verf. gewählten Aufeinanderfolge der Leser eine durchaus gute Einführung in die Wissenschaft erhält.

Von der Aberration und ebenso von der Nutation ist in dem Buche nicht die Rede. Der Verfasser war jedenfalls der Meinung, daß die Kenntnis dieser beiden Erscheinungen für den Seemann nicht unbedingt nötig sei. Im allgemeinen dürfte dies auch der Fall sein, nur wird der Seemann sich dann keine Erklärung des unregelmäßigen, durch die Präzession allein offenbar nicht bedingten Verlaufes einer Sternephemeride geben können. Dem, der nicht bloß mechanisch nach Vorschrift, sondern mit Verständnis rechnen möchte, wird der eigentümliche Gang einer Sternephemeride gewiß auffallen, und um ihm die wissenschaftliche Befriedigung zu teil werden zu lassen, auf die er doch wohl Anspruch hat, nämlich mit Werten zu rechnen, deren Zustandekommen ihm einigermaßen verständlich ist, wäre vielleicht ein kurzer Hinweis auf jene beiden Erscheinungen am Platze gewesen.

Verf. beschränkt sich übrigens nicht ganz auf die sphärische Astronomie oder mathematische Geographie. Er bespricht z. B. in den von der Sonne und dem Mond handelnden Kapiteln auch die Rotation und den physischen Zustand dieser Himmelskörper. Und in dem darauf folgenden Kapitel über die Fixsterne, die Planeten und Kometen spricht er von den Sternbildern, der Einteilung der Sterne in Größenklassen, den Doppelsternen, veränderlichen Sternen, Nebelflecken, der Milchstraße, ferner von den Bahnkurven der Planeten und Kometen, von den Keplerschen Gesetzen, vom Newtonschen Gravitationsgesetz. Die kurze Abschweifung vom nächstliegenden Zweck des Buches auf die beschreibende Astronomie und die Himmelsmechanik wird den meisten Lesern gewiß willkommen sein.

Im letzten Kapitel des ersten Bandes finden die Ephemeriden und Tafeln der *Connaissance des Temps* ihre Erklärung, und im Anschluß daran werden die wichtigsten dem Seemann vorkommenden Aufgaben durchgenommen, wie die Umwandlung von Sternzeit, mittlerer Zeit und wahrer Zeit ineinander, die Berechnung des Stundenwinkels eines Gestirnes für eine gegebene mittlere Zeit und besonders die Berechnung der Zeit und der geographischen Breite.

Im zweiten Band gelangen zunächst der Sextant und das Chronometer zur Besprechung. Auf den ersteren kommt Verf. auch gegen Ende des Werkes noch einmal zurück, um die Methoden der Prüfung eines Sextanten auf Ebenföchigkeit des Limbus, auf Exzentrizität, auf Genauigkeit der Teilung und auf Parallelität der optischen Achse des Fernrohres mit dem Limbus, sowie die Bestimmung der Messungsfehler, welche durch jene Instrumentalfehler bedingt sind, anzugeben. Nach Ansicht des Ref. hätten diese Erörterungen besser den Kapiteln über die anderen Instrumentalfehler des Sextanten, wie Indexfehler, Abweichung der Spiegel von der lotrechten Stellung, hinzugefügt werden können.

In den Kapiteln 2 bis 4 des 2. Bandes werden die drei Aufgaben der Schifffahrt behandelt: 1. die Himmelsrichtung auf dem Meere zu finden, 2. auf der Karte die zu verfolgende Route und die Entfernung des Zieles vom Ausgangspunkt zu finden, und 3. die geographischen Koordinaten des Schiffes zu bestimmen.

Die erste Aufgabe wird mittels des Kompasses gelöst, den der Verf. eingehend bespricht; unter anderem kommt hier auch die Kompensation des von den Eisenteilen des Schiffes auf den Kompaß ausgeübten Einflusses zur Sprache. Eine Karte der Isogonen, Isoklinen und Isodynamen ist dem Werk beigegeben.

In dem Kapitel über die Bestimmung der Route erhält der Leser ein Verständnis von den in Merkators Projektion ausgeführten Seekarten, sowie von den beiden für die Schifffahrt wichtigsten Kurven Loxodrome und Orthodrome; auch werden die Gezeiten und die sich für den Seemann daran anknüpfenden Fragen, z. B. nach der Zeit des Hochwassers an einem gegebenen Ort und an einem gegebenen Tage, in diesem Kapitel besprochen.

Im folgenden Kapitel, welches die Bestimmung des Schiffsortes zum Inhalt hat, behandelt Verf. das Log in seinen verschiedenen Ausführungen, ferner das Peilen und sodann die auf der See anwendbaren astronomischen Methoden zur Bestimmung der Breite und Länge. Für die Längenbestimmung setzt Verf. die Zeit des nullten Meridians als durch die Schiffschronometer bekannt voraus, sodaß mit der Bestimmung der Ortszeit sofort auch die geographische Länge gefunden ist, während bei den Methoden der absoluten Längen-

bestimmung, z. B. durch Mondstanzanzen oder Mondhöhen, die Bestimmung der Ortszeit nur ein Teil und zwar der relativ leichteste Teil der Arbeit ist.

Besonderer Wert wird, weil sie für den Seemann in der Tat von größter Wichtigkeit ist, auf die Summersche Methode der Ortsbestimmung gelegt.

In leicht verständlicher und durch Beigabe von Figuren, mit denen überhaupt nicht gespart ist, anschaulicher Weise leitet Verf. ab, welchen Einfluß ein Fehler in den gegebenen oder beobachteten Größen auf das gesuchte Resultat hat, und welches daher die günstigsten Bedingungen für die Beobachtung sind.

Einige Kleinigkeiten, welche dem Ref. auffielen, seien im folgenden noch erwähnt.

Nach der im 1. Bd., S. 43 gegebenen Darstellung möchte es scheinen, als sei das Galileische Fernrohr erst nach dem sogenannten terrestrischen Fernrohr erfunden worden, um dessen unbequeme Länge zu vermeiden, während gerade das Galileische Fernrohr trotz seines komplizierten Strahlenganges bekanntlich das zuerst erfundene ist.

Sonst wohl nicht üblich ist die vom Verf. gemachte Unterscheidung zwischen „la sphère céleste rationelle“ und „la sphère étoilée rationelle“ oder, wie wir sagen würden, zwischen Himmelsgewölbe und Sternenhimmel. Unter ersterem versteht Verf. die scheinbare Kugelfläche, auf welche sich die Sterne von innen projizieren, unter letzterem die durchsichtige Kugelschale, auf welcher die Sterne außen befestigt gedacht sind.

Während man im allgemeinen schlechthin von Zeitgleichung spricht, unterscheidet Verf. zwischen der Gleichung für die wahre Zeit und der Gleichung für die mittlere Zeit. Die erstere, d. i. die Korrektion, welche an die wahre Zeit anzubringen ist, um die mittlere Zeit zu erhalten, ist identisch mit der in den astronomischen Jahrbüchern schlechthin so genannten Zeitgleichung, worauf Verf. wohl besonders hätte aufmerksam machen sollen; die letztere ist ihr, absolut genommen, gleich, aber von entgegengesetztem Vorzeichen.

Der Urheber des nach ihm benannten Mondzyklus wird vom Verf. Méthon statt Méton geschrieben.

Wenn das Werk auch in erster Linie für französische Leser geschrieben ist und, insofern immer nur französische Autoren und besonders auch nur französische Tafelwerke zitiert werden, einen nationalen Anstrich hat, so kann es doch, namentlich wegen seiner Klarheit, auch deutschen Lesern empfohlen werden. Ka.

F. Hartner, Hand- u. Lehrbuch der niederen Geodäsie, begründet v. Prof. F. Hartner, fortgesetzt v. Prof. J. Wastler u. in 9. Aufl. umgearb. u. erweitert v. Prof. E. Doiéal. In 2 Bdn. 1. Bd. 1. Hälfte. gr. 8°. 335 S. m. Abbildgn. Wien, L. W. Seidel & Sohn 1903. Vollständig 25,00 M.; geb. in Halbfrz. 30,00 M.

Die erste Aufl. von Hartners bekanntem Handbuch der niederen Geodäsie erschien im Jahr 1850; die Bearbeitung der 5. Aufl. (1876) hat der Verf. noch selbst dem damaligen Geodäten der Technischen Hochschule Graz, Josef Wastler übertragen, der die Umrechnungen auf das metrische Maß besorgte, wesentliche Erweiterungen vornahm und dafür die Markscheidkunde wegließ. Auch die folgenden Auflagen, die bis zur 8. einschl. (1898) durch Wastler besorgt wurden, zeigen dessen fleißig bessernde Hand. Von der 9. Aufl., die Prof. E. Doiéal an der Bergakademie Leoben bearbeitet (in 2 Bänden von zusammen rund 1200 S.), liegt hier die 1. Hälfte des I. Bandes (bis S. 336) vor. Sie umfaßt als 1. Abteilung die Fehler- und Ausgleichungsrechnung und die Hilfsmittel der Rechnung (Zahlentafeln, Rechenschieber, graphische Hilfsmittel, Rechenmaschinen, von denen die Burkhardt'sche und die „Berolina“, die bessere Schwester der „Brunsviga“, beschrieben werden; wie öfters in Lehrbüchern erscheint auch hier bei den zwei zuletzt genannten Maschinen irgend der Name des Erfinders, Odhner, sondern immer nur der der Fabrikanten); von der 2. Abteilung, Feldmeßkunst, 1. Teil, sind im vorliegenden Band nur noch enthalten die Abschnitte „Die Maße“ und ein Teil der „Lehre von den Geräten und Instrumenten“.

Über die Anordnung des Stoffes hätte wohl dieser und jener abweichende Wunsch; ich will die meinigen hier nicht vorbringen. Die Darstellung ist z. T. etwas breit und wort-

reich geraten. Aber im ganzen wird, nach der vorliegenden Probe, das Buch in seiner jetzigen Umarbeitung und Erneuerung seinen alten Wert behaupten. Die Korrektur ist recht sorgfältig ausgeführt (nur z. B. immer noch Huyghens; S. 106 soll stehen Bruhns statt Bruns, S. 268 Gonser statt Genser, S. 300 Z. f. Vermessungswesen statt Vermessungskunde u. s. w.).

Aus dem uns hier interessierenden Teil, dem Anfang der Instrumentenlehre, ist kaum etwas besonders hervorzuheben. Der Ref. wird jedoch beim Erscheinen weiterer Teile des Werks, das hiermit der Beachtung empfohlen sei, darauf zurückkommen. *Hammer.*

W. Müller, Die Vermessungskunde. Ein Taschenbuch für Schule und Praxis. 2. Aufl. 8°. IX, 174 S. m. 117 Abbildgn. Hannover, Gebr. Jänecke 1903. Geb. in Leinw. 3,00 M.

Der in *dieser Zeitschr.* 22. S. 167. 1902 angezeigten 1. Aufl. dieses kleinen Taschenbuchs ist rasch die 2. gefolgt. Die Änderungen und Zusätze sind nicht von großem Belang. Von den zwei Hauptteilen, Instrumentenlehre und Messungslehre, nimmt der erste den etwas größeren Raum in Anspruch.

Statt des Strebens nach einer gewissen Vollständigkeit, wobei sich aber mancher Gegenstand an ein paar Worten genügen lassen muß, die nicht selten geradezu zu Mißverständnissen Veranlassung geben müssen, wäre wohl vorzuziehen, vieles wegzulassen (z. B. die „hypsometrischen Höhenmessungen“ S. 145, wie ja doch auch im I. Teil, der Instrumentenlehre, nirgends ein „Hypsometer“ vorgeführt wird) und dadurch Raum zu gewinnen für etwas eingehendere Erläuterung des Wichtigen und für bessere Begründungen (vgl. z. B. das Planimeter, S. 160 u. s. w.). Der Verf. wird auch vor dem Druck der nächsten Auflage noch vielerlei abzuändern finden. *Hammer.*

Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. Zeitschrift f. d. wissenschaftl. Erforschung der höheren Luftschichten. Im Zusammenhange m. den Veröffentlichgn. der internationalen Kommission f. wissenschaftl. Luftschiffahrt hrsg. v. R. Aßmann u. H. Hergesell. 1. Bd. Lex. 8°. 1. Heft: 54 S. Stuttgart, K. J. Trübner 1904. 15,00 M.; 1. Heft einzeln 4,00 M.
N. Riefler, Projekt einer Uhrenanlage f. d. kgl. belgische Sternwarte in Uccle. Lex. 8°. 27 S. m. Abbildgn. u. 2 Taf. München, Th. Ackermann 1904. 2,00 M.

Jahrbuch f. Photographie u. Reproduktionstechnik f. d. J. 1904. Unter Mitwirkg. hervorrag. Fachmänner hrsg. v. Prof. Dr. Jos. Maria Eder. 18. Jahrg. 8°. IX, 660 S. m. 189 Abbildgn. u. 29 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp 1904. 8,00 M.; geb. in Leinw. 9,50 M.

Wechselstromtechnik, Die. Hrsg. v. Prof. Dir. E. Arnold. 2. u. 4. Bd. gr. 8°. Berlin, J. Springer. Geb. in Leinw.

2. E. Arnold u. J. L. la Cour, Die Transformatoren. Ihre Theorie, Konstruktion, Berechng. u. Arbeitsweise. X, 370 S. m. 335 Fig. u. 3 Taf. 1904. 12,00 M. — 4. E. Arnold u. J. L. la Cour, Die synchronen Wechselstrommaschinen. Generatoren, Motoren u. Umformer. Ihre Theorie, Konstruktion, Berechng. u. Arbeitsweise. XVIII, 842 S. m. 514 Fig. u. 13 Taf. 1904. 20,00 M.

G. Helm, Die Theorien der Elektrodynamik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung. gr. 8°. VIII, 164 S. m. Fig. Leipzig, Veit & Co. 1904. 5,60 M.; geb. in Leinw. 6,60 M.

L. Koelnigsberger, Carl Gustav Jacob Jacobi. Festschrift zur Feier der 100. Wiederkehr seines Geburtstages. gr. 8°. XVIII, 554 S. m. 1 Bildnis u. dem Fksm. e. Briefes. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 16,00 M.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen u. angewandten Chemie. Hrsg. v. R. Meyer. XIII. Jahrg. 1903. gr. 8°. XII, 600 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 14,00 M.; geb. in Leinw. 15,00 M.; in Halbfrz. 16,00 M.

M. Winkelmann, Zur Theorie des Maxwellschen Kreisels. Diss. gr. 8°. 77 S. m. Fig. u. 1 Taf. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht 1904. 2,00 M.

Nachdruck verboten.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geb. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIV. Jahrgang.

Dezember 1904.

Zwölftes Heft.

Eine mikrographische Einrichtung für ultraviolettes Licht.

Von

A. Köhler und M. von Rohr in Jena.

Bezeichnet bei einer periodischen Struktur δ die Breite der Streifung, so wird sie bei der Beleuchtung mit geradem Licht von der Wellenlänge λ in einem Mikroskop von dem halben Öffnungswinkel u und der Immersionsflüssigkeit vom Brechungsindex n aufgelöst, wenn die Beziehung gilt

$$\delta = \frac{\lambda}{n \sin u}.$$

Hält man an der Forderung fest, gewöhnliches weißes Licht einer mittleren Wellenlänge

$$\lambda = 550 \mu\mu$$

zu verwenden, so läßt sich der Wert von δ nur durch Vergrößerung des Nenners herabdrücken. Dies wird bei möglichster Annäherung des halben Öffnungswinkels an 90° erreicht durch Anwendung eines Einbettungs- und Immersionsmediums möglichst hoher Brechung. In der mikrographischen Praxis hat man sich meistens der homogenen Immersionen von

$$n \sin u = 1,30 \text{ bis } 1,40$$

bedient, bei denen die gewöhnlichen Einbettungsmedien und eingedicktes Zedernholzöl als Immersionsflüssigkeit in Betracht kamen. Am weitesten in dieser Richtung ging E. Abbe in der 1889 von ihm berechneten Monobromnaphthalin-Immersion, wo der Wert

$$n \sin u = 1,60$$

erreicht wurde. Doch hat dieses System eine allgemeine Anwendung nicht gefunden, da nicht viele Präparate die Verwendung von Einbettungsmedien mit so hohen Brechungsexponenten ertragen.

Ein weiterer Fortschritt in dieser Richtung, etwa über 1,60 hinaus, ist sehr unwahrscheinlich, weil brauchbare Einbettungsmedien von höherer Brechung vorläufig nicht zur Verfügung stehen.

Gibt man aber die Forderung auf, weißes Licht zu verwenden, so bietet sich in der Verkleinerung von λ eine Möglichkeit dar, den Wert von δ zu verringern. Indessen stellen sich auch hier Schwierigkeiten ein, insofern als die meisten Glasflüsse die brechbarsten Strahlen gar nicht oder doch nur sehr geschwächt durchlassen. Die beiden, seit langer Zeit als gut durchlässig bekannten Materialien aber, Flußspat und Bergkristall, ließen sich zunächst wegen der Doppelbrechung des zuletzt genannten nicht zum Aufbau eines Mikroskopobjektivs verwenden. Auch nach 1899, wo es M. Herschkowitsch gelungen war, diesen Nachteil durch Herstellung geschmolzenen

Quarzes zu heben, schien die Lösung dieser Aufgabe noch in weiter Ferne zu liegen, weil nunmehr die Brechungsexponenten beider Medien fast gleich¹⁾ ausfielen.

Es war für das vorliegende Problem ein glücklicher Umstand, daß bei der Bearbeitung des „Die Theorie der sphärischen Aberrationen“ betitelten V. Kapitels des Werkes „Die Bilderzeugung in optischen Instrumenten vom Standpunkte der geometrischen Optik“²⁾ A. König und M. von Rohr die Beobachtung machten, daß das erste Glied der sphärischen Aberration sich auch in Systemen fortschaffen läßt, die nur dünne Sammellinsen aus einem und demselben Material enthalten. Die trigonometrische Durchrechnung eines dementsprechend aus Quarzlinzen endlicher Dicke angesetzten Systems zeigte bemerkenswert kleine Zonen, und so lag es nahe, unter Verzicht auf die chromatische Korrektur ein System möglichst großer Apertur sphärisch für die Wellenlänge $\lambda = 275 \mu\mu$ zu korrigieren, bei der sich eine gut isolierte Linie des Kadmiumspektrums vorfindet. Die Durchführung der Rechnung an einem Troekensystem der Apertur 0,35 ließ die Notwendigkeit erkennen, mit Rücksicht auf die Herbeiführung der Aplanasie eine Zerstreuungslinse einzuführen; es blieb aber auch hier eine bemerkenswert große Annäherung an vollständige Zonenfreiheit erhalten. Mit Hilfe der bekannten Frontlinsen ließ sich in der numerischen Apertur, dem niedrigen Brechungsexponenten des als Immersionsflüssigkeit dienenden Glycerins entsprechend, der Wert von 1,3 fast erreichen, doch wird in den Preisverzeichnissen der etwas niedrigere Wert von 1,25 aufgeführt. Im Vergleich mit einem für weißes Licht bestimmten Objektiv derselben Apertur ist hier das Auflösungsvermögen auf das Doppelte gesteigert; das besprochene Objektiv würde also dieselben Einzelheiten zeigen, wie ein System der Apertur von 2,5 bei Tageslicht, vorausgesetzt, daß eine solche Konstruktion ausführbar wäre. A. Köhler hat die mit 2 (bei einer von $\lambda = 275 \mu\mu$ abweichenden Wellenlänge mit einem andern Faktor) multiplizierten Aperturzahlen, die dem Mikroskopiker die Leistung der Objektive unmittelbar vor Augen führen, als ein Maß für das *relative Auflösungsvermögen* eingeführt.

Die bis jetzt ausgeführten Untersuchungen zahlreicher Objekte haben gezeigt, daß die Vorteile, die die Anwendung ultravioletten Lichtes bietet, nicht allein in einer Steigerung des Auflösungsvermögens zu sehen sind: auch Objektive, deren Auflösungsvermögen das mit den seither gebräuchlichen Mitteln Erreichbare nicht überschreitet, versprechen, nützliche Werkzeuge der mikroskopischen Forschung abzugeben. Die einzelnen Bestandteile der Gewebe, die den Organismus der Tiere und Pflanzen zusammensetzen, zeigen nämlich, auch wenn sie bei Tageslicht unter dem gewöhnlichen Mikroskop keine Unterschiede in der Färbung aufweisen, bei dem ultravioletten Licht teilweise außerordentlich starke Unterschiede in der Durchlässigkeit, Unterschiede von der Art, wie sie die mikroskopische Technik durch die zahlreichen Fixierungs- und Färbungsmittel künstlich herzustellen sich bemüht. Mit Rücksicht auf dieses Forschungsgebiet sind daher auch Systeme von kleinerer Apertur und entsprechend längerer Brennweite hergestellt worden. Über die Brennweite, die Apertur und das relative Auflösungsvermögen der Objektive gibt die folgende Tabelle Aufschluß:

¹⁾ Bezeichnet G' die bei $\lambda = 434 \mu\mu$ liegende H-Linie, so gilt

für Quarz	$n_{G'}$	= 1,467
„ Flußspat	$n_{G'}$	= 1,440.

²⁾ Herausgegeben von M. von Rohr. XXII, 587 S. mit 133 Textfig. Berlin, J. Springer 1904. S. 208 bis 338.

Tabelle der Monochromate.

	Brennweite in mm	Numerische Apertur	Relatives Auflösungs- vermögen	Freier Objektabstand in mm
Trockensystem	6	0,35	0,70	3
Glycerin- immersion	2,5	0,85	1,70	0,4
	1,7	1,25	2,50	0,12

Die Okulare sind aus je zwei einfachen Bergkristall-Linsen zusammengesetzt. Bei den relativ geringen Neigungswinkeln, unter denen die wirksamen Strahlen die Linsen durchsetzen, schadet die Doppelbrechung dieses Materials hier nichts. Die schwächeren sind nach dem Typus des Huygensschen, die stärkeren nach dem Typus des Ramsdenschen Okulars gebaut: unter diesen Umständen ließ sich die Fassung gut in der Weise ausführen, daß die vordere (untere) Brennebene bei sämtlichen Okularen in dieselbe Entfernung vom oberen Tubusrand, und damit auch von dem angeschraubten Objektiv kommt. Diese Ausführung der Okularfassung — sie ist bei dem Mikroskop zuerst bei den Kompensationsokularen von Abbe eingeführt worden — ist notwendig, wenn bei jedem Okular das erste reelle, vom Objektiv allein entworfene Bild in der Entfernung zustande kommen soll, für die die sphärische Korrektion des Objektivs bewirkt ist.

Die Vergrößerungen, die die Okulare gewähren, d. h. die Quotienten Δ/f_2 , wo Δ die optische Tubuslänge und f_2 die Brennweite des Okulars bedeutet, sind der Reihe nach 5, 7, 10, 14 und 20. Sie bilden annähernd eine geometrische Reihe, deren Quotient $\sqrt{2}$ ist: unter sonst gleichen Umständen nimmt also die Helligkeit des Bildes beim Übergang von einem Okular zu dem nächst stärkeren auf die Hälfte ab. Die Expositionszeiten, die für photographische Aufnahmen erforderlich sind, steigen daher immer auf das Doppelte.

Die Präparate müssen natürlich ebenfalls durchweg mit Hilfe durchlässiger Materialien hergestellt werden: als Objektträger sind Plättchen aus Bergkristall (senkrecht zur Achse geschliffen) oder auch Plättchen aus U. V.-Glas, deren Dicke etwa der Dicke gewöhnlicher Deckgläser gleichkommt, anzuwenden; die Deckplättchen werden mit Rücksicht auf die beiden Immersionssysteme aus geschmolzenem Quarz hergestellt, da diese Systeme das Prinzip der homogenen Immersion nahezu in idealer Vollkommenheit verwirklichen. Als Einschlußmedien können zahlreiche, schon jetzt in der mikroskopischen Technik gebräuchliche Mittel benutzt werden, insbesondere auch solche, die zur Untersuchung frischer, d. h. nicht konservierter organischer Objekte dienen. Die Harze jedoch, wie Damaraharz, Kanadabalsam u. s. w., sowie die meisten bis jetzt untersuchten hochbrechenden Einschlußmedien erwiesen sich ihrer Undurchlässigkeit wegen als unbrauchbar.

Zur Beleuchtung der Objekte dient ein Kondensor, der ebenfalls aus durchlässigem Material bestehen muß. Da die Ansprüche an die Qualität der Strahlenvereinigung hier sehr viel geringer sind wie bei einem Objektiv, konnte Bergkristall angewandt werden. Die Brennweite des Kondensors beträgt etwa 4 mm, die numerische Apertur 1,3. Für schwächere Objektive von kleinerer Apertur würde das beleuchtete Schfeld wegen der geringen Brennweite des Kondensors zu klein sein: daher lassen sich die beiden oberen, eine „Duplexfront“ bildenden Linsen abschrauben und durch eine dickere Bergkristall-Linse ersetzen; man erhält dann ein System, dessen Brennweite etwa 7 mm und dessen Apertur 0,8 beträgt. Schraubt man auch diese Linse ab

und benutzt die beiden unteren allein, so hat man ein System von etwa 17 mm Brennweite, dessen Apertur 0,3 beträgt.

Zur Regulierung des Strahlengangs ist der Kondensor mit einer dicht unter der untersten Linse gelegenen Irisblende versehen; mit Hilfe einer Zentriervorrichtung kann er gegen die Achse des Mikroskops zentriert werden.



Fig 1. Mikroskop und Kamera auf der Tischplatte während der Aufnahme [etwa $\frac{1}{4}$ nat. Gr/ße].

