

# Elektrotechnische Rundschau.

## Zeitschrift

für

angewandte Elektrizitätslehre.

Herausgegeben

von

Postrat C. Grawinkel und Professor Dr. G. Krebs  
in Frankfurt (Main).

IV. Jahrgang.

Heft 9.

September 1887.

### I N H A L T.

Die Theorie der Dynamomaschinen nach Hopkinson.  
Von Dr. V. Wietlisbach in Bern.

Ein neues astatiches und aperiodisches Verticalgalvano-  
meter von großer Empfindlichkeit. Von Dr. W. A.  
Nippoldt.

Die Fabrikation der Glühlampe. Von R. Scharf-  
hausen. (Fortsetzung.)

Zur Theorie der Wheatstone'schen Brückenkombination.  
Neue Bücher und Flugschriften.

Bücherbesprechungen:

Hartmann & Braun, Bockenheim-Frankfurt a. M., Ver-  
zeichnis über wissenschaftliche Instrumente, besonders für  
elektrische und magnetische Messungen.

Patentanmeldungen.

Halle a. S.

Druck und Verlag von Wilhelm Knapp.

1887.

Redaktionschluss: 31. August.



Verlag von **Wilhelm Knapp** in Halle a. S.

Soeben erschien:

Der Bau, Betrieb und die Reparaturen  
der  
**Elektrischen Beleuchtungsanlagen.**

Ein Leitfaden

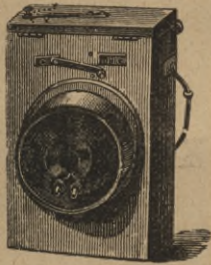
für

**Monteure, Werkmeister, Elektrotechniker etc.**

Herausgegeben von

**F. Grünwald, Ingenieur.**

Mit 175 Holzschnitten. Preis 3 Mk.



**Elektrotechn. Neuheiten.**

Ia. **Taschen-  
Doppelakkumulatoren.**

**Gustav Ravené,  
Hamburg.**

(133)

Ein gewandter

**Elektrotechniker,**

besonders für Beleuchtungsanlagen vor-  
gebildet, sucht passendes Engagement. Dies-  
bezügl. Off. sub J. S. 5461. befördert Rudolf  
Mosse, Berlin S.W. (140)

Ein tüchtiger erfahrener **Meister**  
für die **Umspinnung** von elektr.  
**Leitungsdrähten** gesucht. Offerten  
mit Lebenslauf, Zeugniscopien und Angabe  
der Ansprüche sub P. 5111. befördert Rud.  
Mosse, Cöln. (139)

Adressen von  
Galvanoplastiker, Elektrotechniker, Tele-  
graphen- und Blitzableiterbauern  
liefert komplet (124)  
Adressen-Bureau Karl Klaus, K 51n Rh. a.

**Electr.-med:**

Apparate und Instrumente für Galvan.-Farad.- u. Franklinisation,  
Elektrolyse, Galvanokaustik u. elektr. Beleuchtg von Körperhöhlen.  
Reiniger, Gebbert & Schall, Universitäts-Mechaniker, Erlangen i/B.  
Reich illustr. Preisverzeichn. — Vertreter i. In & Auslande — 3. Schlossplatz 3.

(105)

**J. B. Grief, Wien I.**

Genera-Vertreter der Fabriken:

**Lazare Weiller & Co., Angoulême**

**Patent-Silicium-Kupfer-, Bronze-Draht  
und Guss.**

(116)

Société Générale des Téléphones.

**Kabel-Fabriken** ehemals „Rattier“, Paris.

Guttapercha- und Kautschuk-Waren für techn. Zwecke.

**Wer?**

fabrikirt kristallisirtes Selen zur Leitung  
von Elektrizität. Offerte beliebe man an

**Erick Cederberg,**

1/7 trupp wenster öfoer garden.  
Stockholm (Schweden). (138)

**Berghausen's  
Polsucher**

(zum Patent angemeldet).

Indicator zum Aufsuchen des positiven  
und negativen Poles einer vorhandenen  
Leitung (30 000 Ohm Widerstand), kleines  
Taschenformat, daher leicht mitzunehmen.  
Unentbehrlich für jeden Elektrotechniker,  
Telegraphen-Inspektor, Monteur etc.,  
markirt sofort sicher und weit zuverlässiger  
wie das Galvanometer, besonders direkt  
bei Dynamo-Maschinen und langen Lei-  
tungen. Elegante Ausstattung.

Preis Mk. 10. (137)

Wiederverkäufer erhalten Rabatt.

**August Berghausen, Elberfeld.**

**Technikum** Fachschulen für:  
**Hildburghausen.** Maschinentechniker  
Baugewerksmeister  
Hon. 75 Mk. Voruntr. fr. Bahnmeister etc.  
Prg. gr. Rathke, Dir.