S_1 Schraube zum Feststellen der Fußplatte für das Mikroskop; P Reflexionsprisma aus Bergkristall, das das wagrecht einfallende Licht in die Achse des Mikroskops reflektiert; Sp Planspiegel zum Beobachten des Funkenbildes auf der Uranglasplatte; D Diaphragmenträger mit eingelegter Uranglasplatte, zur Seite geschlagen. Die übrigen Bezeichnungen sind unter Fig. 2 erklärt.

Die Beobachtung kann, da das Auge so kurzwelliges Licht nicht wahrzunehmen imstande ist, nicht in der üblichen Weise geschehen, zu diesem Zweck ist vielmehr ein besonderer Hilfsapparat, der Sucher *E* (Fig. 1 u. 2), vorgesehen. Man kann ihn am besten als ein künstliches Auge betrachten, das für ultraviolettes Licht empfindlich ist. Seine brechenden Medien $L_3 L_4$ (Fig. 3) bestehen aus Bergkristall, seine Retina *F* (Fig. 3) aus Uranglas. Das Fluoreszenzbild, das auf dieser Retina entsteht, kann

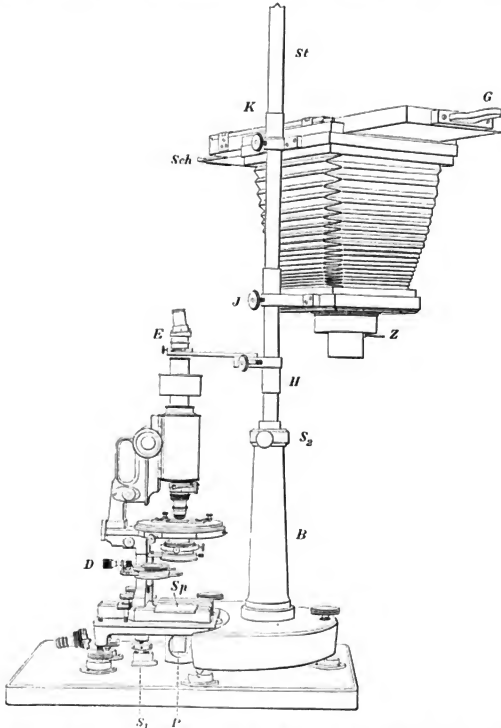


Fig. 2. Mikroskop und Kamera auf der Tischplatte während der Untersuchung und Einstellung (etwa $\frac{1}{6}$ nat. Größe).

B Fuß der Vertikalkamera; S_2 Klemmschraube zum Festklemmen der drehbaren, geteilten Stange *St*; *H* verstellbarer Träger für den Sucher *E*; *J* und *K* verstellbare Träger für die Kamera; *Z* Zeitverschluß; *Sch* aufgezogener Schieber der Schiebekassette; *G* Griff des die photographischen Platten aufnehmenden, verschiebbaren Rahmens. Die übrigen Bezeichnungen sind dieselben wie in Fig. 1.

allerdings nicht unmittelbar wahrgenommen werden, der Beobachter muß es vielmehr mit einer hinreichend starken Lupe betrachten (L_5 in Fig. 3). Je kleiner das Bild auf der Uranglasplatte ist, d. h. mit anderen Worten, je kleiner die Brennweite des Systems $L_3 L_4$ ist, durch das es entworfen wird, desto heller wird es sein: da sich die fluoreszierenden Stellen der Uranglasplatte wie diffus strahlende oder selbstleuchtende Körper verhalten, wird auch diese Helligkeit durch die Lupenvergrößerung nicht herabgesetzt, solange die Öffnung der Lupe L_5 noch größer bleibt als die Öffnung der Augenpupille. Eine weitere Grenze für die Anwendbarkeit sehr starker Lupenvergrößerungen bietet das Korn des Bildes auf der Uranglasplatte; es tritt auch auf gut polierten Platten zu Tage und ist darauf zurückzuführen, daß die erregenden ultravioletten Strahlen in die Uranglasplatte eindringen: das Fluoreszenzlicht geht

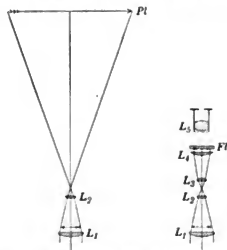


Fig. 3. Die Einstellung mit dem Sucher (Schema).

L_1, L_2 Kollektiv- und Augen-Linse des Quarzokulars; P photographische Platte; L_3, L_4 die Quarzlinzen des Suchers; FI Platte aus Uranglas; L_5 Lupe.

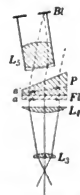


Fig. 4. Der Sucher (Schema).

L_3, L_4 die Quarzlinzen des Suchers; FI Platte aus Uranglas; P Ablenkungsprisma; L_5 Lupe; BI Blende; a' reelles, durch L_3 und L_4 entworfenes Bild; a' virtuelles, durch P entworfenes Bild.

also niemals von einem Punkt — der auf der Plattenoberfläche liegenden Spitze des erregenden Strahlenkegels — aus, sondern immer von einem wenn auch kleinen kegelförmigen Raum.

Bei der intensiven Bestrahlung mit ultraviolettem Licht fangen die meisten Objekte selbst zu fluoreszieren an, z. T. so stark, daß man sie noch bei ihrem eignen Fluoreszenzlicht beobachten kann, wenn man das Mikroskop sogar mit einem starken achromatischen oder apochromatischen System und einem entsprechenden Okular versieht. Dieses vom Objekt ausgehende Fluoreszenzlicht tritt natürlich auch durch die Monochromate und Quarzokulare hindurch und zugleich mit dem ultravioletten Licht in den Sucher ein. Es wird sogar die Austrittspupille des ganzen Mikroskops (der sog. Augenpunkt) für dieses Fluoreszenzlicht nahezu mit dem für das ultraviolette Licht zusammenfallen. Ein scharfes Bild des Objekts wird allerdings von diesem Licht nicht erzeugt werden, weil die Monochromate, von der chromatischen Unterkorrektion ganz abgesehen, auch keine sphärische Korrektion in diesem Bereich des Spektrums aufweisen, es führt aber eine starke Erhellung des ganzen Sehfeldes herbei, die bei der Verwendung des Suchers die deutliche Wahrnehmung des Bildes auf der Uranglasplatte FI verhindern würde.

Um dieses störende Fluoreszenzlicht unschädlich zu machen, ist ein Prisma P (Fig. 4) auf die Uranglasplatte gekittet: es lenkt, wie die Figur zeigt, die Strahlen

des störenden Lichtes soweit ab, daß sie entweder gar nicht auf die Lupe fallen oder doch durch das Diaphragma *Bl* abgeblendet werden.

Das fluoreszierende Bild *a* auf der Unterseite der Uranglasplatte wird durch das Prisma nicht merklich beeinflusst: es wird nur um einen gewissen Winkel gedreht (nach *a'*), und demzufolge muß auch die Achse der Lupe L_3 gegen die Achse des Systems $L_3 L_4$ um einen gewissen Betrag geneigt werden. Man übersieht daher das ganze Bild auf der fluoreszierenden Platte mit einem Mal — nicht nur einen Streifen, wie bei dem Soretschen Fluoreszenzokular — und trotzdem genügt eine weite, zur Lupenachse zentrierte Blende zur Abblendung des störenden Lichtes.

Die eigentliche Untersuchung der Präparate, soweit sie die Erforschung der feinsten Details zum Gegenstand hat, muß allerdings auf photographischem Weg erfolgen: wie bei den Spektraluntersuchungen hat sich auch hier die photographische Platte den fluoreszierenden Schichten überlegen erwiesen.

Wie die Fig. 1 u. 2 zeigen, kann die photographische Kamera durch einen einfachen Handgriff an die Stelle des Suchers gebracht werden, und dann kann das Bild auf der photographischen Platte fixiert werden.

Damit das mit dem Sucher scharf eingestellte Bild auch auf der photographischen Platte scharf abgebildet wird, ist die durch die schematische Fig. 3 erläuterte Anordnung getroffen: der Abstand der fluoreszierenden Platte *Pl* von dem oberen Brennpunkt des Systems $L_3 L_4$ ist so gewählt, daß deren Unterfläche konjugiert ist der Ebene, in die die photographische Platte *Pl* zu legen kommt, wenn man in der oben angegebenen Weise die Kamera statt des Suchers über das Mikroskop bringt. Wenn wir den Sucher als Auge auffassen, so heißt das mit anderen Worten: er stellt ein *weitsichtiges* Auge vor, das auf seiner Netzhaut Strahlen in einem Punkt vereinigt, die so aus dem Mikroskopokular $L_1 L_2$ austreten, daß sie nach Punkten der Platte *Pl* konvergieren.

Streng genommen würde nun eine bestimmte Justierung des Suchers auch einen ganz bestimmten Abstand der photographischen Platte vom oberen Brennpunkt des Mikroskops, eine bestimmte „optische Kameralänge“, erfordern: bei den außerordentlich geringen Konvergenzwinkeln der aus dem Mikroskop austretenden Strahlenkegel

Die Vergrößerungen und optischen Kameralängen für die Monochromate
und die Quarzokulare

bei 160 mm Tubuslänge und bei der Wellenlänge $\lambda = 275 \mu\mu$.

Objektive	Okulare	5	7	10	14	20
6 mm n. A. 0,35 r. A. 0,70	Vergrößerungen	200	300	450	600	900
	optische Kameralängen in cm	24	25,5	27	25,5	27
2,5 mm n. A. 0,85 r. A. 1,70	Vergrößerungen	250	400	500	800	1000
	optische Kameralängen in cm	30	34	30	34	30
2,5 mm n. A. 0,85 r. A. 1,70	Vergrößerungen	500	700	1000	1400	2000
	optische Kameralängen in cm	26,5	26,5	26,5	26,5	26,5
1,7 mm n. A. 1,25 r. A. 2,50	Vergrößerungen	600	800	1200	1600	2400
	optische Kameralängen in cm	31,5	30	31,5	30	31,5
1,7 mm n. A. 1,25 r. A. 2,50	Vergrößerungen	700	1000	1500	2000	3000
	optische Kameralängen in cm	24	24,5	26	24,5	26
1,7 mm n. A. 1,25 r. A. 2,50	Vergrößerungen	900	1300	1800	2500	3600
	optische Kameralängen in cm	31	32	31	31	31

genügt aber ein Einhalten der richtigen Kameralänge bis auf einige Zentimeter vollkommen. Man braucht also auf das bequeme Mittel, die Vergrößerung durch Ändern der Kameralänge zu variieren, durchaus nicht gänzlich zu verzichten.

Eine Zusammenstellung der Vergrößerungen, die man mit den Objektiven und Okularen erhalten kann, gibt die Tabelle auf der vorigen Seite.

Der eigentümliche Korrektionszustand der Monochrome, der Mangel jeglicher chromatischer Korrektion, erfordert die Benutzung monochromatischen Lichtes, an dessen Reinheit schon recht hohe Anforderungen gestellt werden. Diesen entspricht am besten das Licht, das man durch spektrale Zerlegung des zwischen Metallelektroden überspringenden Funkenstroms einer Leydener Flasche erhält. Zum Laden

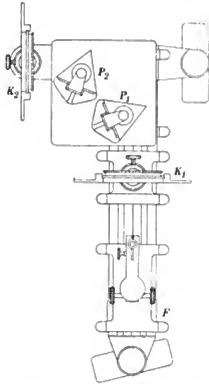


Fig. 5. Beleuchtungsapparat für ultraviolettes Licht mit der Tischplatte (Grundriß, $\frac{1}{3}$ nat. Größe).

F Funkenständer; K_1 Kollimator; P_1 und P_2 Prismen aus Bergkristall, die die von der Lichtquelle F ausgehenden Strahlen verschiedener Wellenlänge trennen; K_2 Kollektor, der die Strahlen einer jeden Wellenlänge in einem Funkenbild vereinigt. Die aus dem Kollektor austretenden Strahlen der anzuwendenden Wellenlänge fallen dann auf das Reflexionsprisma P (Fig. 1) und werden von ihm dem Mikroskopkondensator zugeführt.

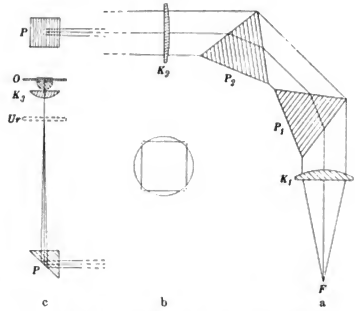


Fig. 6. Der Strahlengang bis zur Objektebene (Schema).

- Der Strahlengang bis zum totalreflektierenden Bergkristallprisma, im Grundriß. F ein auf der optischen Achse gelegener Punkt des Funkens; K_1 Kollimator; P_1 und P_2 die beiden Bergkristallprismen; K_2 Kollektor; P totalreflektierendes Prisma.
- Die als sekundäre Lichtquelle dienende Austrittspupille des Kollektors, von P aus gesehen.
- Der Strahlengang vom totalreflektierenden Prisma P bis zur Objektebene, im Aufriß. U Uranglasplatte; K_2 Quarzkondensator; O Objektträger und Deckglas.

der Flasche dient ein Induktorium von etwa 10 cm Funkenlänge. Nach verschiedenen Versuchen hat sich der Kadmiumfunke, und speziell die Linie 17 der Mascartschen Numerierung ($\lambda = 275 \mu\mu$), als besonders brauchbar erwiesen, und für diese Wellenlänge sind aneh alle optischen Teile berechnet. Auch benachbarte Linien des Kadmiumspektrums und anderer Funkenspektren sind unter Umständen noch verwendbar, wenn auch naturgemäß dabei eine um so größere Einbuße hinsichtlich der Bildqualität zu gewärtigen ist, je größer die Abweichung der Wellenlänge dieser Linien von $275 \mu\mu$ ist. Wegen ihrer außerordentlich großen Intensität ist besonders

die Liniengruppe des Magnesiumfunken bei $\lambda = 280 \mu\mu$ in manchen Fällen zu empfehlen: daß die Monochromate nicht für diese Wellenlänge in erster Linie korrigiert sind, hat seinen Grund darin, daß das Licht dieser Liniengruppe nicht homogen genug ist, sodaß bei empfindlicheren Objekten die chromatische Unterkorrektion der Monochromate bemerkbar wird, besonders wenn es sich um photographische Aufnahmen handelt.

Eine Darstellung des Beleuchtungsapparats im Grundriß gibt Fig. 5, ein Schema des Strahlengangs Fig. 6. Die von einem Punkt des Funkens ausgehenden Strahlen von der Wellenlänge $\lambda = 275$ werden durch den Kollimator K_1 parallel gemacht und durchsetzen die beiden Prismen P_1 und P_2 . Sie werden dabei um 90° abgelenkt. Der Kollektor K_2 sammelt sie dann in seinem Brennpunkt zu einem Bild des Funkens. Da die Brennweite von K_2 etwa das 10-fache der von K_1 beträgt, so ist das Bild etwa 10-mal vergrößert. Ehe sich die Strahlen jedoch zu diesem Bild vereinigen, fallen sie auf ein unterhalb des Mikroskops angebrachtes totalreflektierendes Prisma P (vgl. auch Fig. 1 u. 2); es hat die Aufgabe, das Funkenbild in die Eintrittspupille des Mikroskopkondensors K_3 zu reflektieren (Fig. 6c). In dem Diaphragmenträger des Abbeschen Beleuchtungsapparats (Fig. 1 u. 2) befindet sich eine Uranglasplatte Ur (Fig. 6c): die Spur der Strahlen auf dieser Platte dient zum Einstellen des Funkenbildes in die optische Achse des Mikroskops; nachdem dies geschehen ist, muß der Diaphragmenträger herausgeschlagen werden, wie es die Fig. 1 u. 2 zeigen.

Das beleuchtete Sehfeld wird dargestellt durch das Bildchen, das der Mikroskopkondensor K_3 (Fig. 6c) von der Austrittspupille des Kollektors K_2 in der Objektebene entwirft: je nachdem die zwei-, drei- oder vierlinsige Kombination des Kondensorsystems zur Anwendung kommt, hat das Bild in der Objektebene eine verschieden große Ausdehnung, sodaß man es immer dem objektseitigen Sehfeld des angewandten Objektivs soweit als erforderlich anzupassen vermag; die Gestalt des Bildchens gibt Fig. 6b wieder.

Die Funkenbilder, die von Strahlen anderer Wellenlängen herrühren, werden infolge der Dispersion der Quarzprismen mehr oder weniger stark abgelenkt als das der Wellenlänge 275 oder $280 \mu\mu$ entsprechende Funkenbild: diejenigen, die infolge ihrer Intensität und ihrer Lage in Betracht kommen könnten, sind sowohl bei dem Kadmium-, wie bei dem Magnesiumspektrum soweit abgelenkt, daß sie nicht mehr auf die freie Öffnung des Kondensors fallen, selbst wenn dessen Irisblende ganz geöffnet wird.

Die Linsen und Prismen des Beleuchtungsapparats bestehen aus Bergkristall; sie sind so geschliffen, daß die optische Achse der kristallographischen Achsenrichtung parallel ist. Auch das totalreflektierende Prisma P besteht aus Bergkristall.

Die ganze hier beschriebene Einrichtung wird in Zukunft von der Firma Carl Zeiß in Jena regelmäßig fabriziert werden; näheres hierüber ergibt der von der Firma unter dem Titel: „Mikrophotographische Einrichtung für ultraviolettes Licht“ herausgegebene Prospekt.

Mit dieser Einrichtung hergestellte Mikrophotogramme sind in einer diesen Gegenstand behandelnden Publikation des einen Verfassers wiedergegeben: A. Köhler, Mikrophotographische Untersuchungen mit ultraviolettem Licht, *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* 21. S. 129 bis 165. 1904.

Über ein registrierendes Pyrometer.

Von

Siemens & Halske A.-G. in Berlin.

Noch in seinem 1900 erschienenen Buche „*Mesure des Températures élevées*“ sagt Le Chatelier, der auf dem Gebiete der thermoelektrischen Temperaturmessung unzweifelhaft bahnbrechend gewirkt hat, über die Genauigkeit der Thermolemente: „*Il n'existe pas deux couples présentant exactement la même force électromotrice*“.

Wenn dieser Ausspruch noch der Wirklichkeit entspräche, so würde die thermoelektrische Methode der Messung hoher Temperaturen sicher nicht das Feld erobert haben, welches sie heute beherrscht. Aber schon die Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt aus demselben Jahre¹⁾ beweisen, wie nahe man diesem Ziele bereits damals gekommen war; und dank der rastlosen Bemühungen der beteiligten Industrie stimmen jetzt die Angaben von Thermolementen verschiedener Erzeugungsepochen im allgemeinen unter einander so gut überein, daß man ihre Unterschiede für die technische Praxis meist ohne zu großen Fehler vernachlässigen kann.

Hand in Hand mit der Vervollkommnung der Elemente ist auch diejenige der Instrumente gegangen, welche zum Messen der thermoelektrischen Kräfte bzw. zum direkten Anzeigen der Temperaturen dienen. Als solche werden jetzt vorzugsweise Milli-Voltmeter nach Deprez-d'Arsonval mit aufgehängter Spule verwendet, die in der Regel mit zwei Skalen versehen werden, von denen die eine nach Millivolt, die andere nach Temperaturgraden, entsprechend den Angaben des Thermolements, geteilt ist.

Inzwischen hatte es sich nun für viele technische Betriebe, namentlich solche, welche Tag und Nacht arbeiten, herausgestellt, daß es nicht genüge, die Temperaturangaben momentan ablesen zu können, man wollte vielmehr den Temperaturverlauf der Heißluft eines Hochofens o. dgl. dauernd aufgezeichnet wissen, um z. B. am Tage nach einer Nachtschicht den Betrieb kontrollieren zu können. Es handelte sich also darum, das Instrument mit einer Registriervorrichtung zu versehen, welche bewirkt, daß die Zeigerstellung bzw. die Temperatur des Elementes als Funktion der Zeit in ein Koordinatensystem eingetragen wird.

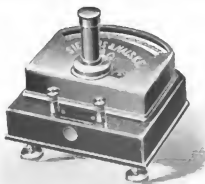


Fig. 1.

Auch die Firma Siemens & Halske A.-G. sah sich vor die Aufgabe gestellt, das für thermoelektrische Messungen verwandte Millivoltmeter (vgl. Fig. 1) zum Registrierapparat umzuwandeln.

Bei der Wahl der Registriermethode waren vor allem zwei Bedingungen zu berücksichtigen.

Erstens durfte durch die vorzusehende Einrichtung die freie Beweglichkeit des Zeigers nicht behindert werden, zweitens mußte sie so einfach wie möglich sein und durfte weder viel komplizierte Teile besitzen, noch durfte es Mühe verursachen, das fertige Diagramm zu erhalten.

¹⁾ Holborn und Day, *Ann. d. Physik* 2, S. 538. 1900; Lindeck und Rothe, *Diese Zeitschr.* 20, S. 285. 1900.

Die erste Bedingung schloß eine direkte Aufzeichnung der Zeigerstellung, wie sie z. B. bei registrierenden Manometern u. s. w. gebräuchlich ist, aus, da die Richtkraft des Millivoltmeters zu gering ist, als daß sie die Reibung einer Schreibfeder auf dem Papier überwinden könnte.

Dieser Übelstand ist bei dem registrierenden Widerstands-pyrometer von Callendar¹⁾ vermieden, bei welchem durch einen empfindlichen Kontaktapparat zwei Relais betätigt werden, die wiederum mittels eines komplizierten Mechanismus die eigentliche Registriervorrichtung bedienen. Dieser Apparat ist jedoch für die Praxis zu diffizil und außerdem in seiner Herstellung zu teuer²⁾. Die photographische Methode, die für Laboratoriums- und Versuchs-Instrumente sehr gute Dienste leistet, genügt gleichfalls nicht den Anforderungen der technischen Praxis. Auch der Methode der Registrierung mittels eines vom Zeiger überspringenden Funkenstromes³⁾, welcher das Papier der Zeigerstellung entsprechend durchschlägt, fehlt die notwendige Unabhängigkeit von der Bedienung, so gut sie sich auch für die Aufzeichnung schnell veränderlicher elektrischer Vorgänge bewährt hat.

So blieb nur diejenige Methode übrig, welche seit längerer Zeit sich bereits für die Starkstromtechnik als zweckmäßig erwiesen hatte. Dieselbe ist von A. Raps in der *Elektrotechn. Zeitschr.* 18. S. 196. 1897 genauer beschrieben und beruht darauf, daß die jeweilige Stellung des Zeigers punktweise auf das Papier übertragen, die dazu notwendige Kraft dem Instrument aber von außen zugeführt wird.

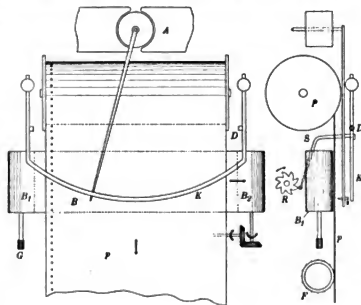


Fig. 2.

Die Anordnung ist hier folgendermaßen getroffen. Durch ein Uhrwerk mit Präzisionsunruhe und Federantrieb wird mittels eines Stiftenrades *F* (Fig. 2) ein Papierstreifen *p*, der sich von der Rolle *P* abwickelt, mit gleichförmiger Geschwindigkeit unter dem Zeiger fortbewegt. Dasselbe Uhrwerk dreht ein Hubkurvenrad *R*, auf dessen Zähnen der Fortsatz *S* des Bügels *K* gleitet. Dieser ist in *D* drehbar gelagert und nach dem Kreisbogen gekrümmt, den der am Ende des Zeigers befestigte Stift *s* beschreibt. Dieser Bügel oder Klopfer *K* wird nun durch das Rad *R* in bestimmten Zwischenräumen langsam gehoben und, sobald die äußerste Spitze des Fortsatzes *S* die obere Kante einer Hubkurve passiert hat, plötzlich fallen gelassen, sodaß der Bügel auf den Stift *s* einen Schlag ausübt, der ihn mit kräftigem Druck auf das Papier preßt. Unter dem letzteren liegt ein Farbband *B*, welches bewirkt, daß an der von dem Stifte *s* getroffenen Stelle ein intensiv blau gefärbter Punkt entsteht. Durch passende Wahl der Papiergeschwindigkeit und der Zeit, welche zwischen den Schlägen des Bügels verfließt, der sog. Registrierperiode, hat man es in der Hand,

¹⁾ Callendar, *Engineering* 67. S. 675. 1899.

²⁾ Vgl. Le Chatelier und Boudouard, *Mesure des Températures élevées.* S. 194.

³⁾ Vgl. Nachrichten von Siemens & Halske, 1902. Nr. 41.

die Punkte so nahe aneinander zu lagern, daß sie vollständig einer in den anderen übergehen und sich zu gut definierten Linien vereinigen. Als zweckentsprechend hat sich eine Papiergeschwindigkeit von 20 mm in der Stunde und eine Registrierperiode von 1 Minute erwiesen. Damit sich das Farbband, namentlich bei solchen Apparaten, deren Zeiger längere Zeit hindurch auf derselben Stelle bleibt, nicht sobald abnutzt und unbrauchbar wird, ist es sehr lang gewählt und zu beiden Seiten an Rollen B_1 , B_2 befestigt, deren rechte ebenfalls von dem Uhrwerk so gedreht wird, daß das Farbband allmählich auf diese aufgewickelt wird, während es von der anderen abrollt.

Das Uhrwerk mit sämtlichen eben beschriebenen Teilen ist in bezw. an einer Kassetten befestigt, deren Inneres nach Abnahme des oberen Deckels Fig. 3 zeigt.

Außer dem Uhrwerke selbst sieht man links das Stiftenrad F , welches durch eine Reibungskupplung mit einer Achse des Uhrwerkes verbunden ist, damit man den Papierstreifen bei Bedarf auch unabhängig vom Uhrwerke bewegen kann, und rechts das Hubkurvenrad R . Außerhalb der Kassetten befinden sich rechts und links die beiden Farbbandrollen B_1 und B_2 , von denen die rechte durch Kegelhäder vom Uhrwerke aus angetrieben wird. Die Achse der linken Rolle B_1 endigt in einem aus der Rückwand der Kassetten herausragenden Knopf (G in Fig. 2), welcher dazu dient, das Farbband auf diese Rolle zurückzuwickeln. Von den beiden in der linken Seitenwand sichtbaren Öffnungen a und b ist die untere (b) für die Einführung des Schlüssels zum Aufziehen des Uhrwerkes, die obere (a) für einen Schlüssel zur Drehung des Stiftenrades F bestimmt.

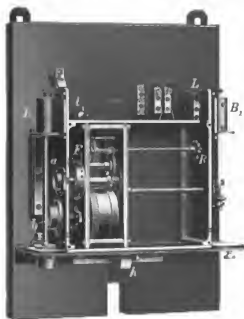


Fig. 3.

Die beschriebene Registriereinrichtung war bis jetzt nur an solchen Millivoltmetern angebracht worden, deren bewegliches System in Spitzen gelagert ist; bei Meßinstrumenten für thermoelektrische Zwecke, deren Empfindlichkeit etwa zehnmals größer ist, waren mit Rücksicht auf die Fadenaufhängung an der in Fig. 2 skizzierten Anordnung noch einige wesentliche Veränderungen vorzunehmen.

Das Registrierinstrument für thermoelektrische Messungen ist in Fig. 4 dargestellt, jedoch ohne den in gebrauchsfertigem Zustande alle Teile umschließenden Schutzkasten.

Der ganze Apparat ruht auf einer starken gußeisernen Grundplatte, welche von drei Fußschrauben getragen wird. Mit dieser fest verbunden ist das eigentliche Meßinstrument, dessen System den oben erwähnten Typus erkennen läßt. Der Zeiger ist an der Spule mittels eines federnden Gelenkes befestigt, das beim Niederdrücken des Zeigers durch den Bügel K nachgibt und so das metallische Aufhängeband vor übermäßiger Beanspruchung schützt. Das über der Skale befindliche Ende des Zeigers läuft in eine schmale Schneide aus, um eine möglichst große Genauigkeit beim Ablesen zu erzielen. Die Skale selbst besteht aus Glas, in das die nötigen Zahlen und Striche eingegrät sind, damit die registrierte Kurve durch die Skale nicht zum Teil verdeckt wird. Die am Fallbügel K sichtbaren Kugeln sind verstellbar und dienen dazu, das Gewicht des Bügels teilweise auszubalancieren und dadurch den auf den Zeigerstift ausgeübten Druck zu regulieren. Dies ist deshalb nötig, weil der Bügel

aus Festigkeitsgründen stärker und deshalb schwerer gehalten werden muß, als es zur Erzielung der Registrierung erforderlich wäre, andererseits aber das Uhrwerk nicht imstande ist, das ganze Gewicht des Bügels zu heben. An dem die Kassette abschließenden Deckel ist eine Klappe *F*, die Papierführung, angebracht, in deren Schlitz die Zähne des Transportrades gleiten. Auf diese Weise wird ein sicherer

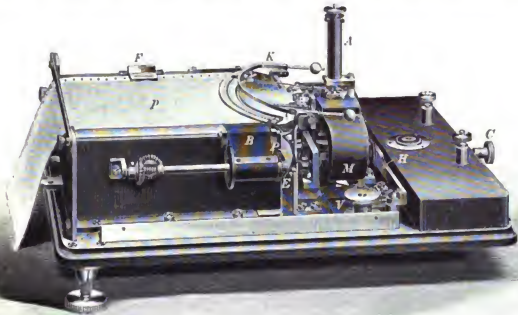


Fig. 4.

Eingriff der Stifte in die Perforierung des Papierstreifens erreicht. Dieser läuft von der in der Abbildung noch teilweise sichtbaren Rolle *P* ab, welche auf eine Messingachse geschoben ist; die seitlichen Achsenstifte dieser letzteren laufen in federnden Lagern *L*, von denen das rechte in Fig. 3 sichtbar ist. Die Kassette ist auf der Grundplatte verschiebbar und gleitet in einer Schlittenführung. Sie besitzt zwei Ruhelagen, die folgendermaßen fixiert werden. In die Grundplatte sind zwei dicht hinter einander befindliche Einkerbungen *a* und *b* (Fig. 5) eingeschnitten, in welche ein schneidenartiger Fortsatz des Handgriffes *h* der Kassette (s. auch Fig. 3) eingreift. Zur größeren Sicherheit kann dieser noch in seiner Lage durch den Riegel *r* festgehalten werden. Ruht nun die Schneide in der Einkerbung *a*, so ist das Uhrwerk arretiert und die Registrierung unterbrochen, sodaß der Apparat als einfaches Zeigerinstrument zu betrachten ist. Wird die Kassette nun so viel weiter auf der Grundplatte verschoben, daß die Schneide in *b* einschnappt, so tritt der Stift *t* (Fig. 3), der in einer kleinen Säule auf der Grundplatte befestigt ist, durch eine kleine Öffnung in die Kassette ein und hebt die Arretierung der Unruhe auf, wodurch das Uhrwerk in Tätigkeit gesetzt wird und die Registrierung beginnt.

Der Umstand, daß die Spule des Instrumentes nicht festgelagert, sondern aufgehängt ist, macht noch einige weitere besondere Vorkehrungen nötig, die teils allen

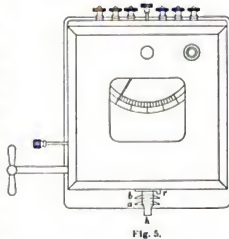


Fig. 5.

derartigen Apparaten eigentümlich, teils durch besondere Verhältnisse bedingt sind. Zu den ersteren gehört, neben der Libelle, nach der das Instrument vor jedesmaligem Gebrauch mit Hülfe der drei Fußschrauben wagrecht eingestellt werden muß, eine durch die Schraube *C* zu handhabende Arretiervorrichtung (Fig. 4), welche dem System beim Transport einen festen Halt gibt und das Aufhängeband entlastet. Mit der Arretierungsschraube ist zugleich eine Vorrichtung der zweiten Art verbunden, welche bewirkt, daß die Kassette nur bei arretiertem System in den Apparat eingeschoben oder daraus entfernt werden kann, um Beschädigungen zu vermeiden. Dies geschieht dadurch, daß der mit der Arretierungsschraube verbundene Hebel *H* (Fig. 4) bei Arretierung des Systems eine Sperrklinke ausrückt, welche die Kassette in unarretiertem Zustande entweder in dem Apparate festhält, falls sie eingeschoben ist, oder aber ein Einschieben verhindert. In gleicher Weise wirkt die in Fig. 3 sichtbare, über dem Farbbandspanknopf befindliche Kappe, welche nur dann den erwähnten Knopf frei gibt, wenn die Kassette nicht ganz eingeschoben, das Uhrwerk also nicht im Gange ist. Ferner gehört zu dieser Gruppe die Feder *E*, welche den Fortsatz des Bügels *K* bei nicht eingeschobener Kassette in der höchsten Lage festhält, damit dieser nicht bei starken Stößen, denen der Apparat möglicherweise auf dem Transporte ausgesetzt ist, heftig auf den Zeiger niederfällt und das System beschädigt. Sobald jedoch die Kassette eingerückt und das Uhrwerk in Tätigkeit gesetzt wird, drückt erstere selbsttätig die Feder zurück, sodaß diese den Fallbügel frei gibt.

Die vor dem Magnet *M* sichtbare Rolle *V* dient dazu, den aus Manganin bestehenden Vorschaltwiderstand aufzunehmen. Da der Betrag dieses Widerstandes unter normalen Verhältnissen den der Kupferwicklung des Systems um das 4- bis 6-fache übertrifft, so weist das Instrument einen geringen Temperaturkoeffizienten auf, was gerade bei den für pyrometrische Messungen bestimmten Apparaten von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist, da dieselben oft an Orten mit sehr ungünstigen Temperaturverhältnissen aufgestellt sind.

In der Praxis ergibt sich häufig die Notwendigkeit, die Temperatur an verschiedenen Stellen, z. B. die Temperatur der Heißluft, die mehreren Hochöfen zugeführt wird, zu registrieren. Mit Hülfe von Umschaltern ist es natürlich möglich, einen Registrierapparat mit mehreren Thermoelementen zu verbinden. Auf diese Weise werden allerdings Apparate gespart, doch muß man den Übelstand mit in den Kauf nehmen, daß man immer nur die Temperatur an einer Stelle kontrollieren kann.

Diesem Übelstand hilft nun ein Apparat ab, der dem Registrierapparat als Ergänzung dient und ermöglicht, an verschiedenen Stellen angebrachte Thermolemente mit *einem* registrierenden Pyrometer abwechselnd so zu verbinden, daß man ans den Angaben des Instruments den ganzen Verlauf der Temperaturen aller Stellen ersehen kann. Dieser Apparat wird als automatischer Umschalter bezeichnet. Es ist natürlich nicht möglich, von den einzelnen Thermoelementen fortlaufende Kurven zu erzielen, wie sie der einfache Registrierapparat hervorbringt, vielmehr wird sich die einzelne Kurve aus Stücken zusammensetzen, die in der Bewegungsrichtung des Papierstreifens stets gleich weit voneinander entfernt sind. Um nun trotzdem den Verlauf der Kurve jedes einzelnen Elementes möglichst deutlich ausgeprägt zu erhalten, ist zunächst die Papiergeschwindigkeit für diesen Zweck ganz wesentlich erhöht, nämlich auf 60 mm in der Stunde statt 20 mm. Da nun aber hierbei die bisherige Registrierperiode von 1 Minute zu lang ausfiel, dem Uhrwerke aber ein Heben des Bügels in kürzerer Zeit nicht zugemutet werden durfte, so wurde diese Arbeit einem Elektromagneten übertragen, während dem Uhrwerke selbst nur die Aufgabe

blieb, diesem Magneten durch ein zu drehendes Kontaktrad den nötigen Strom aus einer Batterie von Trockenelementen zuzuführen. Diese Anordnung wurde in ähnlicher Weise bereits für Starkstromregistrierapparate¹⁾ verwendet, bei denen ebenfalls kürzere Registrierperioden erfordert wurden.

Das Innere der Kasse zeigt infolgedessen ein von dem früheren verschiedenes Aussehen (Fig. 6). Läßt auch das eigentliche Uhrwerk keinen wesentlichen Unterschied erkennen, so bemerkt man doch das Fehlen des Hubkurvenrades und seinen Ersatz, den zweischenkligigen Elektromagneten *m*. Der Anker *a*, der durch eine Abreißfeder von seinen Polen abgezogen wird, trägt einen Arm *b*, auf dessen verbreitertem Ende der Fortsatz des Fallbügels ruht. Wird nun der Anker angezogen, so bewegt sich *b* nach abwärts, der Fallbügel folgt durch sein eigenes Gewicht und drückt in bekannter Weise den Stift des Zeigers auf das Papier. Damit nun die Bewegung des Ankers und damit des Fallbügels nicht zu heftig erfolgt und dadurch das System des Instrumentes zu sehr erschüttert wird, ist der Arm *b* mit einer Luftdämpfung *d* versehen, welche ein sanftes Heben und Senken des Bügels bewirkt.

Ebenfalls auf elektromagnetischem Wege wird auch der Umschalter betätigt, welcher von dem Instrumente selbst vollkommen getrennt angeordnet und mit diesem nur durch Leitungsröhre verbunden ist. Fig. 7 zeigt seine normale Ausführung für fünf Thermoelemente. Die Wirkungsweise ist die folgende.

Der Anker *A* (Fig. 8) des Elektromagneten *M* ist an einem um *P* drehbaren Hebel *H* befestigt, mit dem die Zunge *Z* starr verbunden ist. Diese greift in ein Zahnrad *R* ein, welches jedesmal um einen Zahn gedreht wird, wenn der Elektromagnet seinen Anker *A* anzieht. Die Sperrklinke *S* verhindert eine Drehung in anderer Richtung. Auf der Achse



Fig. 7.

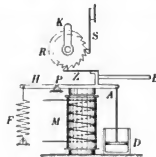


Fig. 8.

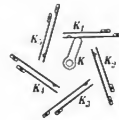


Fig. 9.

des Rades *R* sitzt ein Kontaktarm *K*, der mit dem Rade zugleich gedreht wird und abwechselnd die fünf Kontakte (Fig. 9) schließt, an welche die Leitungen von fünf Thermoelementen einpolig angeschlossen sind. Das Rad *R* besitzt 20 Zähne, es sind

¹⁾ A. Raps, *Elektrotechn. Zeitschr.* 18. S. 196. 1897.

also vier aufeinander folgende Stromschlüsse erforderlich, um den Arm von einem Kontakt zum anderen zu bewegen.

Die gesamte Schaltung des Apparates geht aus Fig. 10 hervor. Der eben beschriebene Umschalter ist mit U , der Registrierapparat mit R bezeichnet, T_1 bis T_5 sind die fünf Thermoelemente, ferner bedeutet B eine Batterie von Trockenelementen, K_1 bis K_5 die fünf Kontakte des Umschalters, E_1 den Elektromagneten des Umschalters, E_2 denjenigen der Kassette; r_1 und r_2 sind die zugehörigen Kontakträder, die auf der vom Uhrwerke gedrehten Achse z isoliert befestigt sind, a bis d vier Kontaktfedern, welche den Stromübergang zwischen dem festen Teil des Registrierapparates und der Kassette vermitteln, sobald diese vollständig eingeschoben ist.

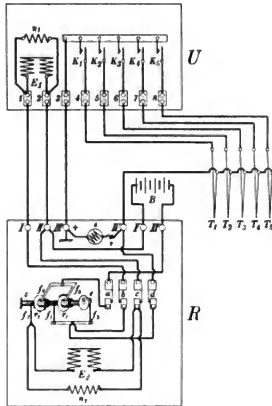


Fig. 10.

Das bewegliche System ist mit s , der zugehörige Vorschaltwiderstand mit v bezeichnet, der Registrierapparat besitzt die Anschlußklemmen I bis VI , der Umschalter die Klemmen 1 bis 8 .

Es bilden sich nun je nach Umständen folgende Stromkreise:

a) *Thermoelement und System des Instrumentes.*

Es sei der Kontakt K_1 des Umschalters geschlossen, Thermoelement T_1 also mit dem Apparate verbunden.

Dann findet folgender Stromlauf statt: T_1 , Klemme 4, Kontakt K_1 , Klemme 3, Klemme III , System s , Vorschaltwiderstand v , Klemme IV , zurück zu T_1 . Alle Nebenschlußstromkreise, die sich eventuell bilden könnten, sind geöffnet.

b) *Batterie und Elektromagnet der Kassette.*

Das Rad r_2 sei vom Uhrwerk soweit gedreht, daß ein Zahn die Feder f_2 berührt.

Stromlauf: Batterie B , Klemme VI , Kontakt a , Feder f_1 , Rad r_2 , Feder f_2 , Magnet E_2 , Kontakt c , Klemme II , Klemme V , zurück zu B . Der Nebenschluß n_2 dient dazu, den

beim Öffnen des Stromkreises sich bildenden Induktionsstrom aufzunehmen und Funkenbildung an den Zähnen des Rades zu verhüten.

c) *Batterie und Elektromagnet des Umschalters.* Ein Zahn des Rades r_1 berühre die Feder f_1 .

Stromlauf: Batterie B , Klemme VI , Kontakt a , Feder f_3 , Rad r_1 , Feder f_1 , Kontakt b , Klemme I , Klemme 1 , Elektromagnet E_1 , Klemmen 2 , II und V , zurück zur Batterie B .

Der zeitliche Verlauf der geschilderten Vorgänge spielt sich folgendermaßen ab.

Wenn, wie unter a) angenommen, das Thermoelement T_1 mit dem Apparate verbunden ist und der Zeiger sich auf die entsprechende Ruhelage eingestellt hat, so ist unterdessen das Rad r_2 so weit gedreht, daß der erste Zahn die Feder f_2 berührt, wodurch der Magnet E_2 anspricht und die Stellung des Zeigers auf dem Papier markiert wird. In Zwischenräumen von 12 Sekunden folgen die anderen drei Zähne des Rades r_2 , sodaß auf diese Weise ein kurzer, aus vier Punkten bestehender Strich auf das Papier gezeichnet wird. Sobald die letzte Registrierung erfolgt ist, geben

kurz nach einander die Zähne des Rades r , Kontakt, sodaß der Umschalter funktioniert. Mit dem ersten Zuge des Magneten E_1 wird die Verbindung K_1 gelöst, der Stromkreis des Systems also geöffnet. Da nun die Spulen dieser Instrumente ohne Kupferrahmen frei gewickelt sind, fehlt dem System jede Dämpfung, zumal wenn, wie hier, der Stromkreis ganz unterbrochen wird. Damit nun infolgedessen der Zeiger nicht zu heftig in die Nullage zurückgeführt und dadurch das System schädlichen Erschütterungen ausgesetzt wird, ist eine Vorkehrung getroffen, welche im Moment der Stromunterbrechung die Windungen der Spule kurz schließt und so infolge einer sehr wirksamen, durch Induktionsströme verursachten Dämpfung nur eine sehr langsame Bewegung zuläßt. Hierzu dient der an der Zahnradachse z befindliche Stift e , welcher in dem Augenblicke die Feder f_3 berührt, in dem die Lösung der Kontakte K erfolgt. Es wird dadurch die Spule s auf dem Weg s, v, IV, d, f_3, e, z , Metallkörper des Apparates, *III, s* kurz geschlossen.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu dem Vorgange des Umschaltens zurück. Nachdem also der Elektromagnet E_1 nach dem ersten Stromimpuls, der den Kontakt K_1 löste, noch drei weitere empfangen hat, ist der Kontakt K_2 geschlossen, das Thermoelement T_2 mit dem Instrumente verbunden, und der ganze Vorgang, welcher für jedes Element 2 Minuten (Umdrehungszeit der Achse z) in Anspruch nimmt, wird wiederholt. Zwischen je zwei Aufzeichnungen der Temperatur eines Elementes liegen also 10 Minuten, oder auf dem Papier eine Strecke von 10 mm in der Bewegungsrichtung.

Das Äußere des mit dem Umschalter arbeitenden Registrierapparates unterscheidet sich bis auf die größere Anzahl Anschlußklemmen nicht wesentlich von dem des normalen registrierenden Pyrometers, den Umschalter zeigte bereits Fig. 7. Der über dem Zifferblatt spielende Zeiger sitzt auf der Achse des Zahnrades R bzw. des Kontaktarmes K (Fig. 8) und macht die Nummer des Thermoelementes kenntlich, welches gerade mit dem Registrierapparat verbunden ist. Mittels des Griffes B , der aus dem den Mechanismus umschließenden Holzkasten hervorragt, ist es möglich, unabhängig von den Funktionen des Uhrwerkes ein beliebiges Element mit dem Apparate zu verbinden.

Dies ist natürlich nur eine von vielen möglichen Anwendungsformen des Apparates. Derselbe ist vielmehr weder auf die Anzahl von fünf Stromquellen, noch auch auf Thermoelemente als solche beschränkt, seine Ausbildung für andere Verhältnisse bzw. für andere Registrierapparate steht bevor.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen über die Anwendung der beschriebenen Apparate.

Hier sind vornehmlich zwei Gebiete zu unterscheiden, nämlich die Anwendung zu wissenschaftlichen und zu technischen Zwecken. Im ersteren Sinne hat das registrierende Pyrometer bereits Anwendung in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu direkten Temperaturmessungen gefunden.

Eine bei der Schmelzpunktbestimmung des Antimons im elektrisch geheizten Ofen gewonnene Kurve läßt z. B. deutlich die einzelnen Phasen der wiederholten Schmelzung und Erstarrung des Metalls, sowie die vor der Erstarrung jedesmal eintretende Unterkühlung erkennen.

Unter den technischen Betrieben, in denen das registrierende Pyrometer sich Heimatsrecht erworben hat, sind besonders zahlreich die Hüttenwerke vertreten, bei deren Hochofenbetrieb die Temperatur der in den Cowper-Apparaten vorgewärmten Heißluft dauernd kontrolliert wird.

Über einen lichtstarken Spektrographen.

Von

Hans Lehmann in München.

Die optisch-astronomische Werkstätte von C. A. Steinheil Söhne in München hat vor kurzem einen sehr lichtstarken Spektrographen nach besonderer Angabe des Hrn. Professor Ebert angefertigt, den ich im folgenden an der Hand nebenstehender Figur beschreiben will.

Der dispergierende Teil des Apparates wird durch ein fünfteiliges Prismensystem von etwa 18 cm Länge und $4 \times 4 \text{ cm}^2$ Querschnitt gebildet, welches in dem Prismengehäuse *P* untergebracht ist. Dieses System ist aus drei Crown- und zwei Flintprismen unter Verkittung zusammengesetzt, deren Winkel so berechnet sind, daß bei senkrechtem Eintritt für eine mittlere Wellenlänge des Spektrums auch senkrechter Austritt erfolgt. Diese Anordnung soll den Lichtverlust möglichst verringern. Die Dispersion des ganzen durch das Prisma noch hinduregelassenen Spektrums beträgt etwa 12° .

Das Objektiv des Kollimators *C* ist ein 3-teiliges Fernrohrobjektiv, während das der Kamera *K* ein „Unofokal“ ist, ein sphärisch und chromatisch korrigiertes, symmetrisches photographisches Objektiv mit anastigmatischer Bildfeldebenung.

Die Lichtstärke der Objektive ist die sehr große von 1:4,5. Trotz dieser großen Lichtstärke wird infolge der kurzen Brennweite eine praktisch vollkommen ausreichende Bildebenung und Schärfe des ganzen Spektrums erreicht, das auf der photographischen Platte zwischen den Fraunhoferschen Linien *A* und *H* eine Länge von etwa 50 mm besitzt.

Der Apparat ruht mittels Zapfen und Gabel auf einem starken Stativ mit drei Fußschrauben und kann in jeder Lage der horizontalen und vertikalen Richtung festgeklemmt werden. Der Hauptschnitt des Prismas liegt in der vertikalen Richtung, die Spaltrichtung ist also horizontal.

Vor dem Spalte ist zum Zweck der Aufnahme von Vergleichsspektren eine Hartmannsche Spaltblende¹⁾ angebracht; auch kann man eine kleine optische Bank an den Kollimator anschrauben, auf der als Kondensator eine Steinheilsche Lupe verschoben werden kann.

Der beschriebene Apparat ergibt zwar keine große Länge des Spektrums; er zeichnet sich aber, wie schon erwähnt, durch ganz besondere Lichtstärke aus, sodaß er vermutlich für die spektrographische Aufnahme von Polarlichterscheinungen sowie der sogenannten Himmelsphosphoreszenz sich gut eignen wird. Ferner lassen sich mit demselben, wie Versuche zeigten, die in der Regel sehr lichtschwachen Kathodo-Lumineszenz-Spektren sehr schön aufnehmen.

München, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, im Oktober 1904.

¹⁾ Diese Zeitschr. 20. S. 57. 1900.

Referate.

Längenbestimmung durch Zeitübertragung.

Von P. Dittscheid. *Compt. rend.* **138**, S. 1026. 1904.

Die beste Methode der Längenbestimmung ist bekanntlich die telegraphische. Welche Genauigkeit sich damit erreichen läßt, wenn für die Zeitbestimmung das Repsold'sche Registriermikrometer angewandt wird und auch sonst alle Vorsichtsmaßregeln beobachtet werden, dafür liefert die im Jahre 1903 vom Kgl. Preussischen Geodätischen Institut ausgeführte Längenbestimmung Potsdam—Greenwich ein Beispiel, wo das Resultat $52^m 16,051''$ mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur $0,003''$ behaftet ist. Immerhin werden unter Umständen gelegentlich auch in Kulturländern die älteren Methoden zur Anwendung kommen.

Verf. hat den Längenunterschied Paris—Neuchâtel durch unmittelbare Zeitübertragung zu bestimmen gesucht. Er benutzte fünf Schiffschronometer von 5 cm Durchmesser, deren Unruhe aus Nickelstahl und Messing hergestellt war. Sie besaßen jedoch nicht die gewöhnliche Chronometerhemmung, sondern die gegen Erschütterungen bekanntlich viel weniger empfindliche Ankerhemmung. In Neuchâtel und in Orten von anderer Höhenlage waren sie während eines Jahres geprüft worden und hatten einen gleichmäßigen, von der Temperatur unabhängigen Gang gezeigt. Beim Transport zwischen Paris und Neuchâtel waren sie einem Höhenunterschied von 1000 m ausgesetzt, zum Schutz gegen Stöße waren sie im Eisenbahnwagen an Gummischuhen aufgehängt. Dasselbe Barometer und Thermometer, welches bei den Zeitbestimmungen in Paris und Neuchâtel benutzt wurde, diente auch während der Reise zur Bestimmung des Luftdruckes und der Temperatur.

Zwischen den Zeitbestimmungen auf den beiden Stationen lagen etwa 15 Stunden; als täglicher Gang während dieses Intervalls wurde das Mittel der Gänge aus den nächstliegenden fünf bis sieben Tagen genommen.

Die bei den viermaligen Zeitübertragungen gewonnenen Einzelresultate für die Längendifferenz zeigen bei den fünf Chronometern folgende größte Abweichungen: $0,81$; $0,16$; $0,57$; $0,57$; $1,02''$. Die mittels aller fünf Chronometer gefundenen Längenunterschiede waren bei den vier Reisen

$$18^m 28,74''; \quad 18^m 29,07''; \quad 18^m 28,83''; \quad 18^m 28,56'',$$

woraus sich als Mittelwert $18^m 28,80''$ ergibt.