## Die Theorie der Dynamomaschinen nach Hopkinson.

Von Dr. V. Wietlisbach in Bern

Im Maiheft dieser Zeitschrift berichtete Herr Professor Krebs über G. Kapp's Formel für die Vorausbestimmung der Charakteristik bei Dynamomaschinen. Wie aus diesem Bericht hervorgeht, sind doch bei dieser Vorausbestimmung verschiedene Gröfsen bei jeder einzelnen Maschine experimentell zu bestimmen, so namentlich der magnetische Widerstand des umgebenden Mittels. Dann wird eine Hypothese über den Sättigungsgrad mit zunehmender Magnetisirung gemacht, welche nicht für alle Maschinen zutreffen wird. Auf eine ähnliche Weise hat auch Hopkinson die Theorie der Dynamomaschine behandelt. Auch hier handelt es sich nicht eigentlich um eine Vorausbestimmung der Charakteristik ohne Versuche.

Hopkinson zerlegt den Vorgang bei der Thätigkeit der Maschine in einzelne Teile, in die Erregung der Schenkel, die Selbstinduktion des Ankers und die Zerstreung der magnetischen Kraftlinien. Die einzelnen Teile werden jeder für sich untersucht, und dann das Resultat ihres Zusammenwirkens bestimmt. Auch hier müssen durch den Versuch an der Maschine selbst verschiedene Koeffizienten bestimmt werden; aber die Methode von Hopkinson hat den großen Vorteil, daß sie den Einfluß der einzelnen Teile kennen lehrt, und dadurch zugleich als Wegleitung dienen kann, wie etwa eine Maschine zu verbessern ist. Sie hat daher hauptsächlich für den Maschinenbauer Bedeutung; wenn aber eine fertige Maschine vorliegt, und es sich bloß um die technische Verwertung derselben handelt, so wird die Theorie von Fröhlich immer die vorteilhafteste und einfachste sein, und ihre Genauigkeit reicht jedenfalls für die technische Anwendung aus, wenn sie auch, wie ja Herr Fröhlich selbst immer betont, theoretisch nicht vollständig genau ist. Die Gröfse, welche aus der Konstruktion der Dynamomaschinen bestimmt werden muß, ist die Intensität des magnetischen Feldes, in welchem der Anker rotirt. Kennen wir diese, und bezeichnen wir sie mit  $H$ , so kann daraus leicht die elektromotorische Kraft der Maschine berechnet werden. Bezeichnet  $n$  die Anzahl der Umdrehungen

in der Sekunde,  $z$  die Anzahl der Windungen auf dem Anker und  $F$  die von einer einzelnen Windung umspannte Fläche, so ist die elektromotorische Kraft  $E = H \cdot n \cdot z \cdot F$ .

Unsere Aufgabe besteht nun darin, die Abhängigkeit des magnetischen Feldes von den in den Schenkeln und im Anker vorhandenen Stromstärken zu untersuchen. Zuerst begnügen wir uns mit einer ganz rohen Annäherung; dann werden wir das Resultat immer mehr verbessern, bis wir zu einer für die Technik genügenden Genauigkeit gelangen werden. Zur Vereinfachung setzen wir erst voraus, daß kein Strom im Anker vorhanden sei und bestimmen das magnetische Feld, welches, durch den Strom im Schenkel allein hervorgerufen wird.

Ist  $i$  die Stromstärke der Schenkelwicklungen in Amp.,  $n$  die Anzahl der letzteren, so ist die magnetisirende Kraft  $4\pi \cdot n \cdot i$ . Wenn die Länge des Elektromagneten  $l$  cm beträgt, so ist die magnetisirende Kraft für die Längeneinheit  $\frac{2\pi i n}{l}$ . Der Zusammenhang zwischen der magnetisirenden Kraft und der Intensität des erregten Magnetismus oder der Anzahl der erzeugten magnetischen Kraftlinien wird durch eine Kurve dargestellt, deren Form von der Natur des Eisens abhängt, und welche durch Versuche bestimmt werden muß. Ist  $N$  die gesamte Anzahl der erregten Kraftlinien und  $f$  die Fläche des Querschnittes der Elektromagnete, so ist die Intensität des Magnetismus oder die Anzahl der Kraftlinien durch die Flächeneinheit  $[cm^2]$  gleich  $\frac{N}{f}$ , und wir können daher, wenn  $M$  die Magnetisirungsfunktion bezeichnet, den Zusammenhang zwischen der magnetisirenden Kraft und der Intensität des erregten Magnetismus in folgender Form schreiben:

$$4\pi i n = l \cdot M \left[ \frac{N}{f} \right].$$

Diese Gleichung gilt z. B. für einen Eisenring vom Umfange  $l$ , welcher ganz mit Draht bewickelt ist. Bei einer Dynamomaschine sind nun die Verhältnisse komplizirter. Da wird der magnetische Ring aus drei verschiedenen



Teilen zusammengesetzt, dem Schenkel, dem Anker und der dieselben trennenden Luftschicht, und alle diese Teile besitzen verschiedene Querschnitte und Längen, welche wir der Reihe nach bezeichnen, für den Anker mit  $l_1, f_1$ , für die doppelte Luftschicht mit  $l_2, f_2$  und für den Schenkel mit  $l_3, f_3$ .