Eine telegraphische Längenbestimmung zwischen Paris und Neuchâtel ist vom *Bureau des longitudes* in Aussicht genommen. Dieser eine spätere Kontrolle ermöglichende Umstand sowie der weitere, daß die Längendifferenz bisher sehr mangelhaft bekannt war, der Verf. daher bei der Ableitung seines Resultates nicht voreingenommen sein konnte, bewegen denselben namentlich zur Wahl jener Strecke. Kn.

Über ein neues Instrument zum Zeichnen von Parabeln.

Von K. Pearson. *Phil. Mag.* **7**, S. 200. 1904.

Instrument zum Zeichnen von Kegelschnitten.

Von J. R. Cotter. *Ebenda* **7**, S. 274. 1904.

Das erste der oben genannten Instrumente ist eine Erfindung des früheren Assistenten von Prof. Pearson, jetzt Professor der Ingenieurwissenschaft am *South African College*, H. Payne, und von G. Coradi in Zürich ausgeführt und verbessert; Pearson schlägt deshalb den Namen Payne-Coradischer Parabolograph vor. Es löst die Aufgabe, eine Parabel sehr genau zu zeichnen, für die Achse und Scheitel sowie ein beliebiger Punkt der Kurve gegeben sind. Diese Aufgabe kommt in der graphischen Statik und graphischen Dynamik täglich vor. Das Prinzip (Fig. 1) ist einfach folgendes: PSI' sei eine Parabel, S der Scheitel, SX die Achse. Es ist dann

$$\overline{P'N'}^2 = c \cdot \overline{SN'} \dots \dots \dots 1)$$

wo c der Parameter der Parabel ist. Zieht man PF parallel zur Achse, ferner SP' und ist endlich SF Scheiteltangente, so ergibt sich aus der Gleichung 1), daß $FT = c = \text{Parameter} = \text{Konstante}$ ist; bewegt sich also ein Stab TP so, daß er stets

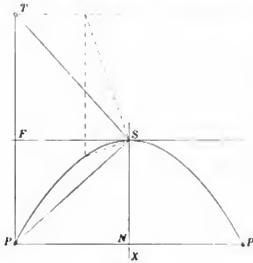


Fig. 1.

parallel zur Achse bleibt und ein bestimmter Punkt F des Stabs in konstanter Entfernung von T bei dieser Bewegung auf der Scheiteltangente bleibt, so erhält man durch ein in S rechtwinklig gebrochenes Stück TSP , das um den Scheitel S sich drehen kann und dessen einer Arm stets durch den festen Punkt T des zuerst genannten Stabs TP geht, Punkte der durch den Scheitel S und den Punkt P gehenden Parabel, nämlich in den Schnittpunkten des zweiten Schenkels des rechten Winkels und des Stabs TP . Es handelte sich also darum, eine an sich sehr bekannte Parabelkonstruktion mechanisch ausführen zu können, sodaß das Ziehen der Kurve statt ihrer punktweisen Konstruktion möglich wird, und dies scheint Coradi sehr gut gelungen zu sein. Nach den mir von ihm über-

sandten Proben ist an der Reinheit der Zeichnung und an der Genauigkeit der Parabeln nichts auszusetzen: man zieht eine durch die oben genannten Stücke gegebene Parabel mit derselben Sicherheit wie mit dem Zirkel einen Kreis mit gegebenem Mittelpunkt und einem

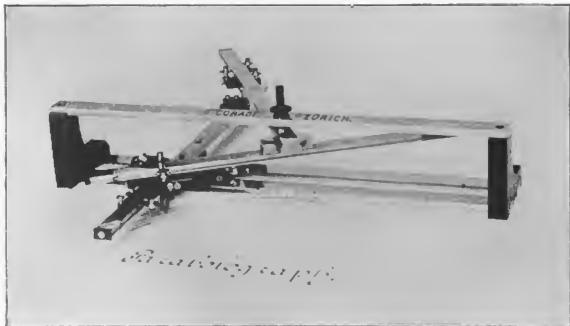


Fig. 2.

gegebenen Umfangspunkt. Allerdings ist der Preis des Instruments wegen der erforderlichen sehr genauen Arbeit ziemlich hoch (250 Fr.); es ist in Fig. 2 dargestellt.

Die zweite Mitteilung, von Cotter, behandelt aus Anlaß der vorstehend angezeigten Mitteilung ein von dem Verf. entworfenes, aber, wie es scheint, nur im Modell (aus 1894 stammend) vorhandenes und nie bis zur wirklichen unmittelbaren Benutzung durchgeführtes Instrument zur Zeichnung eines beliebigen Kegelschnitts, von dem die Brennpunkte (bei der Parabel also Brennpunkt und die Achsenrichtung) und ein Punkt der Kurve gegeben sind.

Der Grundgedanke ist folgender: $AGBF_1$ (Fig. 3) ist ein Rhombus aus vier gleich langen Metallschienen, die in Gelenken zusammenhängen. Die Ecke A gleitet frei im Schlitz

der Schiene BC ; FH ist eine Schiene, die mit der Ecke G des Rhombus durch ein Gelenk verbunden und am Anfang und Ende mit einer Anzahl von Löchern ausgestattet ist. Ein Bleistift oder eine Reißfeder wird im Schnittpunkt der Schienen CB und FH geführt. Es seien nun auf dem Reißbrett F und F_1 die gegebenen Brennpunkte einer Ellipse, die durch den Punkt P durch den sie gehen soll, vollends bestimmt wird. In F und F_1 werden Nadeln befestigt und der Schreibstift wird nach P gebracht, während gleichzeitig die Ecke F_1 des Rhombus in der entsprechenden Nadel befestigt wird. FH ist so zu drehen, daß der gegebene zweite Brennpunkt in eines der Löcher dieser Schiene fällt. Bei einer Ellipse wie hier, kommt eines der Löcher am F -Ende, für eine Hyperbel eines der Löcher am H -Ende in Betracht. Nehmen wir den Fall der Ellipse wie in Fig. 3: es ist $PF_1 = PG$, also $FP + F_1P = FG$ gleich einer konstanten Länge, sodaß in der Tat P eine Ellipse beschreibt (wäre der zweite Brennpunkt am H -Ende, so wäre $HP - PF_1 = HG$ gleich Konstante, also der Ort von P eine Hyperbel). In jeder Lage halbiert AB den Winkel F_1PH , sodaß AB stets Tangente an die Kurve bleibt. Wird also die Reißfeder so eingesetzt, daß sie sich in Beziehung auf AB nicht drehen kann, wohl aber frei im Schlitz von FH sich bewegen kann, so bleibt ihre Öffnung stets tangential zur Kurve. Hierin sieht der Verf. einen Vorzug seines Instruments gegen den oben angeführten Parabolographen von Payne-Coradi. Dagegen sagt er selbst, sein Kegelschnitzzirkel sei dem Einwand ausgesetzt, daß er in einer Lage nur etwas über die Hälfte einer Ellipse zeichnen könne und auch bei einer Hyperbel muß man nach dem Ziehen des einen Astes das Instrument umlegen. Statt der Löcher bei F und bei H müßten jedenfalls Schlitzte mit Kiemmen sein, da man sonst die Aufgabe: bei gegebenen F und F_1 als Brennpunkten und ferner gegebenem Punkt P die Ellipse zu ziehen, im allgemeinen nur genähert lösen könnte. Mit dem Instrument, das für Ellipsen und Hyperbeln dienen kann, kann man selbstverständlich auch Parabeln zeichnen: ist F_1 der Brennpunkt der Parabel und wird FH parallel zur Anfangslage bewegt, so beschreibt P eine Parabel (und G deren Direktrix). Der Verf. gibt an, er habe gefunden, daß er sehr genaue Parabeln mit seinem Modell bekomme, wenn das flache Ende von F längs einer festen Linealkante geführt werde.

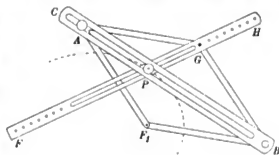


Fig. 3.

Die Idee dieses Kegelschnitzzirkels wäre gewiß einer exakten Ausführung wert, nachdem einige Verbesserungen am Modell angebracht wären. Der Verf. sagt, er habe „eine Zeitlang gehofft“, das Modell verbessern und ein gut arbeitendes Instrument herstellen zu können.

Aus einer späteren Notiz von Cotter (*Phil. Mag.* 7. S. 608. 1904) geht übrigens hervor, daß das beschriebene Instrument unabhängig von Fürst Kuguschew in Warschau erfunden und im Jahr 1899 in russischer Sprache beschrieben worden ist. Hammer.

Das Nullpunktsgelenk.

Von F. J. Frank. *Zeitschr. f. Vermess.* 33. S. 193. 1904.

Der Verfasser, Stadtgeometer in Teplitz, beabsichtigt mit dieser Vorrichtung die besonders bei Stadtmessungen gebrauchten Meßbänder bequemer anwendbar zu machen. Um das Anlegen des Nullstrichs an den Anfangspunkt der zu messenden Linie in jedem Fall zu gestatten, ist bei diesen Bändern meist hinter dem Nullstrich eine Fortsetzung mit Ring vorhanden, wodurch aber z. B. das Anhalten an einer Hauswand (bei den Ordinatenmessungen der Kleinmessung von Gebäuden) fast unmöglich wird, weil das Band abgelenkt werden muß und zudem nicht genügend gespannt werden kann. Der Verf. ordnet nun am Ende des Meßbands einen Handgriff derart an, daß die äußerste Kante der den Bolzen umfassenden Öse dem Nullpunkt der Meßbandlänge entspricht und gegen Bruch des Bandes in ausreichender Weise gesorgt ist. Damit ist allerdings der Anschlag des Bandes an eine Zimmerwand u. dgl. sehr erleichtert. Hammer.

Proportionalmaßstäbe zur Konstruktion von Schichtenlinien.

Von H. Lössner. *Zeitschr. f. Vermess.* 33. S. 221. 1904.

Zur Ausführung der Einschaltung von Punkten runder Höhe zwischen zwei Punkten mit gegebenen Höhenzahlen auf einem kotierten Plan ist bekanntlich eine große Zahl von Vorrichtungen angegeben worden (dem Ref. sind 25 bekannt); Beweis genug, wie groß das Bedürfnis nach solchen Instrumenten ist und wie wenig sie durch die oft empfohlene, aber umständliche Profilkonstruktion (vgl. z. B. W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 2. Bd., 6. Aufl. Stuttgart, J. B. Metzler 1904. S. 705) allgemein ersetzt werden können.

Der Verf. macht hier auf einen weiteren „Interpolationszirkel“ aufmerksam, der im Jahre 1897 bei Gelegenheit der Vorarbeiten für die zweite Wiener Hochquellwasserleitung von dem Oberingenieur dieses Baues, Baurat Dr. Kinzer, angegeben und von R. & A. Rost in Wien ausgeführt wurde. Das Instrument besteht aus einem auf den Plan zu legenden Zirkel mit 13 cm langen, flachen Schenkeln, zwischen deren Enden ein 6 bis 10 cm langes weißes Gummiband von 5 bis 8 mm Breite und 0,4 mm Stärke eingespannt ist. Dieses Band kann bis zu seiner doppelten Länge (12 bis 20 cm) ausgespannt werden und trägt auf der Oberfläche eine gleichförmige Skale, deren Anwendung nun weiterer Anleitung kaum bedarf. Der Verf. möchte statt des einen Klemmplättchens auf jedem Schenkel des Zirkels deren mehrere anbringen, z. B. vier, um gleichzeitig für Gelände mit sehr verschiedenen Gefällen ausgerüstet zu sein.

Ein anderes noch erwähntes Werkzeug, ein Interpolationsschieber mit Gummistreifen, ist offenbar mit dem Halterschen (vgl. z. B. diese Zeitschr. 22. S. 90. 1902) so ziemlich identisch und weniger bequem als der oben angedeutete Zirkel, dem der Verf. wesentliche Vorzüge vor allen anderen Vorrichtungen dieser Art zuerkennt.

Hammer.

Zur Untersuchung eines nach Schulze konstruierten Lattenreiters.

Von Kappel. *Zeitschr. f. Vermess.* 33. S. 382. 1904.

Ein Lattenreiter nach Schulze zur Reduktion schiefliegender 5 m-Latten auf den Horizont (vgl. die Besprechung des Ref. in dieser Zeitschr. 22. S. 61. 1902; ferner das Referat über die Arbeit von Rompf, *Zeitschr. f. Vermess.* 32. S. 659. 1903 in dieser Zeitschr. 24. S. 328. 1904) ist von dem Verf. in der Art untersucht worden, daß er den Lattenreiter auf dem Fernrohr eines Theodolits befestigte (es war das auch von Rompf untersuchte Exemplar); mit der Feinschraube der Kippbewegung wurde der Blasenmittelpunkt des Lattenreiters auf eine Reihe von Teilstrichen gestellt, es wurde dann an beiden Nonien des Höhenkreises abgelesen (in einer Fernrohrlage; Indexfehler beseitigt) und es wurden endlich die nach der abgelesenen Zenitdistanz berechneten Reduktionen der 5 m-Strecke mit den Angaben der Lattenreiter-Striche verglichen. Die Abweichungen: Berechnung minus Lattenreiter ergaben sich bei Höhenwinkeln bis zu $3\frac{1}{2}^{\circ}$ negativ, zwischen 0 und -3 mm, bei allen größeren Höhenwinkeln, bis zu $14\frac{1}{2}^{\circ}$, positiv, bis zu 4 bis 5 mm. Besonders bei größeren Höhenwinkeln, von 10° aufwärts, sinken die Abweichungen nicht mehr unter 4 mm. Wenn alle abgelesenen Millimeter genügend richtig sind (Aufsetzlinie des Lattenreiters auf dem Fernrohr genügend parallel zur Ziellinie? Dies scheint gar nicht untersucht worden zu sein), so wäre das hier untersuchte Instrument als nicht brauchbar zu bezeichnen.

Hammer.

Neue, gegen Unbrauchbarwerden gesicherte Dosenlibelle.

Die glastechnische Werkstätte (Fabrik von Libellen, meteorologischen Instrumenten u. s. f.) von F. Mollenkopf in Stuttgart bringt eine neue Art von Dosenlibellen in den Handel (D.R.G.M. 187065), die den Hauptübelstand der seither angewandten abstellt.

Dieser Übelstand, der sowohl Verfertigern wie Käufern von Dosenlibellen und Benutzern von Instrumenten, die mit Dosenlibellen ausgerüstet sind, schon viele Widerwärtigkeiten verursachte, war das so oft vorkommende, teilweise Verdunsten der Füllflüssigkeit. Nach kurzer Zeit schon versagten oft die alten Dosenlibellen den Dienst, die Blase wurde,

auch bei den gewöhnlichen Temperaturen, bei denen die Libelle anzuwenden war, zu groß und konnte deshalb nicht mehr eingespielt werden. Die kleinste Undichtigkeit an der Füllschraube oder an der (innen mit dem Kalottenschliff versehenen) Glasdeckplatte, die kleinste poröse Stelle in dem gegossenen Metallzylinder der Dosenlibelle genügte, um die erwähnte lästige Erscheinung zu verursachen (Fig. 1).

Es lag nun nicht fern, den Versuch zu machen, ob das *Zublasen* eines Glas-Gefäßes der Libelle, wie es bei den Röhrenlibellen (an Stelle des nur selten mehr angewendeten Einkittens von Glasplatten als Stöpseln an den Enden des Glasrohrs) ja fast allgemein üblich ist, nicht auch auf die Dosenlibelle übertragen werden könne. Dieser Versuch ist aber meines Wissens bisher nicht gemacht worden und erst Hr. Mollenkopf hat den Gedanken, und zwar mit vollkommenem Erfolg, durchgeführt. Der Glaskörper der neuen Dosenlibelle ist bei der Anfertigung zunächst ein am einen Ende durch die künftige Libellendeckplatte verschlossener, am andern Ende offener Glaszylinder aus einem Stück; nachdem die Innenseite jener Deckplatte den Kalottenschliff (Kugelhalbmesser bekanntlich meist nicht über einige Meter, da die Dosenlibelle weder besonders empfindlich hergestellt noch auch gebraucht werden kann) erhalten hat, wird der Glaszylinder mit Äther nahezu gefüllt und nun wird das bisher offene Ende des Zylinders zugeblasen. Der Hauptbestandteil der neuen Dosenlibelle bildet demnach ein einziges geschlossenes Glasstück, wie bei der Röhrenlibelle



Fig. 1.



Fig. 2.

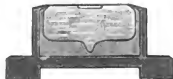


Fig. 3.

(Fig. 2). Dieser Glaskörper wird in eine Metallfassung seitheriger oder beliebiger Form solid eingegossen (und für Setzlibellen ohne Korrektionsschrauben selbstverständlich gut in dieser Fassung justiert), vgl. Fig. 3.

Ein Auslaufen oder Verdunsten der Füllflüssigkeit kann bei der neuen Art von Dosenlibellen nicht vorkommen, es sei denn, daß der Glaskörper zertrümmert wird oder einen Riß erhält (Schlag, Stoß, zu große Erhitzung der Libelle, sodaß der Glaskörper von der sich zu stark ausdehnenden Füllflüssigkeit gesprengt wird). Das einzige Bedenken könnte etwa sein, ob auch bei starken Erschütterungen (Transport u. dgl.) die Befestigungsmasse zwischen Glaskörper und Metallwand, vgl. Fig. 3, in jedem Fall sicher standhalten wird.

Die Verwendung der Dosenlibelle an geodätischen Instrumenten und Werkzeugen hat gegen früher erheblich zugenommen, und mit Recht. Gerade diese wenig empfindliche, aber nach allen Richtungen hin gleichzeitig wirksame Libelle ist der Röhrenlibelle (und auch der aus zwei solchen bestehenden Kreuzlibelle) zur raschen ersten Horizontierung von Instrumenten, deren Hauptachse die Richtung des Lotfadens erhalten muß oder zur genügenden Vertikalrichtung von Nivellier- und Distanzlatten, von Fluchtstäben u. s. w. überlegen. Sie sollte sowohl an kleinen gröbern, als insbesondere auch an größern und feinem Nivellierinstrumenten, Theodoliten, Tachymetertheodoliten, Höhenkreisen und ebenso an Universallinstrumenten (bei deren Gebrauch sie ganz besonders viel Zeit erspart) niemals fehlen.

Hammer.

Eine neue Form der Wage.

Von V. Crémieu. *Compt. rend.* **138**, S. 893. 1901; *Journ. de phys.* **3**, S. 765. 1901.

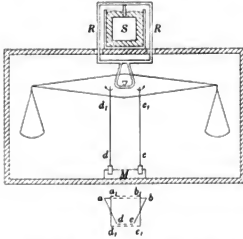
Theorie dieser Wage.

Von H. Poincaré. *Compt. rend.* **138**, S. 869. 1904.

Die neue Form der Wage soll den Übelstand umgehen, daß eine auf eine bestimmte Belastung justierte Wage für andere Belastungen unempfindlich oder gar labil ist. Zu diesem Zwecke ruht die Mittelschneide der neuen Wage (s. die Figur) in einem Bügel, der mittels eines

Rahmens RR an einem in Quecksilber tauchenden Schwimmer S hängt. Die Dimensionen des Schwimmers sind so gewählt, daß selbst bei der Maximalbelastung der Wage der Schwimmer sich noch freischwebend erhält.

Zu beiden Seiten der Mittelschneide auf der Vorder- und Hinterfläche des Wagebalkens greifen symmetrisch zur Mittelschneide insgesamt vier vertikal gespannte Drähte an, welche auf dem Boden des Wagekastens — links und rechts paarweise — in zwei im Stück M drehbaren Klötzen verankert sind. Mit diesen Klötzen werden alsdann die Drahtpaare in ihrem unteren Teil um gleiche Beträge, aber nach verschiedenen Seiten, tordiert, sodaß, während sie in ihrem oberen Teile nahe dem Wagebalken die Ecken eines horizontal liegend gedachten Rechtecks $a_1 b_1 c_1 d_1$ bilden, ihr unterer Querschnitt ein Trapez $abcd$ begrenzt, dessen Grundlinien dem Wagebalken parallel liegen.



Denkt man sich die Wage im Gleichgewicht, so werden alle vier Drähte gleichmäßig auf Zug beansprucht. Fügt man aber nun auf einer Seite der Wage ein Übergewicht hinzu, so wird die gleichmäßige Beanspruchung gestört; die Wage kann sich zwar jetzt nicht neigen, dagegen treten aber bei der eigenartigen Anordnung der vier nach unten gerichteten Drähte Kräfte ins Spiel, welche als Resultante eine Drehung des Wagebalkens um eine vertikale Achse liefern. Die Größe dieser Drehung, die größer ist, als die Neigung der Wage bei gewöhnlicher Anordnung *ceteris paribus* sein würde, liefert ein Maß für die Größe des Zulagegewichtes und erlaubt dies angeblich mit einer erhöhten Genauigkeit zu bestimmen.

Verf. will durch die elektrodynamische Abstoßung einer am Wagebalken befestigten, stromdurchflossenen Spule durch eine ihr gegenüber fest aufgestellte Spule die Wägung zu einer Nullmethode gestalten, indem er dann, statt der Größe der Drehung um die vertikale Achse, die Stromstärke in den Spulen beobachtet, welche die Wage nach erfolgter Belastung in ihre Anfangslage zurückbringt. Dies soll indessen nur für die letzte Abgleichung Platz greifen, also an Stelle der Reiter-Verschiebung bei den gewöhnlichen Wagen. Er gibt als Vorteil an, daß, nachdem einmal die Etalonnierung der Wage nach Stromstärken erfolgt ist, die Beobachtungen aus beliebiger Entfernung vorgenommen werden können.

In der an zweiter Stelle genannten Notiz gibt Poincaré einige theoretische Betrachtungen über die neue Wagenform.

Schl.

Gasabsorption durch Holzkohle bei tiefer Temperatur.

Von J. Dewar. *Compt. rend.* **139**, S. 261. 1904; *Ann. de chim. et de phys.* **3**, S. 5. 1904;
Amer. Jour. of Science **18**, S. 295. 1904.

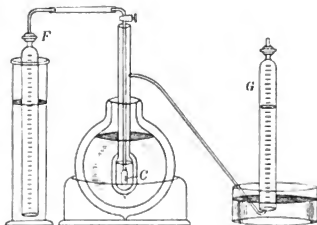
Die Holzkohle absorbiert bei sehr tiefer Temperatur bedeutend größere Mengen von Gasen, als bei Zimmertemperatur. Diese Eigenschaft kann z. B. auch benutzt werden, um ein sehr vollkommenes Vakuum hervorzubringen, sodaß elektrische Entladungen in dem evakuierten Raum nicht mehr übergehen. Verf. mißt nun für verschiedene Gase die Größe des absorbierten Volumens bei 0° und bei der Siedetemperatur der flüssigen Luft, sowie die dabei entwickelte Wärme. Die letztere bestimmt er mittels eines Kalorimeters, bei dem die zugeführte Wärmemenge durch das Volumen der verdampften flüssigen Luft gemessen wird. Eine Kalorie zugeführter Wärme entspricht einer Menge von flüssiger Luft, die nach dem Verdampfen unter normalen Verhältnissen ein Volumen von 14,5 *ccm* einnimmt. Der Apparat (siehe die Figur) besteht aus einem kleinen Glaszylinder C, der 0,5 bis 1 g Holzkohle enthält und in flüssige Luft eintaucht. In dem Gasometer F ist das zu untersuchende Gas enthalten; die durch die Erwärmung bei der Absorption des Gases verdampfte Luft wird in dem Meßrohr G aufgefangen. Das Kalorimeter sitzt in der aus der Figur ersichtlichen Weise in einem

mit flüssiger Luft gefüllten Dewarschen Gefäß. Die Holzkohle ist vor dem Versuch gegläht und längere Zeit dem Vakuum ausgesetzt gewesen. In der folgenden Tabelle sind für die untersuchten Gase und Gasgemische die bei 0° und bei -185° von 1 *ccm* Holzkohle absorbierten Gasvolumina und die bei der Absorption bei -185° entwickelten Wärmemengen zusammengestellt.

	Absorb. Volum. in <i>ccm</i> für 1 <i>ccm</i> Holzkohle		Wärme in Gramm-Kal.
	0°	-185°	
Wasserstoff	4	135	9,3
Stickstoff	15	155	25,5
Sauerstoff	18	230	34
Argon	12	175	25
Helium	2	15	2
Knallgas	12	150	17
CO + O	30	195	34,5
Kohlenoxyd	21	190	27,5

Die bei der Absorption entwickelte Wärme ist so groß, daß sie z. T. die Verdampfungswärme übersteigt. Auffallend klein ist die Menge des absorbierten Heliums. Verf. untersucht dann noch weiter besonders die Absorption der atmosphärischen Luft. Die Absorption geht anfangs sehr rasch vor sich und zwar in der Weise, daß überwiegend Sauerstoff absorbiert wird. Durch Erwärmen der Kohle kann man diesen gewinnen und hat so ein Mittel, den Sauerstoff der Luft abzutrennen.

W. J.



Trennung der flüchtigsten Gase von der Luft ohne Verflüssigung.

Von J. Dewar. *Ann. de chim. et de phys.* **3**, S. 12, 1904; *Amer. Journ. of Science* **18**, S. 290, 1904.

Die in dem vorhergehenden Referat besprochene Eigenschaft der Holzkohle, die Gase bei niedriger Temperatur in hohem Maße zu binden, wird hier zur Isolation der flüchtigsten Bestandteile der Luft benutzt. Bisher bediente sich der Verf. dazu der Verflüssigung und darauf folgenden fraktionierten Destillation. Die Verwendung der Holzkohle als Adsorptionsmittel vereinfacht das Verfahren wesentlich. Es genügt nämlich, in einer an eine Vakuumröhre angeschmolzenen Kammer ausgeglühte Holzkohle auf die Temperatur der flüssigen Luft abzukühlen, um ein allmähliches Verschwinden der Spektrallinien des O und N wahrzunehmen und nur noch die des H, He und Ne übrig zu behalten. Noch vollkommener wird dies durch eine andere Anordnung erreicht, bei der die eintretende Luft durch größere Mengen Kohle von der Hauptmasse der kondensierbaren Gase befreit wird. Die Spektraluntersuchung zeigt bei so behandelten Röhren sämtliche Linien der Edelgase in ausgezeichneter Schärfe.

Zum Schlusse wird noch eine Anwendung der Methode auf die Untersuchung von Gasen, die sich in Mineralien vorfinden, gegeben; die in den Quellen von Bath gelösten Gase enthalten He und Ne, diejenigen des Londoner Wassers Ne, die Gase des Petroleum H und Ne, während Luft, die durch Graphit und Kautschuk diffundiert ist, einen Gehalt an H, He und Ne zeigt. Fergusonit endlich gibt beim Erhitzen außer N noch H und He ab. *Hjfm.*

Spektropolariscope mit dreiteiligem Gesichtsfeld.

Von D. B. Brace. *Phil. Mag.* 5. S. 161. 1903.

Der Verf. bespricht die Schwierigkeiten, die entstehen, wenn man mit dem empfindlichsten Polarimeter, dem Lippichschen Halbschattenpolarimeter mit zwei- oder dreiteiligem Gesichtsfeld, im monochromatischen Lichte arbeiten will. Es ist dann nach seiner Ansicht meist nicht möglich, die Grenze zwischen den 2 bzw. 3 Feldern bei Helligkeitsgleichheit zum Verschwinden zu bringen, weil man dazu breite Lichtquellen braucht, während man bei spektraler Zerlegung notwendig einen Spalt als Lichtquelle benutzen muß. Allerdings ist, wie in *dieser Zeitschr.* 24. S. 70. 1904 gezeigt ist, diese Auffassung unzutreffend, da man auch bei spektraler Zerlegung vollständiges Verschwinden der Grenzlinien erhalten kann, wenn man den Spalt senkrecht zu den Grenzlinien stellt.

Mit der von Brace als *sensitive-strip spectro-polariscope* bezeichneten Vorrichtung soll das Verschwinden der Grenzlinien auch erreicht werden, wenn die Spaltrichtungen den Grenzen parallel liegt. Sie besteht in einem Halbschattenpolarisator, der aus zwei mit α -Monobromnaphthalin gefüllten Trögen zusammengesetzt ist, in denen schräggestellte Kalkspatlamellen angebracht sind.

Da für Natriumlicht der Brechungsindex des α -Monobromnaphthalins 1,6582, der des ordentlichen Strahls des Kalkspats 1,6584 ist, so geht, wenn die Spatplatten geeignet geschnitten und gestellt sind, der ordentliche Strahl ungehindert durch den Trog hindurch, während der außerordentliche durch Totalreflexion abgelenkt wird.

Die Kalkspatlamellen bilden mit der Achse des Troges einen Winkel von 70°. Sie sind aus dem Kristall entweder so ausgeschnitten, daß die Längsachse der Lamelle in einer Hauptebene durch die optische Achse liegt, während diese einen Winkel von 70° mit der Platte bildet, oder so, daß die Oberflächen in Hauptebenen durch die optische Achse liegen, während diese auf der Längsrichtung der Platte senkrecht steht. Die letztere Art ist schwieriger herzustellen und erfordert mehr Material.

Die Lamelle für den Teil des Flüssigkeitspolarimeters, der dem ganzen Nicol der Lippichschen Vorrichtung entspricht, ist eine Ellipse von 44 mm Länge und 15 mm Breite. Die Dicke beträgt 2 mm. Die Lamelle des Teiles, der dem Halbnicol entspricht, ist ebenfalls 44 mm lang, aber nur 5 mm breit und so dünn wie möglich (0,1 bis 0,5 mm). Sie teilt das kreisförmige Gesichtsfeld von 15 mm Durchmesser in drei gleichbreite Teile.

Die Tröge bestehen aus innen geschwärzten, mit Diaphragmen versehenen Messingröhren von 30 mm innerem Durchmesser, die an den Enden durch dünne Glasplatten verschlossen sind. Die Kalkspatlamellen werden unter großer Sorgfalt, daß keine Spannung oder Verunreinigung der Flächen eintritt, mit einem Gemisch von Fischlein und Glycerin ange kittet. Beide Tröge liegen hinter einander in einer Messingröhre, sodaß der eine Trog gegen den andern drehbar ist, damit der Halbschatten verändert werden kann.

Die spektrale Zerlegung wird ganz außerhalb des Polarisationsapparats vorgenommen, damit kein diffuses Licht einer anderen Wellenlänge, als benutzt werden soll, das Resultat fälscht. Brace empfiehlt einen Spektralapparat, bei welchem sich an der Stelle, wo das Spektrum entsteht, ein Hohlspiegel befindet, der das auf ihn fallende Licht durch das Prisma zurückwirft und in der Nähe des Spaltes ein Spaltbild erzeugt. Der Hohlspiegel ist spaltförmig und wirft nur einen ausreichend monochromatischen Teil des Lichtes zurück. Dieses wird zur Beleuchtung des Polarimeters benutzt.

Da Brace keine Literatur angibt, mag darauf hingewiesen werden, daß Jamin bereits 1869 einen Flüssigkeitspolarisator mit Kalkspatlamelle beschrieben hat (*Pogg. Ann.* 137. S. 174). Er benutzt Schwefelkohlenstoff zur Füllung. Eingehend sind dann die Polarisatoren mit Kalkspatlamelle von K. Feußner in *dieser Zeitschr.* 4. S. 47. 1884 behandelt worden. Feußner verwendet auch als Zwischenschicht zwischen einer Kalkspatlamelle und Glas vom Brechungs-exponenten des ordentlichen Strahls bereits Monobromnaphthalin.

Bei den vielen Übelständen, welche das Arbeiten mit Flüssigkeitsprismen auf die Dauer hat, ist es nicht wahrscheinlich, daß der von Brace vorgeschlagene Polarisator viel Anwendung finden wird.

E. Br.

Neues Mikroskopmodell und Planimeter-Okular.

Von J. Hirschwald. *Zentralblatt f. Mineral. u. s. w.* 1904. S. 626.

1. *Mikroskop* (Fig. 1). Ein wesentlicher Unterschied zwischen diesem neuen Modell (von R. Fueß in Steglitz) und den bisherigen Mikroskopen mit gemeinsamer Nicoldrehung besteht darin, daß bei diesem Instrument während der gemeinsamen Drehung der Nicols nicht mehr

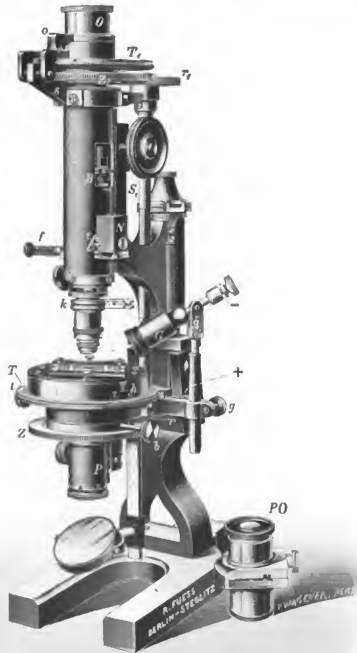


Fig. 1.

ein über das Okular gesetzter Analysator, sondern der Analysator *N* im Tubus gleichzeitig mit dem Polarisator gedreht wird. Ein Nachteil des Okular-Analysators liegt bekanntlich darin, daß infolge des durch den Nicol verlängerten Augenabstandes das Sehfeld (je nach der Brennweite des betreffenden Okulares) eine mehr oder minder starke Einschränkung erfährt. Die neue Konstruktion ermöglicht aber auch die alleinige Drehung des *inneren* Analysators *N* (analog dem gewöhnlichen Okular-Analysator) gegen den feststehenden

Polarisator P und das festliegende oder auf dem Objektisch T zu drehende Präparat. In diesen beiden Fällen dreht sich das Okular, dessen Fäden die Schwingungsrichtungen des Nicols markieren, mit dem Analysator. Zwei weitere, wohl weniger oft erforderliche Schaltungsarten ermöglichen, entweder den Analysator allein gegen den feststehenden Polarisator und das feststehende Okular oder den Polarisator und den Analysator gegen das feststehende Okular zu drehen.

Die für die vorgenannten Kombinationen erforderlichen Schaltungen geschehen wie folgt:

a) *Polarisator, Analysator und Okular drehen sich gleichzeitig.* Die Bremsschraube b unter dem Tisch T ist gelöst. Eine in dem großen Okularteller T_1 bzw. Nicolkreis befindliche (In der Figur nicht sichtbare) Verbindungsschraube ist eingeschraubt; der an dem Nonienarm s sitzende und um ein Scharnier drehbare Arm o ist nach vorn weggeklappt. Zur Orientierung des Okulars sind zwei Strichmarken auf dem Okularsatz von T_1 bzw. auf der Einsteckhülse der Okulare angeben.

b) *Polarisator bleibt stehen, Analysator und Okular drehen sich.* Um diese Schaltung auszuführen, stellt man den Nicolkreis T_1 auf Null ein, klemmt die Bremsschraube b unter dem Tisch T fest und löst die Schraube auf dem Nicolkreis T_1 . Der Arm o ist weggeklappt.

Die Drehung erfolgt am geränderten Rand des Nicolkreises T_1 . Soll wieder zur Schaltung a) übergegangen werden, so stellt man den Nicolkreis T_1 wieder auf Null, zieht die Verbindungsschraube auf T_1 fest und löst die untere Bremsschraube b .

c) *Polarisator und Analysator drehen sich gleichzeitig und das Okular bleibt stehen.* Schaltung wie unter a), nur ist der Arm o über die vorstehende Schraube am Okular geklappt.

d) *Polarisator und Okular stehen fest, Analysator dreht sich.* Schaltung wie unter b), doch ist der Arm o über die vorstehende Schraube am Okular geklappt.

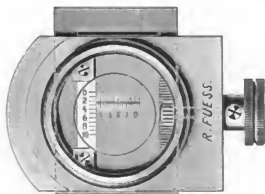


Fig. 2.

Als Beobachtungsokulare dienen solche mit erweitertem Sehfeld, mit denen man eine etwa doppelt so große Fläche wie mit den gebräuchlichen Okularen übersieht. In der Bildebene dieser Okulare befindet sich ein Schieber mit einem runden und einem quadratischen Diaphragma, sodaß man nach Belieben dem Bild eine runde oder quadratische Begrenzung geben kann. Letztere dient zur schnelleren Bestimmung der Kornzahl in einer bestimmten Schließfläche.

Die übrigen Einrichtungen sind in der Hauptsache identisch mit denen der gebräuchlichen großen Polarisationsmikroskope.

Objektisch T und Nicolkreis T_1 sind in Grad geteilt und ihre Nonien geben 5 Minuten an; Bertrand-Linse B und Analysator-Nicol N können aus dem Strahlengange ausgeschaltet werden, der letztere mit Hilfe des federnden Stiftes f , erstere mittels eines kleinen, während der Rotation zurückgeklappten Griffes. Die Zahnradübertragung besitzt die bekannte Einrichtung zur Vermeidung des toten Ganges in den Zähnen (s. diese Zeitschr. 16, S. 17, 1896). An Stelle des Kreuzschlittentisches besitzt das Instrument für das rasche Absuchen eines Schliffes eine einfache Schiebeeinrichtung, mittels deren ein Schliff in zwei zueinander senkrechten Richtungen freihändig verschoben werden kann. Zur Oberflächen-Beleuchtung kann neben dem Objektisch ein verstellbarer Halter für ein elektrisches Glühlämpchen G angeklemt werden.

2. *Planimeter-Okular* (P^o in Fig. 1 rechts unten). Dasselbe dient zur Bestimmung des Volumverhältnisses der einzelnen Mineralgemengteile in einem Gesteinsdünnschliff. In der Bildebene (Fig. 2) des Okulares befinden sich zwei zueinander senkrecht angeordnete, auf Glas geteilte Mikrometerskalen von je 10 mm Länge, von denen die eine fest (Ordinate), die andere (Abszisse) mittels Trieb verschiebbar ist. Die letztere beschreibt also bei ihrer

Gesamtverschiebung einen Flächenraum von 1 *qcm*. Angewendet wird das Planimeter-Okular derart, daß man entsprechend der Korngröße des Gesteins die Abzisse auf bestimmte Teilstreife der Ordinate einstellt und die Mengen-Indikatrix für die verschiedenen Gemengteile abliest. Sodann dreht man den Schliß oder das Planimeter-Okular um 90°, um die Messung in rechtwinkliger Richtung zu wiederholen. C. L.

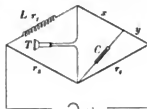
Über eine Methode zur Messung von Selbstinduktionskoeffizienten.

Von Illovič. *Compt. rend.* **138**, S. 1411, 1901.

Die Methode von Illovič dient zum Vergleich einer Selbstinduktion mit einer Kapazität und ist eine Abänderung der sogenannten Schaltung von Pirani. Die Verteilung der Selbstinduktion L , der Kapazität C und der induktionslosen Widerstände r_1 ; $r_2 = x + y$; r_3 ; r_4 in der Wheatstoneschen Brücke ist aus der Figur zu ersehen. Befindet sich im Hauptkreis eine Wechselstromquelle, so ist das Telephon stromlos, wenn

$$r_1 r_4 = r_2 r_3 = 0,$$

$$L = C r_2 x \left(1 + \frac{y}{r_4} \right).$$



Ist $y = 0$, so erhält man die Methode von Pirani mit der Bedingungsgleichung

$$L = C r_2 r_3.$$

Es ist klar, daß bei der neuen Methode der Nullstrom des Telephons leichter gefunden wird, als bei der Piranischen, indem man zuerst mittels Gleichstrom die Bedingung $r_1 r_4 = r_2 r_3$ erfüllt und dann durch Verändern von x und y , während $x + y$ konstant bleibt, der zweiten Bedingung Genüge leistet. E. O.

Neu erschienene Bücher.

W. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. In 3 Bdn. Bearbeitet von Prof. Dr. C. Reinherz. 2. Bd. Feld- und Landmessung. 6., erweiterte Aufl. gr. 8°. XIV, 863 S. 47 S. m. Holzsehn. Stuttgart, J. B. Metzler 1904. 17,80 M.

Ogleich in dem welt verbreiteten Handbuch der Geodäsie von Jordan bekanntlich der Schwerpunkt nicht in den Abschnitten liegt, die der Beschreibung und Theorie der Instrumente gewidmet sind, darf doch auch in dieser Zeitschrift eine Anzeige der neuen, von Prof. Reinherz bearbeiteten Auflage des 2. Bandes nicht fehlen. Es ist schon früher von verschiedenen Seiten hervorgehoben worden, daß dieser 2. Band des Jordanschen Werks, die Feld- und Landmessung, der wichtigste Teil sei, wobei freilich bei manchem Beurteiler mitgesprochen haben mag, daß ihm die hier behandelten Gegenstände (Kleinstmessung, Polygonmessung, Klein-Triangulierung; alle Arten von Höhenmessungen, einschl. der sog. Topographic) aus der eigenen Praxis weniger geläufig waren. Aber bestehen bleibt für alle Zeit das große Verdienst Jordans, in dem Teil seines Werks, der von der 3. Aufl. an als 2. Band erschien, schon vor mehr als 30 Jahren gezeigt zu haben, daß auch in den elementarsten Teilen der Geodäsie die Anwendung der Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadratsummen wohlberechtigt und nützlich ist und insbesondere, bei richtiger Anordnung der Rechnungen und bei Verwendung der richtigen Rechenhilfsmittel, keineswegs, wie früher vielfach behauptet worden ist, zu einem Zeitaufwand führt, der außer Verhältnis zu dem Gewinn stünde. Das erste Kapitel des vorliegenden Bandes gibt geradezu einen Abriss der wichtigsten Definitionen und einfachsten Lehrsätze der Ausgleichsrechnung (mittlerer Fehler, Fehlerfortpflanzungsgesetz, einfaches und „allgemeines“ arithmetisches Mittel, Ausgleichung eines Abschlußfehlers, mittlerer Fehler aus Beobachtungsdifferenzen), ohne freilich z. B. auf vermittelnde oder bedingte Beobachtungen einzugehen,

während in folgenden Kapiteln des Werks doch auch von diesen Teilen der Ausgleichungsrechnung Gebrauch gemacht wird.

Doch ist hier nicht der Ort, weiter auf diese wichtigste Seite des Jordanschen Werkes einzugehen, vielmehr ist nur kurz zu erwähnen, was es im Sinn der Instrumentenkunde und des Gebrauchs der Instrumente der „niedern“ Geodäsie bietet. Ich muß mich dabei im wesentlichen auf eine Inhaltsangabe beschränken. Nach kurzer Betrachtung der Instrumente zum Abstecken bestimmter fester Winkel (90° , 180° , auch 45°) und der Werkzeuge zum Längenmessen, ferner der Berechnung und Teilung von Grundstücksflächen spricht Kap. IV von den mechanischen Hilfsmitteln für Berechnungen (Planimeter, Rechenschieber, Rechenmaschinen); die Theorie des Prytzschen Planimeters, die in der 5. Aufl. enthalten war, ist weggeblieben. Vielleicht darf ich gleich hier, schon bei Erwähnung der ersten Kapitel, einen Wunsch aussprechen: daß bei einer künftigen Auflage die historischen Notizen, die sich vielfach, aber sehr ungleichartig verteilt, in langen Abschnitten oft auf einzelne wenige Instrumente oder Methoden und aufs Aller kürzeste beschränkt, bei andern Dingen ausführlich verweilt, finden, gleichartiger bearbeitet und z. T. auch auf ihre Zuverlässigkeit geprüft würden. Sie beleben sicher ein derartiges Werk ungemein und niemand, der sich in den Inhalt des Buchs wirklich vertieft, wird an ihnen vorübergehen; um so eher wird man den genannten Wunsch aussprechen müssen.

Kapitel V bespricht die Libellen und die Fernrohre (oder wie es hier noch nach der von Jordan hartnäckig festgehaltene Schreibweise heißt, Fernröhre; trotz des Vorgangs von Gauß, Bessel u. A. wird man nur billigen, daß der Bearbeiter in spätern Abschnitten Fernröhren und Fernrohre sagt), endlich kurz auch die Mikroskope mit Ramsdenschem und Campanischem Okular; Kap. VI betrachtet die Theodolite, wobei zahlreiche, große und kleine Formen des Instruments auch bildlich vorgeführt werden; bei den Ablesemikroskopen, die nun erst hier eingehender behandelt sind, ist der früher von Jordan festgehaltene Name Schätzmikroskop, der z. B. ganz gut die Fennelschen Strichmikroskope bezeichnen kann, jetzt zweckmäßig in Skalenmikroskop abgeändert. Die Verwendung der mit dem Theodolit zu messenden Horizontalwinkel lehren besonders die Kap. VII, VIII (Triangulierung, Kleintriangulation auf freiem Feld und Stadttriangulation) und IX (Polygonzüge), endlich später auch XVII, bei den Achsabsteckungen. Es folgen die drei Arten der Bestimmung von Höhenunterschieden auf der Erdoberfläche: Nivellierung, Trigonometrische Höhenmessung, Barometrische Höhenmessung (Kap. X, XI, XII; bei Kap. XII besonders wird eine künftige umfassendere Bearbeitung, vgl. u., viel Neues zur Theorie und Praxis aufzunehmen haben) und nach einem einleitenden Kapitel (XIII) über Distanzmesser die Verbindung von Lage- und Höhenmessungen in der Tachymetrie (XIV) und z. T. in den „Meßtischaufnahmen“ (XV), während dann noch Kap. XVI die Grundbegriffe der Photogrammetrie, XVII die Vorarbeiten für Eisenbahnbau (besonders Absteckungen) bespricht und endlich XVIII einen kurzen Überblick über die deutschen Landesvermessungen bietet.

Wie aus dieser kurzen Aufzählung sich zeigt, ist vom Bearbeiter der neuen Auflage am Grundbau und der ganzen Einteilung des Werks nicht gerüttelt worden; er sagt selbst, es habe die Zeit zu einer tiefer gehenden Umarbeitung gefehlt. Gleichwohl ist nur in wenigen Abschnitten nicht die da und dort bessernde Hand des Bearbeiters merkbar und man muß z. B. sehr suchen, wenn man Versehen der vorhergehenden Auflage (z. B. von Namen immer noch Zeis, Vidi; könnten wir nicht endlich auch in Deutschland die sonderbare, aber allerdings noch ziemlich allgemeine Schreibweise Huyghens los werden?) wieder finden will. Etwas mehr merklich wird die geringe Zeit, die dem Bearbeiter zu Gebot stand, in mehreren der Literaturverzeichnisse, besonders soweit sie ausdrücklich Vollständigkeit anstreben, z. B. S. 738, während wichtige hierhergehörige Arbeiten der letzten Jahre nicht aufgeführt sind (S. 740 hätten neben den selbstrechnenden italienischen Tachymetern, die z. T. gar nicht ausgeführt worden sind, wohl auch die zahlreichen und oft sehr scharfsinnigen französischen Konstruktionen der letzten Jahrzehnte Erwähnung verdient, wie denn überhaupt bei den Kap. XIV und XV [auch XVI selbst dann, wenn es auf die Grundbegriffe

beschränkt bleiben soll] dasselbe gilt, was oben bei XII gesagt ist), oder z. B., wenn S. 141 immer noch die Trognitzsche Messung als Beispiel einer geographischen Planimetermessung angeführt wird, während näherliegende neuere topographische und geographische Beispiele zur Verfügung stehen würden.

Doch es ist unmöglich, hier auf einzelnes einzugehen, und es muß ein ganz allgemeiner Überblick genügen; es mag nur noch, im Sinn dieser Zeitschrift, besonders hervorgehoben sein, daß ziemlich viele ältere Instrumentenabbildungen durch neue ersetzt sind. Es kann nicht ausbleiben, daß bei einem Werk, das eben so gewaltigen Stoff auf verhältnismäßig sehr knappem Raum bewältigt, der eine dies, der andere das anders geordnet, weggelassen, hinzugefügt sehen möchte. Auch der Ref. darf vielleicht gestehen, daß er einen langen derartigen Wunschzettel hätte, ihn hier aber nicht anrollen will. Aber ich möchte nicht schließen, ohne dem Bearbeiter der 6. Auflage, nach der in der leichten Retusche der 5. gelieferten Probe, das Vertrauen ausgesprochen zu haben, er werde auch eine tieferegreifende Umarbeitung, mit namentlich vielfach *abkürzender* Sichtung, zu der ihm hoffentlich bald Gelegenheit und Zeit zuteil wird, zu gutem Ende führen. Hammer.

D. Levitus, Rechenmaßstab. Graphische Tafel zum Multiplizieren, Dividieren, Potenzieren, Radizieren, sowie zur Logarithmenberechnung und zu allen trigonometrischen Rechnungen. gr. 8°. 22 S. mit Fig. und der Rechentafel. Freiberg 1. S., Frotseher 1904. 1,50 M.

Dieser Rechenmaßstab besteht aus einer die Mantissen der Zahlenlogarithmen enthaltenden Teilung, der zugehörigen (gleichförmigen) Teilung, an der diese Mantissen abgelesen werden können, und endlich zwei Maßstäben für \sin und \cos und für \tan und \cot der Winkel des Quadranten. Dabei ist in der zuerst genannten Hauptteilung die Genauigkeit durch *Transversalen* erhöht; obgleich die Grundstrecke 1 bis 10 dieser Teilung nur etwas über 20 *cm* lang ist, kann man die 4. Ziffer in den Zahlen bei der Rechnung berücksichtigen. Sehr unbequem ist nun aber bei der Anwendung dieses Rechenmaßstabs, daß man die Addition der Logarithmen, die der Multiplikation der zugehörigen Zahlen entspricht, oder die Subtraktion, durch die die Division ausgeführt wird, mit dem Zirkel (wie bei den ältesten logarithmischen Rechenmaßstäben der 1. Hälfte des 17. Jahrhunderts) oder, wie der Verf. (zur Schonung der Teilungen) empfiehlt, mit Hilfe eines Papierstreifens machen muß; der große Vorzug der logarithmischen Rechenschieber, die rein mechanische Addition und Subtraktion der Logarithmen und damit Multiplikation und Division der Zahlen, geht verloren. Als teilweiser Ersatz tritt dafür nur der im Vergleich mit einem guten Rechenschieber ja allerdings sehr billige Preis dieser (wie ich mich durch Versuche überzeugt habe, genügend genau gezeichneten) Rechenskalen ein; er wird kaum hinreichen, dem kleinen Werkzeug einen größeren Raum praktischer Verwendung neben den so viel bequemeren Rechenschiebern u. s. w. zu erobern. Hammer.

Ch. P. Steinmetz, Theoretische Grundlagen der Starkstrom-Technik. Übersetzt v. J. Hefty. gr. 8°. XI, 331 S. m. 143 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 9,00 M. geb. in Leinw. 10,00 M.

Das Buch zerfällt in zwei Teile, die mit „Allgemeine Theorie“ und „Spezielle Maschinen“ überschrieben sind. Im ersten Teil sind die Grundgesetze des elektrischen Stromes und namentlich die Theorie der Wechselströme abgehandelt, wobei besonders die symbolische Darstellung durch imaginäre Größen berücksichtigt wird, die der Verf. bei Berechnungen im allgemeinen den graphischen Methoden vorzieht. Die sachliche Behandlung in diesem Abschnitt wird bei allen Fachgenossen ein großes Interesse erwecken, zumal sie in vielen Punkten von der üblichen abweicht. Dem Lernenden — als Universitätsvorlesungen ist das Buch auch für diese bestimmt — wird aber das Verständnis oft recht sehr erschwert durch den Umstand, daß feststehende Begriffe wie magnetomotorische Kraft u. a. anders als üblich definiert werden. Solche Abweichungen von allgemein angenommenen Definitionen durch einzelne Autoren sind, selbst wenn sie sich sachlich begründen lassen, nicht zu billigen,

weil dadurch gerade beim Lernenden Irrtümer unausbleiblich sind. Die Darstellung ist z. T. schwer verständlich; doch scheint es fast, als ob hier die Hauptschuld den Übersetzer trifft, wie z. B. bei der Definition der Induktanz, S. 19. Rühmend hervorzuheben ist die große Zahl praktischer numerischer Beispiele, die sachgemäß ausgewählt und elegant durchgerechnet sind.

Der zweite Teil enthält die Kapitel „Synchronmaschinen, Kommutatormaschinen, rotierende Umformer, Induktionsmaschinen“ und bietet eine Fülle interessanter Darstellungen, deren Studium jedem Fachgenossen anzupfehlen ist. Es kommt dabei lediglich die subjektive Auffassung und Behandlungsweise des Verfassers zum Ausdruck, was nach Ansicht des Ref. durchaus berechtigt ist, selbst wenn manches Widerspruch herausfordert. Auf Literatur- oder Namen-Angaben irgend welcher Art ist vollständig verzichtet. E. O.

H. v. Jüptner, Lehrbuch der physikalischen Chemie f. technische Chemiker u. zum Gebrauche an technischen Hochschulen u. Bergakademien. II. Tl.: Chemisches Gleichgewicht u. Reaktionsgeschwindigkeit. 1. Hälfte: Homogene Systeme. gr. 8°. III. 162 S. m. 6 Abbildgn. Wien, F. Deuticke 1904 3,50 M.

O. Krell Jr., Über Messung v. dynamischem u. statischem Druck bewegter Luft. Lex. 8°. IV. 65 S. m. Abbildgn. München, R. Oldenbourg 1904. 2,50 M.

Sammlung Schubert. XLII u. XLVIII. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw.

XLII. J. Classen, Theorie der Elektrizität u. des Magnetismus. II. Bd. Magnetismus u. Elektromagnetismus. IX. 251 S. m. 53 Fig. 1904. 7,00 M. — XLVIII. W. Voigt, Thermodynamik. II. Bd. II. Tl.: Thermisch-chem. Umsetzgn. III. Tl.: Thermisch-elekt. Umsetzgn. XI, 370 S. m. 44 Fig. u. 1 Kurventaf. 1904. 10,00 M.

E. Cesàro, Elementares Lehrbuch der algebraischen Analysis u. der Infinitesimalrechnung. Mit zahlreichen Übungsbeispielen. Nach e. Mskr. des Verf. deutsch hrsg. v. Prof. Dr. G. Kowalewski. gr. 8°. VI, 894 S. m. 97 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1904. Geb. in Leinw. 15,00 M.

F. G. Gauß, Fünfstellige vollständige logarithmische u. trigonometrische Tafeln. Zum Gebrauch in Schule u. Praxis bearb. 2. Tl. Fünfstellige logarithmisch-trigonometr. Tafeln f. Dezimalteilg. des Quadranten. Ster.-Dr. 3. Aufl. Lex. 8°. 140 u. XVIII S. Halle, E. Strien 1904. 6,00 M.; geb. in Halbfrz. 6,75 M.

H. Hager, Das Mikroskop u. seine Anwendung. Handbuch d. prakt. Mikroskopie u. Anleitung zu mikroskop. Untersuchgn. Nach dessen Tode vollständig umgearb. m. O. Appel, G. Brandes, P. Stolper neu hrsg. von C. Mez. 9., stark verm. Aufl. gr. 8°. XII, 392 S. m. 401 Fig. Berlin, J. Springer 1904. Geb. in Leinw. 8,00 M.

Logarithmentafeln, Vier u. fünfstellige, nebst einigen physikalischen Konstanten. Aufgestellt v. Prof. L. Holborn u. Prof. K. Scheel. gr. 8°. 24 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1904. 0,80 M.

Teubners Sammlung v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathemat. Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendgn. XIV. u. XV. Bd. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner. Geb. in Leinw.

XIV. O. Stolz u. J. A. Gmeiner, Einleitung in die Funktionentheorie. 2., umgearb. u. verm. Aufl. der von den Verf. in der „Theoret. Arithmetik“ nicht berücksichtigten Abschnitte der „Vorlesgn. üb. allgemeine Arithmetik“ v. O. Stolz. In 2 Abtgn. 1. Abtgn. VI, 242 S. m. 10 Fig. im Text. 1904. 6,00 M. — XV. I. Wallentin, Einleitung in die theoretische Elektrizitätslehre. X, 444 S. m. 81 Fig. im Text. 1904. 12,00 M.

G. W. Usill, *Practical Surveying*. 8., durchgesehene u. vermehrte Auflage von A. Beazeley. 8°. Mit Figuren. London 1904. Geb. in Leinw. 7,80 M.

A. Rolti, *Elementi di Fisica*. 4. Ausgabe. Bd. II. 8°. 560 S. m. Fig. Florenz 1904. 5,00 M. Bd. I. 502 S. m. Fig. 1899.

A. Gleichen, Einführung in die medizinische Optik. gr. 8°. X, 276 S. m. 102 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1904. 7,00 M.

Namen- und Sach-Register.

- A** bady s. Simmance.
Abbe, E., Gesammelte Abhandlgn. 158.
Abbot, C. G., Konstruktion eines empfindl. Galvanometers 254.
Aktinometrie: Intensität d. Sonnenlichts, Fabry 124. — Verbesserte Form d. Zinkkugelphotometers zur Bestimmg. d. ultravioletten Sonnenstrahlg., Elster, Geitel 280.
Allen, H. S., Regulier- u. Registrier-Thermometer 332.
Amperemeter s. Elektrizität.
Anemometer s. Meteorologie.
Astronomie: Theorie d. zweiteiligen astronom. Fernrohrojektive, Harting 79. — Registriervorrichtg. z. Zöllnerschen Photometer, Clemens 129. — Nutzbarmachg. d. Stereokomparators f. d. monokularen Gebrauch u. ein hierfür bestimmtes monokulares Vergleichs-Mikroskop, Pulfrich, Zeiß 161. — Methoden z. Prüfg. opt. Spiegel während ihrer Herstellg., Ritchey 221. — Kreiselsversuch z. Messg. d. Umdrehungsgeschwindigkeit d. Erde, Föppl 247. — Yerkes-Sternwarte 271. — Lowell-Spektrograph, Slipher 298. — Spektroheliograph d. Potsdamer Observatoriums, Kempf 317. — Zonen n. Leistung d. Refraktoren, Strehl 322. — Längenbestimmg. durch Zeitübertrag, Dittscheim 359.
Ausdehnung: Auffinden v. Umwandlungspunkten m. e. selbstregistrierend. Dilatographen, v. Salmen, Tamman 122. — Ausdehn. d. Wassers in Temperaturen zw. 50° n. 100°, Thiesen, Reichsanstalt 276. — App. f. Ausdehnungsbestimmgn. nach der Fizeauschen Methode bei d. Temperatur d. flüss. Luft, Scheel, Reichsanstalt 285.
Baldwin, A. L., Messg. v. neun Grundlinien entlang d. 98. Meridian 25.
Bamberg, C., Preisliste fib. wissenschaftl. Instrumente 309.
Barnes, H. T., u. D. Mc Intosh, Platinthermometer 85.
Barnett, S. J., Versuche üb. Polarisation u. Erholg. v. Kadmium-Elementen 335.
Barometer s. Meteorologie.
Basismessungen s. Geodäsie.
Bergsöe, P., s. Schou.
Blakesley, T. H., Methode z. mechan. Auswertg. d. hyperbolisch-trigonometr. Funktionen 151.
Bonaccorsi, G., Ausdruck f. d. Horizontalabstand beim Fadendistanzmesserm. geneigter Ziellinie n. bei nicht senkrecht stehender Latte 186.
Brace, D. B., Spektropolaroskop m. dreiteil. Gesichtsfeld 366.
British Association, Versuche z. Verbesserung d. prakt. elektr. Einheiten 305.
Brodhnan, E., Rotirender Sektor, dessen Winkel während d. Rotation verändert u. abgelesen werden kann 313.
 —, u. O. Schönrock, Einfluß d. Beugung auf d. Verschwinden d. Trennungslinie im Gesichtsfeld photometr. Vergleichsvorrichtgn. 70.
Buisson, H., s. Macé de Lépinay.
Bull, L., Chronophotographie schneller Vorgänge m. elektr. Funken 253.
Camichel, C., Photograph. Spektrophotometrie 91.
Campbell, A., Messg. kleiner Widerstände 184.
Chabrié, C., Diastoloskop, ein neuer opt. App., mit dem man sehr starke Vergrößergn. erhalten u. sehr kleine Verschiebn. leuchtender Objekte messen kann 304.
Chemie: Auffinden v. Umwandlungspunkten m. einem selbstregistrier. Dilatographen, v. Salmen, Tamman 129.
Chéneveau, C., s. Curie.
Clelland, J. H. Mc., Elektr. Kapazitätmessg. m. radioaktiven Substanzen 334.
Clemens, H., Registriervorrichtg. z. Zöllnerschen Photometer 129.
Clinton, W. C., s. Fleming.
Constan, P., *Cours élémentaire d'Astronomie et de Navigation* 337.
Coradi, G., Integr. Abdank-Abakowicz, Lossier 213. — Gestell f. Pantographen 244.
Cotter, J. R., Instr. z. Zeichnen v. Kegelschnitten 359.
Crémieu, V., Elektrostatisches Voltmeter m. großem Meßbereich 292. — Neue Form der Wage 363.
Curie, P., u. C. Chéneveau, App. z. Bestimmg. d. magnet. Konstanten 31.
Darwin, H., Elektr. Thermostat 249.
Dewar, J., Gasabsorption durch Holzkohle b. tief. Temperatur 364. — Trenng. d. flüchtigsten Gase v. d. Luft ohne Verflüssig. 365.
Diastoloskop s. Optik.
Differentialgalvanometer s. Elektrizität.
Dilatographen s. Ansehnung.
Distanzmesser s. Entfernungsmesser.
Dittscheim, P., Längenbestimmg. durch Zeitübertrag. 359.
Dolezalek, F., Präzisionsnormale d. Selbstinduktion 253. — Notiz dazu 284.
Dongier, R., Messg. v. Selbstinduktionskoeffizienten m. d. Telefon 30.
Edelmann, M. Th., Galvanometer, Einhoven 306.
Eggert, O., Hülftafel z. Berechn. d. Richtungskoeffizienten f. Koordinatenausgleichn. 187.
Einhoven, W., Galvanometer 306.
Eis s. Wasser.
Eisen s. Metalle.
Elektrizität: I. Theorie: Messg. v. Selbstinduktionskoeffizienten m. d. Telefon, Dongier 30. — Methode z. Bestimmg. d. Koeffizienten der gegenseitig. Induktion, Trowbridge 223. — Anwendg. d. Differentialgalvanometers bei genauen Widerstandsmessgn., Jaeger 288. — Messg. kleiner Kapazitäten u. Selbstinduktionen, Fleming, Clinton 307. — Elektr. Kapazitätmessg. m. radioaktiven Substanzen, Mc Clelland 334. — Methode z. Messg. v. Selbstinduktionskoeffizienten, Iivovici 369. — II. Elemente n. Batterien: Versuche üb. Polarisation u. Erholg. v. Kadmium-Elementen, Barnett 335. — III. Meßinstrumente: Erholg. d. kalorimetr. Meßgenauigkeit durch Anwendg. v. Platinthermometern, Jaeger, v. Steinwehr, Reichsanstalt 28. — Platinthermometer, Rothe, Reichsanstalt 59. — Kompensator f. thermoelektr. Messgn., Lehfeldt 62. — Kurven-

- Indikator u. -Analysator, Lyle **63**. — Opt. Methode d. Strommessg., Orlich, Reichsanstalt **65**. — Platinthermometer, Barnes, McIntosh **85**. — Neuerungen an Kompensationsapp., Franke **93**. — Messg. kleiner Widerstände, Campbell **184**. — Kompensator f. thermoel. Messg., Harker **184**. — Einrichtg. u. Behandlg. d. App. z. Bestimmg. d. Radioaktivität v. Bodenproben u. Quecksilberd. Elster, Geitel **193**. — Präzisionsnormale d. Selbstinduktion, Dolezalek **253**. — Konstrukt. e. empfindl. Galvanometers, Abbot **254**. — Einrichtg. zum Schutz u. zur schnellen u. bequemen Auswechslung v. Fäden (Drähten) f. Instrumente jeder Art m. Fadenaufhäng., Toepfer & Sohn **268**. — Verbesserte Form d. Zinkkugelmessers zur Bestimmg. d. ultravioletten Sonnenstrahl., Elster, Geitel **280**. — Elektrostat. Voltmeter m. großem Meßbereich, Crémieu **282**. — Versuche z. Verbesserung d. prakt. elektr. Einheiten, *British Association* **305**. — Galvanometer, Einthoven **306**. — Hitzdrahtampere-meter z. Messg. sehr schwacher Wechselströme, Fleming **336**. — Registrier. Pyrometer, Siemens & Halske A.-G. **350**. — IV. Mikrophone, Telephone, Gramophone, Phonographen u. s. w. — V. Beleuchtung: Quecksilberbogenlampe, Siedentopf, Zeiß **22**. — Bemerkg. dazu, Gumlich **120**. — Erwiderg., Siedentopf **121**. — Photometrie v. elektr. Lampen, Fleming **91**. — Kadmiummalgamlampe aus Quarz, Lummer, Gehecke, Reichsanstalt **236**. — VI. Allgemeines: Saitenunterbrecher, Orlich, Reichsanstalt **126**. — Elektr. Thermostat, Darwin **249**. — Chronophotographie schneller Vorgänge m. elektr. Funken, Bull **253**.
- Elemente s. Elektrizität.
- Elster, J., u. H. Geitel, Einrichtg. u. Behandlg. d. App. zur Bestimmg. d. Radioaktivität v. Bodenproben u. Quecksilberd. **193**. — Verbesserte Form d. Zinkkugelmessers z. Bestimmg. der ultravioletten Sonnenstrahl. **280**.
- Endros, A., Seichensforschgn. am Chinesen **180**.
- Entfernungsmesser: Selbstrechnender Tachymeter, Nassó **149**. — Ausdruck f. d. Horizontalabstand beim Fadendistanzmesser m. geneigter Ziellinie u. bei nicht senkrecht stehend. Latte, Bonaccorsi **186**.
- Fabry, Ch., Intensität d. Sonnenlichts **124**. — u. A. Perot, Absolute Messg. v. Wellenlängen im Sonnen- u. Eisen-spektrum **125**. — u. A. Jobin, Spektroskop m. Autokollimation **278**.
- Fennel, A., Wagner-Fennelsche Tachymeter d. Fabrik geodät. Instr. v. Otto Fennel Söhne in Cassel **32**. — Verbesserung. an Schraubenmikroskop-Theodoliten **147**.
- Fennel Söhne, O., Katalog **309**.
- Ferguson, Th., Zyklograph **67**.
- Ferrohobe: Objektuntersuchgn., Hartmann **1**, **93**, **97**. — Theorie d. zweiteiligen astronom. Ferrohobobjektive, Harting **79**. — Zonen u. Leistung d. Refraktoren, Strehl **322**.
- Féry, C., Methode z. Bestimmg. d. Linsenkonstanten **182**.
- Fischer, E. G., Fein-Nivellierinstr. d. *Const. and Geodetic Survey* **27**.
- Fleming, J. A., Photometrie v. elektr. Lampen **91**. — Hitzdrahtampere-meter zur Messg. sehr schwacher Wechselströme **336**. — u. W. C. Clinton, Messg. kleiner Kapazitäten u. Selbstinduktionen **307**.
- Flimmerphotometer s. Photometrie.
- Florio, F., Quecksilberluftpumpen **331**.
- Fokometer s. Optik.
- Föppel, A., Kreiselsversuch z. Messg. d. Umdrehungsgeschwindigkeit d. Erde **217**.
- Frank, F. J., Nullpunktsgelenk **361**.
- Franke, R., Neuerung. an Kompensationsapp. **93**.
- Fueß, R., Kamera z. stereoskop. Abbildg. mikroskop. u. makroskop. Objekte **61**. — Mikroskopmodell u. Planimeter-Okular, Hirschwald **367**.
- Gale, H. G., Beziehg. zwischen der Dichte u. dem Brechungsverhältnis d. Luft **88**.
- Galitzin, Fürst B., Methodik d. seismometr. Beobachtgn. **300**.
- Galvanometer s. Elektrizität.
- Gas: Sauerstoffbestimmg. aus flüss. Luft, Claude **61**. — Gasabsorption durch Holzkohle bei tief. Temperatur, Dewar **364**. — Trenng. d. flüchtigsten Gase v. d. Luft ohne Verflüssig., Dewar **365**.
- Gauß, K. F., Werke **127**.
- Gebers, Universalkartierungsinstr. **329**.
- Gehecke, E., s. Lummer.
- Geitel, H., s. Elster.
- Geodäsie: I. Basismessungen: Messg. v. neun Grundlinien entlang d. 98. Meridian, Baldwin **25**. — Opt. Längenmessg. einer Triangulierungsbasis, Tichy **84**. — Notiz dazu **128**. — II. Astronomisch-geodätische Instrumente s. Astronomie. — III. Apparate zur Winkelabstecken. — IV. Winkelmeßinstrumente u. Apparate f. Topographie: Anwendg. d. Stereo-Komparators f. d. Zwecke d. topograph. Punktbestimmg., Pulfrich, Zeiß **53**. — Zyklograph, Ferguson **67**. — Verbesserung. an Schrauben-Mikroskop-Theodoliten, Fennel **147**. — Nutzbarmachg. d. Stereo-Komparators f. d. monokularen Gebrauch u. ein hierfür bestimmtes monokulares Vergleichsmikroskop, Pulfrich, Zeiß **161**. — Photogrammetr. Stereoskopapp., Schell **333**. — V. Höhenmeßinstrumente u. ihre Hilfsapparate: Fein-Nivellierinstr. d. *Const. and Geodetic Survey*, Fischer **27**. — Engl. Nivellierinstr., Stanley **60**. — Unterschg. e. Lattenreiters, Rompf **328**. — VI. Tachymetrie: Heronische Vermessungsinstrum., Schöne **81**. — Selbstrechnender Tachymeter, Nassó **149**. — Ausdruck f. d. Horizontalabstand beim Fadendistanzmesser m. geneigter Ziellinie u. bei nicht senkrecht stehender Latte, Bonaccorsi **186**. — Beschreibg. e. neuen Tachymeterschiebers, Puller **326**. — Konstantenbestimmg. d. Fadendistanzmesser, Klingatsch **327**. — VII. Allgemeines: Hypsometer, Morse **149**. — Gestalt d. Groma d. römischen Feldmesser, Schmidt **150**. — Referat üb. „H. Schöne, Das Visierinstr. d. römischen Feldmesser“, Petzold **150**. — Hälfte d. z. Berechng. d. Richtungskoeffizienten f. Koordinatenausgleichgn., Eggert, Kreis **187**. — Gestell f. Pantographen, Coradi **244**. — Vorrichtg. z. Ermittl. v. Koordinaten, Reinhardt **244**. — Bei Anwendg. d. Lotstativs u. Stabbandes erzielte Genauigkeit, Händel **274**. — Bemerkg. üb. d. Schwerekorrektur bei den barometr. Höhenmessg., Haan **275**. — Zwei neue Quadrat- u. Liniennetzkartierg., Koller **328**. — Universalkartierungsinstr., Gebers **329**. — Genauigkeit d. Flächeninhaltsbestimmgn. m. d. Hyperbelfaß, Kummer **330**. — Nullpunktsgelenk, Frank **361**. — Proportionalmaßstäbe z. Konstruktion v. Schichtenlinien, Löschner **362**. — Unterschg. eines N. Schulze konstruier. Lattenreiters, Kappel **362**. — Gegen Unbrauchbarwerden gesicherte Dosenlibelle, Mollenkopf **362**.
- Geschichte: Heronische Vermessungsinstr., Schöne **81**. — Gestalt d. Groma d. römischen Feldmesser, Schmidt **150**. — Referat üb. „H. Schöne, das Visierinstr. d. römischen Feldmesser“, Petzold **150**. — *Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793*, Wolf **188**.
- Giesen, J., Versuche m. d. Salvinischen Mikrowage **153**.
- Grützmacher, F., Tiefsee-Umkippthermometer **263**.
- Gumlich, E., Bemerkg. zu einem Aufsatz des Hrn. H. Siedentopf: „Über eine neue Quecksilberbogenlampe“ **120**. — Erwiderg. darauf, Siedentopf **121**.
- Günther & Tegetmeyer, Einrichtg. u. Behandlg. d. App. zur Be-

- stimmig, d. Radioaktivität v. Bodenproben u. Quellsedimenten, Elster, Geitel **193**. — Verbesserte Form d. Zinkkugelphotometers z. Bestimmung der ultravioletten Sonnenstrahlung, Elster, Geitel **290**.
- H**ändel, E., Bei Anwendg. d. Lotstativs u. Stahlbandes erzielte Genauigkeit **274**.
- H**ann, J., Bemerkgn. üb. die Schwerekorrektur bei den barometr. Höhenmessgn. **275**.
- H**arker, J. A., Kompensator f. thermoelektr. Messgn. **184**.
- H**arrison, E. P., Änderg. d. magnet. Permeabilität v. Nickel u. Eisen mit d. Temperatur **336**.
- H**arting, H., Theorie d. zweiteiligen astronom. Fernrohrobjektive **79**.
- H**artmann, J., Objektivuntersuchgn. 1. **33**, **97**. — Kameraobjektiv f. Spektrographen **267**.
- H**artner, F., Hand- u. Lebrb. d. nied. Geodäsie **339**.
- H**aaupt, E., s. Heusler.
- , u. E. Take, Untersuchg. der bei d. Bestimmg. d. Gravitationskonstante in Spandau benutzt. Materie **185**.
- H**ausler, F., W. Starck u. E. Haupt, Ferromagnet. Eigenschaften v. Legierng. unmagnet. Metalle **166**.
- H**oyde, G., Preisliste üb. Vermessungs-Instrumente **302**.
- H**irschwald, J., Mikroskopmodell u. Planimeter-Okular **367**.
- H**öhenmessungen s. Geodäsie.
- H**olborn, L., s. Kohlrusch.
- H**ull, G. F., s. Nichols.
- H**ypsometer s. Geodäsie.
- I**liovic, Methode z. Messg. v. Selbstinduktionskoeffizienten **369**.
- I**ntegraphen s. Rechenapparate.
- I**ntosh, D. Mc, s. Barnes.
- J**aeger, W., Zur Anwendg. d. Differentialgalvanometers bei genauen Widerstandsmessgn. **288**.
- , u. H. v. Steinwehr, Erhöhg. d. kalorimetr. Meßgenauigkeit durch Anwendg. v. Platinthermometern **28**.
- J**ordan, W., Handb. d. Vermessungskunde **263**.
- K**admiumamalgalampen s. Lampen.
- K**appel, Untersuchg. eines n. Schulze konstruierten Lattenreiters **362**.
- K**arten: Anwendg. d. Stereo-Komparators f. d. Zwecke d. topograph. Punktbestimmg., Puffrich, Zeiß **53**.
- K**empfer, P., Spektroheliograph d. Potsdamer Observatoriums **317**.
- K**erber, A., Beitrag z. Bestimmg. der Lage d. sagittalen u. meridionalen Bilder **236**. — Notiz dazu **284**.
- K**lingatsch, A., Konstantenbestimmg. d. Fadendistanzmessers **327**.
- K**och, K. R., Relative Schwere-messgn.: H. Messg. auf 10 Stationen d. Pa-

- riser Parallel; III. Messgn. auf d. Linie Ulm-Freudenstadt **330**.
- K**öhler, A., u. M. v. Rohr, Mikrophotograph. Einrichtg. f. ultraviolettes Licht **341**.
- K**ohlrusch, F., u. L. Holborn, Tragh. Torsionsmagnetometer **223**.
- K**oll, O., Geodätische Rechnng. m. d. Rechenmaschine **264**.
- K**oller, Zwei neue Quadrat- u. Liniennetzzeichner **328**.
- K**omparatoren s. Maßstäbe.
- K**ompensatoren s. Elektrizität.
- K**oordinatographen s. Geodäsie.
- K**oß, K., s. Teichgräber.
- K**reisel, F., Hilfstafel z. Berechng. d. Richtungskoeffizienten f. Koordinaten-Ausgleichgn. **187**.
- K**rüb, H., Verbesserung. des in *dieser Zeitschr.* **13**, S. 13. 1898 beschrieb. Spektrophotometers m. Lummer-Brodhunschem Prismsenpaar **201**. — Flimmerphotometer u. Messg. verschiedenfarbigen Lichtes **250**.
- K**ummer, Genauigkeit d. Flächeninhaltsbestimmgn. m. d. Hyperbelstafel **330**.
- K**urven: Kurven-Indikator u. Analytiker, Lyle **63**. — Hilfstafel z. Berechng. d. Richtungskoeffizienten f. Koordinatenausgleichgn., Eggert, Kreisel **187**. — Instr. z. Zeichnen v. Parabeln, Pearson **359**. — Instr. z. Zeichnen v. Kegelschnitten, Cotter **359**.

Lampen: Quecksilberbogenlampe, Siedetopf, Zeiß **22**. — Bemerkg. dazu, Gumlich **120**. — Erwiderng., Siedetopf **121**. — Photometrie v. elektr. Lampen, Fleming **91**. — Kadmiumamalgalampe aus Quarz, Lummer, Gohrcke, Reichsanstalt **296**.

Lattenreiter s. Geodäsie.

Legros, V., Photogrammetr. Fokometer f. d. mikroskop. Optik **183**.

Lehfeldt, R. A., Kompensator f. thermoelektr. Messgn. **62**.

Lehmann, H., Geschwindigkeitsmessgn. an Momentverschlüssen **74**. — Lichtstarker Universal-Spektrograph **131**. — Großer Quarzspektrograph **230**. — Lichtstarker Spektrograph **338**.

Leiß, C., Kamera z. stereoskop. Abbildg. mikro-kop. u. makroskop. Objekte **61**.

Levitus, D., Rechenmaßstab **371**.

Linsen s. Optik.

Literatur (neu erschienene Bücher): Wagner-Fennelsche Tachymeter d. Fabrik geodätischer Instrumente von Otto Fennel Söhne in Cassel, Fennel **32**. — Randwertangaben bei gewöhnl. Differentialgleichg., Mason **32**. — Zur Molekulargewichtsbestimmg. nach d. Siedeverhalten, Toeche Mittler **32**. — Grundriß d. theoret. Astronomie u. der Geschichte d. Planetentheorien,

Frischauf **32**. — Synopsis d. höheren Mathematik, Hagen **32**. — *Théorie analytique de la Chaleur, mise en harmonie avec la Thermodynamique et la théorie mécanique de la Lumière*, Boussinesq **32**. — *Recherches sur les Substances radio-actives*, Curie **32**. — Vorlesgn. üb. techn. Mechanik, Föppl **32**. — Lebrb. d. Elektrochemie, Le Blanc **32**. — Lebrb. d. synthetischen Methoden d. organ. Chemie, Posner **32**. — *Les instruments de précision, d'Ocagne* **64**. — *Light waves and their uses*, Michelson **95**. — Webers illustrierte Katechismen: Katechismus d. Feldmeßkunst, Pietsch **95**; Katechismus d. Physik, Kollert **95**. — Wellenlängentabellen f. spektralanalyt. Untersuchgn. auf Grund d. ultravioletten Bogenspektren d. Elemente, Exner, Haschek **95**. — Neuer deutscher Geometer-Kalender f. 1904 **96**. — Vorlesgn. üb. theoret. u. physik. Chemie, van 't Hoff **96**. — *New instruments of precision from the Ryerson Laboratory, Milikan* **96**. — *Théorie nouvelle de la polarisation rotatoire*, Quesneville **96**. — *Conduction of electricity through gases*, Thomson **96**. — Abhandlgn. z. Geschichte d. mathemat. Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendgn.: Geschichte d. Mathematik im XVI. u. XVII. Jahrh., Zeuthen **96**. — Anleitung z. vereinfachten Elementaranalyse f. wissenschaftl. u. techn. Zwecke, Demesté **96**. — Üb. d. Theorie d. Kreisels, Klein, Sommerfeld **96**. — Vorlesg. üb. Mathematik, Kronecker **96**. — Tabellen z. qualitat. Analyse, Treadwell **96**. — Schloemilchs Handb. d. Mathematik **96**, **284**. — Samml. Göschen: Vierstell. Tafeln u. Gegentafeln f. logarithm. u. trigonometr. Rechnng. in 2 Farb. zusammengestellt, Schubert **96**; Höhere Analysis, Junker **96**; Statik, Hauber **96**, **256**; Niedere Analysis, Sporer **100**; Techn. chem. Analyse, Lunge **100**; Elektrochemie, Herrmann **160**, **256**; Stereochemie, Wedekind **160**; Die Maschinenelemente, Barth **256**; Astrophysik, die Beschaffenheit d. Himmelskörper, Wislicenus **256**; Ebene u. sphär. Trigonometrie, Hessenberg **256**; Kristallographie, Bruhns **256**; Metalloide, Schmidt **256**; Meteorologie, Trabert **312**; Geschichte d. Mathematik, Sturm **312**. — Handb. d. Elektrochemie, Ahrens **96**. — 4000 Jahre Pionier-Arbeit d. exakten Wissenschaften, Darmstädter, du Bois-Reymond **96**. — Karl Friedrich Gauß' Werke **127**. — Kurzes Lebrb. d. analyt. Chemie, Treadwell **128**. — Üb. d. Einfluß d. Amplitude auf Tonhöhe u. Dekrement v. Stimmgabeln u. zungenförmigen Stahlfedern, Hartmann-Kempf **128**. — Wissenschaftl. Abhandlgn. d. Phy-

sikal-Techn. Reichsanstalt 128. — Theoret. Chemie v. Standpunkte d. Avogadrochen Regel n. der Thermodynamik, Nernst 128. — Tafeln üb. d. Spannkraft d. Wasserdampfes zwischen 76 u. 101,5 Grad, bezogen auf d. Luftthermometer, m. e. Beiblatt, enth. d. Korrektur auf d. Wasserstoff-Thermometer, Wiebe 128. — Die Deviations-theorie u. ihre Anwendg. in d. Praxis, Rottok 128. — Handb. d. Vermessungskunde, Jordan 128, 284, 369. — Gesamt. Abhandlg., Abbe 158. — Theorie d. opt. Instrumente, Rohr, Zeiß 158. — Ostwalds Klassiker d. exakt. Wissenschaften: Experimentaluntersuchgn. üb. Elektrizität, Faraday 159. — Fünf Abhandlg. üb. absolute elektr. Strom-m. Widerstandsmessg., Weber, Kohlrausch 159. — Die vier Beweise f. d. Zerlegg. ganzer algebraischer Funktionen in reelle Faktoren 1. od. 2. Grades, Gauß 192. — Üb. d. Wanderungen der Ionen während d. Elektrolyse, Hittorf 192. — Die baromet. Höhenmessg., Litznar 159. — Wilhelm Ostwald, Walden 160. — Handb. d. Elektrotechnik: Die Elektrophysik n. die Theorie d. Elektromagnetismus, Heinke, Ebert 160. — Jelineks Psychrometer-Tafeln 160. — Astronom. Erdkunde, Martus 160. — Mehrphas. elektr. Ströme u. Wechselstrommotoren, Thompson 160. — *Handbook for Electrical Laboratory and Testing Room*, Fleming 160. — *Ether and Gravitation*, Hooper 160. — *Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1914* 160. — *Automatic Surveying Instruments and their practical uses on land and water*, Ferguson 160. — *Leerbuch der Naturkunde en van hare vornaamste toepassingen*, Bosscha 160. — *Ficht and Laboratory Exercises in Physical Geography*, Chamberlain 160. — *Traité de Mécanique*, Collignon 160. — *Traité pratique de Télécommunication électrique: Télégraphie et Téléphonie*, Estanné 160. — *Laboratory Physics*, Miller 160. — *Solar Heat, its practical Applications*, Pope 160. — Atomgewichtstabelle 1904 160. — Teubners Sammlg. v. Lehrbüchern auf d. Gebiete d. mathemat. Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendgn.: Lehrb. d. Differenzenrechng., Selivanoff 160; Einleitg. in d. Funktionentheorie, Stolz, Gmeiner 372; Einleitg. in d. theoret. Elektrizitätslehre, Wallentin 372. — *Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793*, Wolf 188. — Lehrb. d. Physik, Clowson 191. — Lehrb. d. Physik, Gray 191. — Wechselstromtechnik: Wicklungen d. Wechselstrommaschinen, Arnold 191; Transformatoren, Arnold, la Cour 340; Synchroner Wechselstrommaschinen, Arnold, la Cour

310. — Festschrift, Ludwig Boltzmann gewidmet zum 60. Geburtstag 191. — Dynamomaschinen f. Gleich- u. Wechselstrom, Kapp 191. — *On the optical conditions required to secure maximum accuracy of Measurement in the use of the Telescope and Spectroscope*, Wadsworth 192. — *Baltimore Lectures on Molecular Dynamics and the Wave Theory of Light*, Lord Kelvin 192. — *Patent Calculating Instrument or cylindrical Slide-Rule*, Thacher 192. — *Plane and Solid Geometry. Surveying and Navigation*, Wentworth 192. — *Des Méthodes typographiques*, Thierry 192. — Grundzüge d. Wechselstrom-Technik, Rühlmann 192. — Die Temperatur d. Luft üb. Berlin in der Zeit vom 1. X. 1902 bis 31. XII. 1903, Abmann 192. — Jahrb. d. Elektrochemie 192. — Handb. d. Erdbebenkunde, Sieberg 192. — Rechenmaßstab, Levitus 192, 371. — *Radio-Activity*, Rutherford 192. — *Treatise on Surveying*, Middleton 192. — *Recherches sur l'Hydrodynamique*, Duhem 192. — *Traité élémentaire des enroulements des Dynamos à courant continu*, Loppé 192. — *Contribution à l'étude de la polarisation des Electrodes*, Rothé 192. — Die Beziehungen zwischen Äquivalentvolumen u. Atomgewicht, Borchers 192. — Kompendium d. qualitat. Analyse, Behrendt, Krülin 192. — Der photogrammetr. Stereoskopapp. 224. — Gesammelte Abhandlg., Bunsen 224. — Lehrb. d. Experimentalphysik, v. Lommel 224. — Crelles Rechentafeln 224. — Geodätische Rechng. m. d. Rechenmaschine, Koll 254. — Grundriß d. physikal. Chemie, Traube 256. — Elektrotechn. Bibliothek: Kathoden u. Röntgenstrahlen, sowie die Strahlg. aktiver Körper, Neesen 256, 283. — Beiträge zur Photochemie u. Spektralanalyse, Eder, Valenta 256. — *Traité élémentaire de Cinématique*, Leblanc 256. — Das militär. Aufnehmen, m. besond. Berücksichtg. der Arbeiten d. K. Preuß. Landesaufnahmeh. s. w., Schulze 282. — Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik 283. — *Pioneers of Science*, Lodge 284. — *Observations and Investigations made at the Blue Hill Meteorological Observatory, Mass., U.S.A., in the years 1901 and 1902*, Roth 284. — *Naave Teoretiskom-triche centrali e konjugirali*, Orlandi 284. — *Electricity and Matter*, Thomson 284. — Abhandlg. u. Vorträge allgemeinen Inhalts, 1887-1903, Ostwald 284. — Lehrb. d. techn. Physik, Lorenz 284. — Chem.-techn. Untersuchgsmethoden, Lange 284. — Scherz u. Ernst in der Mathematik, Ahrens 284. — Abhängigkeit d. Strahlungsintensität des „schwarzen Körpers“ von

d. Temperatur, untersucht f. e. bestimmten Strahlenkomplex, Beckmann 284. — Die stereophotogrammetr. Bestimng. d. Lage e. Punktes im Raume, Schell 284. — Ein neuer stroboskop. Schließungsmesser f. asynchrone Wechsel-n. Drehstrommotoren, Wagner 284. — Die Fortschritte auf d. Gebiete d. drahtlosen Telegraphie, Prach 284. — *Marvels in the World of Light*, Ovenden 284. — Neue Preislisten v. C. Bamberg, G. Heyde, O. Fennel u. L. Tesdorpf 309. — Übungen in d. wichtigeren physikal.-chem. Meßmethoden, Rimbauch 312. — *Leerbuch der Naturkunde*, van Selaik 312. — *Leçons sur l'Électricité, professées à l'Institut électrotechnique Mont-jurè* Gérard 312. — *Principes généraux d'Électricité théorique et pratique*, Champion 312. — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1903 312. — Aus Natur u. Geisteswelt: Der Baue des Weltalls, Scheiner 312; Moleküle, Atome, Weltalter, Mie 312. — Die bisherige Tätigkeit d. Phys. Techn. Reichsanstalt 312. — *Wireless Telegraphy: Theory and practice*, Maver 312. — Elemente u. Verbindung, Ostwald 312. — *Cours élémentaire d'Astronomie et de Navigation*, Constan 337. — Handb. u. Lehrb. d. nied. Geodäsie, Hartner 338. — Vermessungskunde, Miller 340. — Beiträge z. Physik d. freien Atmosphäre (Zeitschrift) 340. — Projekt e. Uhrenanlage, Kieffer 340. — Jahrb. f. Photogr. n. Reproduktionstechnik f. 1904, Eder 340. — Theorien d. Elektrodynamik nach ihrer geschichtl. Entwickelg., Helm 340. — Carl Gustav Jacob Jacobi, Koenigsberger 340. — Jahrb. d. Chemie, Meyer 340. — Zur Theorie d. Maxwellchen Kreisels, Winkelmann 340. — Theoret. Grundlagen d. Starkstrom-Technik, Steinmetz 371. — Lehrb. d. physikal. Chemie f. techn. Chemiker u. zum Gebrauche an techn. Hochschulen u. Bergakademien, v. Jäptner 372. — Messg. v. dynam. u. stat. Druck bewegter Luft, Krell jr. 372. — Sammlg. Schubert: Theorie d. Elektrizität u. d. Magnetismus, Classen 372; Thermodynamik, Voigt 372. — Elementar. Lehrb. d. algebraisch. Analysis u. d. Infinitesimalrechng., Cesiro 372. — Fünfstell. vollständ. logarithm. u. trigonometr. Tafeln, Gauß 372. — Mikroskop u. seine Anwendg., Hager 372. — Vier- u. fünfstell. Logarithmentafeln nebst einigen phys. Konstanten, Holborn, Scheel 372. — *Practical Surveying*, Usill 372. — *Elementi di Fisica*, Rotti 372. — Einführung in die medicin. Optik, Gleichen 372.

L ö s c h n e r, H., Proportionalmaßstäbe z. Konstruktion v. Schichtenlinien 362.

Lossier, H., Integr. Abdank-Abakanowicz 213.
Luftpumpen: Quecksilberluftpumpe m. autom. Steuerg., Schou, Bergsöe 117. — Quecksilberluftpumpen, Florio 331.
 Lummer, O., u. E. Gehrcke, Kadmiummalgamlampe aus Quarz 296.
 Lyle, Th. H., Kurven-Indikator u. -Analysator 63.
 Lyman, Th., Vorläufige Messg. der Wellenlängen d. Schumann-Strahlen 334.
Macé de Lépinay, J. u. H. Buisson, Methode d. opt. Dickenmessg. 30.
Magnetismus u. Erdmagnetismus: App. z. Bestimmg. d. magnet. Konstanten, Curie, Chêneveau 31. — Ferromagnet. Eigenschaften v. Legiern. unmagnet. Metalle, Heusler, Richarz, Starck, Haupt 156. — Untersuchg. der bei d. Bestimmg. d. Gravitationskonstante in Spannd. benutzten Materialien, Haupt, Take 183. — Tragb. Torsionsmagnetometer, Kohlrusch, Holborn, Reichsanstalt 223. — Einrichtung zum Schutz u. zur schnellern u. bequemern Ausw. selb. v. Fäden (Drähten) f. Instrumente jeder Art m. Fadenaufhängg., Toepfer & Sohn 265. — Quarzfaden-Vertikalintensitäts-Variometer, Watson 302. — Aendg. d. magnet. Permeabilität v. Nickel u. Eisen mit d. Temperatur, Harrison 336.
 Maillard, L., Barometerformel von Laplace 123.
Maßstäbe u. Maßvergleichen: Neue Methode d. opt. Dickenmessg., Macé de Lépinay, Buisson 30. — Nutzbarmachg. d. Stereokomparators f. d. monokularen Gebrauch u. ein hierfür bestimmtes monokulares Vergleichs-Mikroskop, Pulfrich, Zeiß 161. — Bei Anwendg. d. Lotstativs u. Stahlbandes erzielte Genauigkeit, Händel 274. — Proportionalmaßstäbe z. Konstruktion v. Sechsentenlinien, Löscher 362.
Metalle: Ferrromagnet. Eigenschaften v. Legiern. unmagnet. Metalle, Heusler, Richarz, Starck, Haupt 156. — Aendg. d. magnet. Permeabilität v. Nickel u. Eisen mit d. Temperatur, Harrison 336.
Meteorologie (Thermometer s. Thermometrie): I. Barometrie, Aeroide: Beobachtgn. v. kurz dauernden Luftdruckschwankungen (Windwogen), Toepfer 85. — Barometerformel von Laplace, Maillard 123. — Elastische Nachwirkg. bei Aneroid-Barographen, Rosenthal 124. — Bemerkgn. üb. d. Schwerekorrektur bei den baromet. Höhenmessgn., Hann 275. — II. Anemometrie (Windmesser): Mitwindbestimmg. bei Anemometer-Prüfng., Staeh 230. — III. Hygrometer

(Feuchtigkeitsmesser). — IV. Regenmesser. — V. Allgemeines: Justierg. u. Benutzg. d. photogrammetr. Wolkenautomaten, Sprung 206.

Michelson, A. A., *Light waves and their uses* 95.

Mikroskop: Kamera z. stereoskop. Abbildg. mikroskop. u. makroskop. Objekte, Leib, Fuëß 61. — Photogrammetr. Fokometer f. d. Mikroskop. Optik, Legros 183. — Mikrophotograph. Einrichtg. f. ultraviolettes Licht, Köhler, v. Rohr, Zeiß 341. — Mikroskopmodell u. Planimeter-Okular, Hirschwald, Fuëß 367.

Miller, W., Vermessungskunde 340. Mollenkopf, F., Gegen Unbrauchbarwerden gesicherte Dosenlibelle 362.

Momentenschlüsse s. Photographie.

Morse, F., Hypsometer 149.

Nassó, M., Selbstrechender Tachymeter 149.

Nautik: Kimmprisma, Teichgräber, Köß 218. — App. z. Messg. d. Kimmertiefe, Pulfrich, Zeiß 225. — Tiefsee-Umkippthermometer, Grützmaier, Reichsanstalt 263.

Neessen, F., Kathoden- u. Röntgenstrahlen, sowie die Strahlg. aktiver Körper 283.

Netzzeichner s. Zeichenapparate. Nichols, E. F., u. G. F. Hull, Strahlungsdruck 87.

Nickel s. Metalle.

Nivellierinstrumente s. Geodäsie.

Objektive s. Optik.

d'Œcagne, M., *Les instruments de précision* 64.

Optik: I. Theorie, Untersuchungs-Methoden u. Apparate für theoretische Forschg.: Objektivuntersuchgn., Hartmann 1, 33, 97. — Neue Methode d. opt. Dickenmessg., Macé de Lépinay, Buisson 30. — Einfluß d. Beugung auf d. Verschwinden d. Trennungslinie im Gesichtsfelde photometr. Vergleichsvorrichtgn., Brodhun, Schönrock, Reichsanstalt 70. — Theorie d. zweitheiligen astronom. Fernrohrobjektive, Harting 79. — Strahlungsdruck, Nichols, Hull 87. — Beziehg. zwischen der Dichte u. dem Brechungsverhältnis d. Luft, Gale 88. — Absolute Messg. v. Wellenlängen im Sonnenspektrum, Fabry, Perot 125. — Bestimmg. d. opt. Konstanten eines zentrierten sphärischen Systems m. d. Präzisionsfokometer, Schell 182. — Methode z. Bestimmg. d. Linsekonstanten, Féry 182. — Methoden z. Prüfng. opt. Spiegel während ihrer Herstellg., Ritchey 221. — Beitrag z. Bestimmg. der Lage d. sagittalen

u. meridionalen Bilder, Kerber 236. — Notiz dazu 284. — Zonen u. Leistung d. Refraktoren, Strehl 322. — Vorläufige Messg. der Wellenlänge d. Schumann-Strahlen, Lyman 334. — II. Methoden u. Apparate der praktischen Optik: Quecksilberbogenlampe, Siedentopf, Zeiß 22. — Bemerkg. dazu, Gumlich 120. — Erwidrig., Siedentopf 121. — Anwendg. d. Stereokomparators f. d. Zwecke d. topograph. Punktbestimmg., Pulfrich, Zeiß 53. — Kamera z. stereoskop. Abbildg. mikroskop. u. makroskop. Objekte, Leib, Fuëß 61. — Opt. Methode d. Strommessg., Orlich, Reichsanstalt 65. — Photograph. Spektrophotometrie, Camichel 91. — Lichtstarker Universal-Spektralapp., Lehmann, Steinheil 131. — Nutzbarmachg. d. Stereokomparators f. d. monokularen Gebrauch u. ein hierfür bestimmtes monokulares Vergleichs-Mikroskop, Pulfrich, Zeiß 161. — Polarisationsapp. u. Saccharimeter, Pellin 181. — Photogrammetr. Fokometer f. d. mikroskop. Optik, Legros 183. — Verbesserung. des in *dieser Zeitschr.* 18, S. 13, 1898 beschrieb. Spektrophotometers m. Lummer-Brodhunschen Prismenpaar, Krüb 201. — Kimmprisma, Teichgräber, Köß 218. — App. z. Messg. d. Kimmertiefe, Pulfrich, Zeiß 225. — Großer Quarzspektrophotograph, Lehmann, Steinheil 230. — Flimmerphotometer u. Messg. verschiedenfarb. Lichtes, Krüb 250. — Flimmerphotometer, Simmance, Abady 250. — Reflexions-Interferenz-Refraktometer, Vautier 252. — Kameraobjektiv f. Spektrographen, Hartmann 267. — Spektroskop m. Autokollimation, Fabry, Jobin 278. — App. f. Ausdehnungsbestimmgn. nach d. Fizeauschen Methode bei d. Temperatur d. flüss. Luft, Scheel, Reichsanstalt 285. — Kadmiummalgamlampe aus Quarz, Lummer, Gelreke, Reichsanstalt 296. — Diastoloskop, ein neuer opt. App., mit dem man sehr starke Vergrößergn. erhalt. u. sehr kleine Verschiebg. leuchtender Objekte messen kann, Chabrie 304. — Rotierender Sektor, dessen Winkel während d. Rotation verändert u. abgelesen werden kann, Brodhun, Reichsanstalt 313. — Photogrammetr. Stereokopapp., Schell 333. — Mikrophotograph. Einrichtg. f. ultraviolettes Licht, Köhler, v. Rohr, Zeiß 341. — Lichtstarker Spektrophotograph, Lehmann, Steinheil 365. — Spektropolarisator m. dreif. Gesichtsfeld, Brace 366. — Mikroskopmodell u. Planimeter-Okular, Hirschwald, Fuëß 367. Orlich, E., Opt. Methode d. Strommessg. 65. — Saitenunterbrecher 126.

Pantographen s. Zeichenapparate.

Pearson, K., Instr. z. Zeichnen v.

Parabeln **365**.

Pellin, Ph., Polarisationsapp. u.

Saccharimeter **181**.

Pendel: Studien u. Messgn. an einem

Dreipendelapp., Rosén **219**. — Rel-

ative Schwermessgn.: II. Messgn. auf

10 Stationen d. Pariser Parallel;

III. Messgn. auf d. Linie Ulm-

Freudenstadt **330**.

Perot, A., s. Fabry.

Petzold, M., Referat üb. „H. Schöne,

Das Visierinstr. d. römischen Feld-

messer“ **150**.

Photographie: Kamera z. stereoskop.

Abbildg. mikroskop. u. makroskop.

Objekte, Leiß, Faß **61**. — Gesch-

windigkeitsmessgn. an Moment-

verschlüssen, Lehmann, Steinheil

74. — Photograph. Spektrophoto-

metrie, Camichel **91**. — Nutzbarmach-

ung d. Stereo-Komparators f. d.

monokularen Gebrauch u. ein hier-

für bestimmtes monokulares Ver-

gleichs-Mikroskop, Pulfrich, Zeiß

161. — Photogrammetr. Fokomet-

er f. d. mikroskop. Optik, Legros

183. — Justierg. u. Benutzg. d.

photogrammetr. Wolkenautomaten,

Spring **206**. — Chronographie

schneller Vorgänge m. elektr. Fun-

ken, Bull **253**. — Kameraobjektiv

f. Spektrographen, Hartmann **257**.

— Lowell-Spektrograph, Slipher

298. — Spektroheliograph d. Pots-

damer Observatoriums, Kempf **317**.

— Photogrammetr. Stereoskopapp.,

Sehell **333**. — Mikrophotografie.

Einrichtg. f. ultraviolett Licht,

Köhler, v. Rohr, Zeiß **341**. — Licht-

starker Spektrograph, Lehmann,

Steinheil **358**.

Photometrie: Einfluß d. Beugg. auf

d. Verschwinden d. Trennungslinie

im Gesichtsfelde photometr. Ver-

gleichsvorrichtgn., Brodhun, Schön-

rock, Reichsanstalt **70**. — Photo-

graph. Spektrophotometrie, Cami-

ichel **91**. — Photometrie v. elektr.

Leuchten, Fleming **91**. — Registrier-

vorrichtg. z. Zollnischen Photome-

ter, Clemens **129**. — Verbesserung

des in dieser Zeitschr. **18**, S. **12**

1858 beschrieb. Spektrophotometers

m. Lummer-Brodhunschem Prismen-

paar, Krüß **201**. — Flimmerpho-

tometer u. Messg. verschiedenfarb.

Lichtes, Krüß **250**. — Flimmer-

photometer, Simmance, Abady **250**.

— Verbesserte Form d. Zinkkugel-

photometers zur Bestimmg. d. ultra-

violetten Sonnenstrahlg., Elster,

Geitel **280**. — Rotierender Sektor,

dessen Winkel während d. Rotation

verändert u. abgelesen werden kann,

Brodhun, Reichsanstalt **313**.

Platinthermometer s. Thermo-

metrie.

Poincaré, H., Theorie d. Wage v.

Cremieu **363**.

Polarisation: Polarisationsapp. u.

Saccharimeter, Pellin **181**. — Spek-

troradioskop m. dreiteil. Gesichtsfeld,

Brace **366**.

Prismen: Kimmprisma, Teichgräber,

Koß **218**.

Pulfrich, C., Anwendg. d. Stereo-

Komparators f. d. Zwecke d. topog-

raph. Punktbestimmg. **53**. — Nutzbarmach-

ung d. Stereo-Komparators f. d. monokularen

Gebrauch u. ein hierfür bestimmtes monokulares

Vergleichs-Mikroskop **161**. — App.

z. Messg. d. Kimmtiefe **225**.

Puller, E., Beschreibg. e. neuen

Tachymeterschiebers **326**.

Pyrometer: Registrier. Pyrometer,

Siemens & Halske A.-G. **350**.

Quecksilberbogenlampen u.

s. Lampen.

Quecksilberluftpumpen s. Luft-

pumpen.

Radioaktivität s. Elektrizität.

Rechenapparate: Methode z. meehan.

Auswertg. d. hyperbolisch-trigono-

metr. Funktionen, Blakesley **151**.

— Integraph Abdank-Abakanowicz,

Lossier, Coradi **213**. — Vor-

richtg. z. Ermittlg. v. Koordinaten,

Reinhardt **244**. — App. z. Bestimmg.

d. Flächeninhalts, stat. Moments,

Trägheitsmoments u. beliebiger an-

derer Momente krummlinig be-

grenzter ebener Figuren, Schmökel

245. — Beschreibg. e. neuen Tachy-

meterschiebers, Puller **326**.

Refraktometer s. Optik.

Refraktoren s. Astronomie.

Reichsanstalt, Physikalisch-Technische:

Erhöhg. d. kalorimetr. Meß-

genauigkeit durch Anwendg. v. Pla-

tinthermometern, Jaeger, v. Stein-

wehr **28**. — Herstellg. u. Gebrauch

d. Pentaanthermometer, Rothe **47**.

— Platinthermometer, Rothe **52**. —

Opt. Methode d. Strommessg., Or-

lich **65**. — Einfluß d. Beugung auf

d. Verschwinden d. Trennungslinie

im Gesichtsfelde photometr. Ver-

gleichsvorrichtgn., Brodhun, Schön-

rock **70**. — Saitenunterbrecher, Or-

lich **126**. — Tätigkeit d. Phys.-

Techn. Reichsanstalt im Jahre 1903

183, 167. — Tragbares Torsions-

magnetometer, Kohlrausch, Holborn

224. — Ausdehng. d. Wassers in

Temperaturen zwischen 50° u. 100°

Thesen **276**. — App. f. Ausdeh-

nungsbestimmgn. nach d. Fizeaus-

chen Methode bei d. Temperatur

d. flüssigen Luft, Scheel **285**. —

Kadmiummalgamlampe ans Quarz,

Lummer, Gehekre **296**. — Rotie-

render Sektor, dessen Winkel wäh-

rend d. Rotation verändert und ab-

gelesen werden kann, Brodhun **313**.

Reinhardt, L., Vorrichtg. z. Er-

mittlg. v. Koordinaten **244**.

Richardz, F., s. Heuler.

Ritchey, G. W., Methoden z. Prüf-

opt. Spiegel während ihrer Her-

stellg. **221**.

v. Rohr, M., (s. a. Köhler) Theorie d.

opt. Instr. **158**.

Rompf, W., Untersuchg. e. Latten-

reiters **328**.

Rosén, K. D. P., Studien u. Messgn.

an einem Dreipendelapp. **219**.

Rosenthal, E., Elastische Nach-

wirkg. b. Aneroid-Barographen **124**.

Rothe, R., Herstellg. u. Gebrauch

d. Pentaanthermometer **47**.

Saccharimeter s. Polarisation.

v. Sahmen, R., u. G. Tammann,

Auffinden v. Umwandlungspunkten

m. einem selbstregistrier. Dilato-

graphen **129**.

Saitenunterbrecher s. Elektri-

zität.

Scheel, K., App. f. Ausdehnungs-

bestimmgn. nach d. Fizeauschen Me-

thode bei d. Temp. d. flüss. Luft **285**.

Schell, A., Bestimmg. d. opt. Kon-

stanten eines zentrierten sphäris-

chen Systems m. d. Präzisions-

fokometer **182**. — Photogrammetr.

Stereoskopapp. **333**.

Schmidt, W., Gestalt d. Groma der

römischen Feldmesser **150**.

Schöne, H., Heronische Vermes-

sungsinstr. **81**.

Schönrock, O., s. Brodhun.

Schou, C. V., u. P. Bergsøe, Queck-

silberluftpumpe m. autom. Steuerg.

117.

Schulze, B., Das militär. Aufneh-

men, mit besond. Berücksichtg.

d. Arbeiten d. K. Preuß. Landes-

aufnahme u. s. w. **282**.

Schwere u. Schwermessungen:

Untersuchg. der bei d. Bestimmg.

d. Gravitationskonstante in Span-

daue benutzten Materialien, Haupt,

Take **185**. — Studien u. Messg. an

einem Dreipendelapp., Rosén **219**.

— Bemerkg. üb. d. Schwerekor-

rektoren bei den barometr. Höhen-

messg., Hann **275**. — Relative

Schwermessgn.: II. Messgn. auf

10 Stationen d. Pariser Parallel;

III. Messgn. auf d. Linie Ulm-Fre-

udenstadt **330**.

Selsmometrie: Methodik d. seismo-

metr. Beobachtgn., Fürst Galitzin

300.

Selbstinduktionsnormale

s. Elektrizität.

Siedentopf, H., Quecksilberbogen-

lampe **22**. — Bemerkg. dazu, Gum-

lich **120**. — Erwidrig., Siedentopf

121.

Siemens & Halske A.-G., Re-

gistrier. Pyrometer **350**.

Simmance u. Abady, Flimmer-

photometer **240**.

Slipher, V. M., Lowell-Spektrograph

295.

Smith, A., Bestimmg. d. Schmelz-

wärme d. Eises **86**.

Sonnenstrahlung s. Aktinometrie.

Spektralanalyse: Quecksilberbogen-

lampe, Siedentopf, Zeiß **22**. —

Bemerkg. dazu, Gumlich **120**. — Er-

- widrig., Siedentopf **121**. — Photograph. Spektrophotometrie, Camichel **91**. — Absolute Messg. v. Wellenlängen im Sonnen- u. Eisen-spektrum, Fabry, Perot **125**. — Lichtstark. Universal-Spektralapp., Lehmann, Steinheil **131**. — Verbesserung, des in *dieser Zeitschr.* **19**. **S. 13**. 1898 beschrieben. Spektrophotometers m. Lummer-Brodhunschem Prismenpaar, Krüß **201**. — Großer Quarzspektrograph, Lehmann, Steinheil **230**. — Kameraobjektiv f. Spektrographen, Hartmann **257**. — Spektroskop m. Autokollimation, Fabry, Jobin **278**. — Kadmiumamalgamlampe aus Quarz, Lummer, Gebrücke, Reichsanstalt **296**. — Lowell-Spektrograph, Slipher **298**. — Spektrologiograph d. Potsdamer Observatoriums, Kempf **317**. — Lichtstarker Spektrograph, Lehmann, Steinheil **358**. — Spektropolariskop m. dreiteil. Gesichtsfeld, Brace **366**.
- Spezifisches Gewicht:** Beziehung zwischen der Dichte u. dem Brechungsverhältnis d. Luft, Gale **88**.
- Spiegel:** Methoden d. Prüf. opt. Spiegel während ihrer Herstellg., Ritchey **221**.
- Sprung, A., Justierg. u. Benutzg. d. Photogrammetr. Wolkenautomaten** **206**.
- Stach, E., Mitwindbestimmg. bei Anemometer-Prüfng.** **220**.
- Stanley, W. F., Engl. Nivellierinstr.** **60**.
- Starck, W., s. Heuser.**
- Steinheil Söhne, C. A., Geschwindigkeitsmessgn. an Momentverschlüssen,** Lehmann **74**. — Lichtstarker Universal-Spektralapp., Lehmann **131**. — Großer Quarzspektrograph, Lehmann **230**. — Lichtstarker Spektrograph, Lehmann **358**.
- Steinmetz, Ch. P., Theoret. Grundlagen d. Starkstrom-Technik** **371**.
- v. Steinwehr, H., s. Jaeger.**
- Stereoskopie s. Optik.**
- Sternwarten s. Astronomie.**
- Strehl, K., Zonen u. Leistg. d. Refraktoren** **322**.
- Stückrath, P., Kurzarzige Wage** **154**.
- Strommesser s. Elektrizität.**
- Tachymeter s. Geodäsie.**
- Take, E., s. Haupt.**
- Tammann, G., s. v. Sahren.**
- Teichgräber, F., n. K. Koß, Kimmprisma** **218**.
- Temperatur - Regulatoren:** Elektr. Thermostat, Darwin **249**. — Regulier- u. Registrier-Thermometer, Allen **332**.
- Teodorpf, L., Hauptkatalog** **309**.
- Theodolite s. Geodäsie.**
- Thermometrie:** Erhöhg. d. kalorimetr. Meßgenauigkeit durch Anwendung v. Platinthermometern, Jaeger, v. Steinwehr, Reichsanstalt **28**. — Herstellg. u. Gebrauch d. Pentanthermometer, Rothe, Reichsanstalt **47**. — Platinthermometer, Rothe, Reichsanstalt **52**. — Platinthermometer, Barnes, McIntosh **85**. — Kompensator f. thermoelekt. Messgn., Harker **184**. — Tiefseemikrothermometer, Grünzacher, Reichsanstalt **263**. — Regulier- u. Registrier-Thermometer, Allen **332**. — Registrier. Pyrometer, Siemens & Halske A.-G. **350**.
- Thermostaten s. Temperatur-Regulatoren.**
- Thiesen, M., Ausdehn. des Wassers in Temperaturen zwischen 60° und 100°** **276**.
- Tichy, A., Opt. Längenmessg. einer Triangulierungsbasis** **84**. — Notiz dazu **128**.
- Toepfer, O., & Sohn, Einrichtg. zum Schutz n. zur schnellen u. bequemen Auswechsl. v. Fäden (Drähten) f. Instrumente jeder Art mit Fadenaufhäng.** **268**.
- Toepler, M., Beobachtgn. v. kurz dauernden Luftdruckschwängn. (Windwogen)** **85**.
- Trowbridge, A., Methode z. Bestimmg. d. Koeffizienten der gegenseitigen Induktion** **223**.
- Uhren: Längenbestimmg. durch Zeitübertrag., Ditsheim** **359**.
- Unterbrecher s. Elektrizität.**
- Variometer s. Magnetismus.**
- Vautier, Th., Reflexions-Interferenz-Refraktometer** **262**.
- Voltmeter s. Elektrizität.**
- Wagen und Wägungen:** Versuche m. d. Salvionischen Mikrowage, Giesen **153**. — Kurzarzige Wage, Stückrath **154**. — Neue Form d. Wage, Crémieu **363**. — Theorie dieser Wage, Poincaré **363**.
- Wärme:** I. Theorie: Erhöhg. d. kalorimetr. Meßgenauigkeit durch Anwendung v. Platinthermometern, Jaeger, v. Steinwehr, Reichsanstalt **28**. — Bestimmg. d. Schmelzwärme d. Eises, Smith **86**. — Gasabsorption durch Holzkohle bei tief. Temperatur, Dewar **364**. — Trenng. d. flüchtigsten Gase v. d. Luft ohne Verflüssig., Dewar **365**. — II. Apparate: Herstellg. u. Gebrauch d. Pentanthermometer, Rothe, Reichsanstalt **47**. — Platinthermometer, Rothe, Reichsanstalt **52**. — Kompensator f. thermoelekt. Messgn., Harker **184**.
- Wasser:** Bestimmg. d. Schmelzwärme d. Eises, Smith **86**. — Ausdehn. d. Wassers in Temperaturen zw. 50° u. 100°, Thiesen, Reichsanstalt **276**.
- Wasserstandsanzeiger (Flutmesser, Pegel): Seehöheforschgn. am Chiemsee, Endrös** **180**.
- Wats on, W., Quarzfäden-Vertikalintensitäts-Variometer** **302**.
- Widerstände s. Elektrizität.**
- Wolf, C., Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793** **188**.
- Wolkenautomaten s. Meteorologie.**
- Zelchenapparate:** Der Integrator Abdanck-Abakanowicz, Lossier, Coradi **213**. — Gestell f. Pantographen, Coradi **214**. — Zwei neue Quadrat- u. Liniennetzzeichner, Köller **328**. — Universalartierungsinstr., Gbers **329**. — Instr. z. Zeichnen v. Parabeln, Pearson **359**. — Instr. z. Zeichnen v. Kegelschnitten, Cotter **359**.
- Zeiß, C., Quecksilberbogenlampe, Siedentopf** **22**. — Bemerkg. dazu, Gumlich **120**. — Erwidrig., Siedentopf **121**. — Anwendg. d. Stereokomparators f. d. Zwecke d. topograph. Punktbestimmg., Pulfrich **153**. — Theorie d. opt. Instrumente **158**. — Nutzbarmachg. d. Stereokomparators f. d. monokularen Gebrauch u. ein hierfür bestimmtes monokulares Vergleichs-Mikroskop, Pulfrich **161**. — App. z. Messg. d. Kimmtiefe, Pulfrich **225**. — Mikro-photograph. Einrichtg. f. ultraviolettes Licht, Köhler, v. Rohr **341**.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, Fr. Arzberger in Wien, S. Czapski in Jena, W. Foerster in Berlin, R. Fuess in Berlin,
E. Hammer in Stuttgart, H. Kronecker in Bern, H. Krüss in Hamburg, H. Landolt in Berlin, V. v. Lang
in Wien, S. v. Merz in München, G. Neumayer in Neustadt a. H., A. Raps in Berlin, J. A. Repsold
in Hamburg, A. Rueprecht in Wien, A. Westphal in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeek in Charlottenburg-Berlin.

Vierundzwanzigster Jahrgang.

1904.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

A. Köhler und M. von Rohr, Eine mikrographische Einrichtung für ultraviolette Licht S. 341. — Siemens
& Halske A.-G., Über ein registrierendes Pyrometer S. 350. — H. Lehmann, Über einen lichtstarken Spektrographen S. 358. —
Rappaport, Längenbestimmung durch Zellübertragung S. 359. — Über ein neues Instrument zum Zeichnen von Parabeln. Instrument
zum Zeichnen von Kegelschnitten S. 359. — Das Nullpunktgelenk S. 361. — Proportionalmaßstäbe zur Konstruktion von Schleifen-
linien S. 369. — Zur Untersuchung eines nach Schulze konstruierten Lattenrelais S. 362. — Neue, gegen Unbrauchbarwerden
geschützte Dosenbelle S. 362. — Eine neue Form der Waage. Theorie dieser Waage S. 363. — Gasabsorption durch Hülzkohle bei
tiefer Temperatur S. 364. — Trennung der flüchtigsten Gase von der Luft ohne Verflüssigung S. 365. — Spektropolariskop mit drei-
teiligem Gesichtsfeld S. 366. — Neues Mikroskopmodell und Placometer-Okular S. 367. — Über eine Methode zur Messung von Relativ-
induktionskoeffizienten S. 369. — NEU ERSCHEINENDE BÜCHER: S. 369. — NAMEN- UND SACH-REGISTER: S. 373.

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1904.

Die „Zeitschrift für Instrumentenkunde“

erscheint in monatlichen Heften von etwa 4 Quartseiten (Hauptblatt) und einem Beiblatt (Deutsche Mechaniker-Zeitung) im Umfange von etwa 2 Bogen im Monat. — Preis des Jahrgangs M. 20.—.

Abonnements nehmen entgegen alle Buchhandlungen und Postanstalten des In- und Auslandes, sowie auch die Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin N., Mohrenplatz 3.

Redaktionelle Anfragen und Mitteilungen für das Hauptblatt wolle man an den Redakteur, Prof. Dr. St. Lindbeck, Charlottenburg-Berlin, Goethe-Str. 77 B, richten.

nimmt Inserate gewerkschaft und *Unternehmens* Inhalts, Stellungnahme und *Agenda* etc. an und sichert denselben die wirksamste und preismäßigste Vertheilung.

Bei 1 3 6 12 mal *Insertion* kostet die einmal gespaltene Petitzeile 60 45 40 30 Pf.

Inserate werden von der Verlagsbuchhandlung sowie von den Annoncen-Expeditoren angenommen.

Beilagen werden nach einer mit der Verlagsbuchhandlung zu treffenden Vereinbarung geliefert.

Genauigkeit der Kreisstellungen: 0,3 0,4 Sec. (mittlerer Teilungsfehler).

Gegründet
1876.

Hermann Wanschaff Wissenschaftliche Instrumente. Berlin S.O., Elisabeth-Ufer 1.

Gegründet
1876.

Instrumente für die Tropen (ohne Staub)

Insbesondere: **Sämtliche Instrumente, welche genauester Kreis- und Längenteilungen bedürfen**, als **Refraktoren** (Schweden), **Meridian-Kreise** (Eidgen. Sternwarte, Zürich), **Passage-Instrumente, Univ.-Instrum., Mikr. Theodolite** für Triangulationen etc. (Königl. Preuß. Landesaufnahme, Reg. v. Dänemark, Niederland, Belgien, Rußland, Schweden, Amerika), **Spiegelprismen-Kreise, Excentricitätsfreie Sextanten** (Kaiserl. Deutsche, Kaiserl. Russ. Marine etc.), **Spektrometer** erster Ordnung (Phys.-Techn. Reichsanstalt, mehrere Priv.), **Goniometer, Photometer** (Kgl. Geod. Institut Potsdam), **Zenithteleskope** (Kgl. Geod. Institut, Intern. Erdmessung, Potsdam, Sternwarten in: Italien, Japan, Niederland, Rußland, Amerika) **Magnet. Theodolite u. Registrier-Apparate** jeder Art (Magn. Observat. Potsdam, viele Bergwerks-Observat.), **Längentellmaschinen** u. a. m.

Ausrüstungen für Expeditionen.

Illustrirte Kataloge in Deutsch, Englisch, Französisch gratis und frank

Neu-Konstruktionen jeder Art.

*

Paris 1900: Großer Preis, Goldene Medaille; Melbourne, Chicago.

[1795]

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Die Steuerungen der Dampfmaschinen.

Von

Carl Leist.

Professor an der Kgl. Technischen Hochschule in Berlin

Zweite, sehr vermehrte und umgearbeitete Auflage,

welcher als fünfte Auflage des gleichnamigen Werkes von Emil Blahnke

in Leinwand gebunden Preis M. 20.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Gesuch. Dr. Physiker, mit mehreren Jahren Assistent eines wissenschaftlichen Instituts, sucht dauernde Stellung in einer größeren Fabrik für wissenschaftliche Instrumente, Angebote unter J. K. 1873 durch die Exp. d. Ztschr. [1873]

Spektral-Apparate

zur quantitativen und qualitativen Analyse mit symmetrischen Spalten [1727]

Optisches Institut von
A. Krüss, Hamburg.

Flacons, Büchsen, Hülzen, Kapseln etc.

Parfums, Pulver und sonstige chemische oder medicinische Präparate, Thermometer, Hygrometer etc.

Messing, Stahl, Kupfer, Aluminium, Zinnblech, Messing, Eisenblech, Gold, Silber, Nickel, Platin, Zinn, Zinnblech

FRITZ NEUMEYER

Stanz & Bohrmaschinen — Glanzschleif 29

NÜRNBERG

[1799]

Wetzlarer Optische Werke M. Hensoldt & Söhne Wetzlar.

Fernrohr-Objektive jeder Größe und Brennweite
Okulare jeder Konstruktion [1730]
Prismen
Glastellungen aller Art
Hensoldt's Schätzmikroskope
Winkelprismen 45°, 90°, 180°

Anführliche Kataloge, wie auch solche über *Prismenfernrohre* kostenlos!

Cl. Riefler

Fabrik mathematischer Instrumente
Nesselwang und München.

Präzisions-Reißzeuge, [1796]
Astronomische Uhren,
Nickelstahl-, Kompensations-Pendel.
Paris 1900 Grand Prix.
— Illustrierte Preisliste gratis.

DIA mantel 2. Teilen,
Sägen, Glas-
schleifmaschinen, Abdrücken
v. Schmirgel etc.



**Ernst Winter
& Sohn**
Hamburg-El.
Kögr. 1847

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Verlag's Vertriebs:

Lebendige Kräfte.

Sieben Vorträge aus dem Gebiete der Technik
von
Max Enth.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen.

Preis M. 4. —; in Leinwand gebunden M. 5. —

Inhalt: Poesie und Technik. — Das Wasser im alten und neuen Ägypten. — Die Entkolonisation des landwirtschaftlichen Maschinenwesens in Deutschland, England und Amerika. — Mathematik und Naturwissenschaft der Cheops-Pyramide. — Eisenbahnschlucht und Landwirtschaft. — Ein Pharaon im Jahrhundert des Dampfes. — Zur Philosophie des Erfindens.

—*

Der bekannte Verfasser entspricht mit der Herausgabe des obigen Buches, das eben in kürzester Zeit von ihm gebaltene Vorträge enthält, zahlreichen Wünschen aus seinem großen Verehrerfreis. Was diese Vorträge mit einander verbindet ist, daß sie aus dem praktischen Leben hervorgegangen sind, und Bestrebungen, Arbeiten und Werke schildern, bei denen Enth zumeist persönlich beteiligt war. Nicht mit Unrecht hat er ihnen den Titel „Lebendige Kräfte“ gegeben, denn jeder der Vorträge schildert Verhältnisse, die dem Leben der Gegenwart in irgend welcher Richtung seine Kern- und Gestalt gegeben haben und noch geben, dem Ingenieur die hohe Bedeutung seines Berufes nahe legen, den Rüstschlüssel in allgütiger verständlicher Form auf Gebiete führend, von denen in unsern Tagen ein gewaltiger Strom von Energie und Kraft ausgeht.

Das Buch wird eine willkommene Gabe auf dem Weihnachtstisch sein.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Carl Zeiss

Optische Werkstaette

Jena.



2007

Neukonstruktionen
der astronomischen Abteilung:

Komplett montierte Fernrohre jeder Größe. Spezialkonstruktion für astrophotographische Zwecke.

Spiegelteleskope mit großem Öffnungsverhältnis f. Himmelsphotographie.

Sternwarkuppeln.

Ferner:

Zwei- und dreiteilige apochromatische Fernrohrobjektive ohne sekundäres Spektrum.

Kurz Brennweite Lichtstarke Objektive mit großem Öffnungsverhältnis und

Objektive u. ultraviolett durchlässige Gläsern z. Himmelsphotographie.

Außerdem:

Objektivprismen aus gewöhnlichen und ultraviolett durchlässigen Gläsern.

Astro-Spektroskope und Spektrographen.

Protuberanzspektroskope neuester Konstruktion.

Hilfsapparate zur Beobachtung u. Photographie der Sonne und des Mondes.

Man verlange Katalog No. 104.

[1743]

Richard Müller-Uri, Braunschweig. Vorlesungs- u. Laboratoriums-Apparate für chem. u. physik. Institute.

Glastechnische Präzisions-Arbeiten. ★ Wellenmessung Paris 1900, Silberne Medaille.
Braun'sche Röhren, extragroß, mit Netzteilug. — „Compendium“ Geissler-Röhrenserie. — Vakuumröhren nach Franke, Goldstein, Lecher, Lenard, Paluj, Röntgen etc. — Original-Vakuum-Skala nach Chas. R. Cross. — Quecksilber-Bogenlampen nach Arons, Fabry Perot, Günsch. — Graduierte vierwandige Gefäße für flüssige Luft. — Stromdemonstrations-Apparat nach Müller und Schmidt. — Tesla-Apparate modifiziert. — Mac Farlan-Moores-Vibrator-Apparat. — Elektroskope und Luftelektrische Apparate nach Ezer. — Trockensäulen. — Thermometer für Extrem-Temperaturen (+ 530° C. bezw. — 200° C.). — Projektions-Thermometer in flachen Mänteln. — Kanalstrahlen-Röhren etc. etc. — Neue Spektralröhren D. R. G. M. — Präzisions-Vakuometer zur Quecksilber-Luftpumpe, neues Modell.

[1731]

Max Cochius, Berlin S. 42, Alexandrinenstr. 35

ohne Lötnaht

Gezogene Röhren

ohne Lötnaht

aus Messing, Tombak, Kupfer, Neusilber, Aluminium etc. bis 400 mm ϕ mit beliebigen Wandstärken.

Präzisionsrohre

für Mechanik und Optik.

• Metall-Bleche und -Drähte. •

Schlagelote.



Profile

[1860]

verschiedenster Façons.

Eisenrohr mit Messingüberzug.

Winkel-, Flach-, Rundmessing.

KEISER & SCHMIDT, Berlin N., Johannisstr. 20.

Präzisions-Volt- und Ampèremeter, D. R. P.

Komb. Volt- und Ampèremeter D. R. P. .. Präzisions-Schalttafelinstrumente

Kondensatoren .. Funkeninduktoren .. Zündmaschinen

Pyrometer nach Le Chatelier zum Messen von Temperaturen bis 1600° Cels. mit horizontaler oder vertikaler Skala

Rubensche Thermosäule .. Galvanische Elemente

Telephon- und Telegraphen-Apparate .. Trocken-Elemente

[1727]

Preisverzeichnisse kostenfrei.

Hierzu eine Beilage von Siemens & Halske A.-G. in Berlin S.W.

BOUND IN LIBRARY,
SEP 22 1905

UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 03551 5082