Es sind dabei immer die  $f$  senkrecht zu der Richtung der Kraftlinien und die  $l$  parallel zu derselben, in der Richtung der magnetischen Kraft zu messen. Die obige Gleichung nimmt nun folgende Form an:

$$4\pi in = l_1 \cdot M \left( \frac{N}{f_1} \right) + l_2 \cdot M \left( \frac{N}{f_2} \right) + l_3 \cdot M \left( \frac{N}{f_3} \right).$$

Sind die Magnetisierungsfunktionen für das Schenkeleisen, das Ankereisen und die Luft bekannt, so kann mit Hilfe dieser Gleichung die Charakteristik der Dynamomaschine gezeichnet werden. Für die Luft ist die Magnetisierung proportional der magnetisierenden Kraft, also  $M = \frac{N}{f_2}$ . Hopkinson hat für seine Maschine,

welche in den Figuren 1 bis 3 dargestellt ist und eine modifizierte Edisonmaschine bildet, die Charakteristik berechnet und sie zugleich an der Maschine selbst gemessen. Im Diagramm, Figur 4, sind die Ergebnisse eingezeichnet. Es bezieht sich die Kurve A auf den Anker, und stellt die zusammengehörigen Werte  $y$  und  $N$  aus der Gleichung  $y l_1 = M \left( \frac{N}{f_1} \right)$

dar; die Kurve B bezieht sich auf den Zwischenraum zwischen Schenkel und Anker und bildet die gerade Linie  $y = l_2 \frac{N}{f_2}$ ; die Kurve C giebt

die vom Schenkel absorbierte magnetisierende Kraft. Aus dieser Darstellung ist sofort ersichtlich, wie vorteilhaft es ist, den eisenfreien Zwischenraum zwischen Anker und Schenkel möglichst klein zu machen, da durch ihn ein großer Teil der magnetisierenden Kraft absorbiert wird. Durch Addition der drei Kurven A, B und C erhält man die Kurve D, deren Abszissen die magnetisierende Kraft  $4\pi ni$  und deren Ordinaten die zugehörigen Intensitäten des magnetischen Feldes  $N$  im Anker sind. In der gleichen Figur sind auch die beobachteten Werte von magnetisierender Kraft und erzeugtem magnetischen Feldeingezeichnet, und zwar wurden die mit  $+$  bezeichneten Werte bei wachsendem Strome, die mit  $(-)$  bezeichneten Werte bei abnehmendem Strome gemessen. Es ist bekannt, daß dem Magnetismus eine gewisse Trägheit innewohnt, weshalb das beobachtete Feld bei abnehmendem

Strome sich immer etwas größer zeigt als bei wachsendem Strome. Die Kurve F soll nach Hopkinson die nach der Formel von Fröhlich\*)

$M = \frac{ai}{1+bi}$  berechnete Kurve darstellen.

Die berechnete und die beobachtete Kurve weichen von einander erheblich ab, namentlich steigt im Anfang die berechnete Kurve nicht rasch genug an, und geht schliesslich weit über den Sättigungspunkt hinaus. Diese Abweichung rührt von unserer Voraussetzung her, daß sämtliche Kraftlinien, welche im Schenkel erregt werden, auch den Anker durchsetzen.

Das ist nun nicht der Fall, sondern die im Schenkel erzeugten Kraftlinien zerstreuen sich in das umgebende Mittel, so daß nur ein Teil derselben im Anker zur Wirkung kommt. Um daher im letzteren den Magnetismus  $N$  zu erhalten, muß im Schenkel ein stärkerer Magnetismus erregt werden. Die Intensität des auftretenden Magnetismus ist daher kleiner, und zwar um so kleiner, je weiter die untersuchten Stücke von den Schenkeln weliegen. Bezeichnen wir den Zerstreungsfaktor, mit welchem  $N$ , der Magnetismus des Ankers, multipliziert werden muss, um die in den übrigen Theilen der Maschine wirklich vorhandenen Intensitäten zu erhalten, mit  $v$ , so würde also die berichtigte Gleichung folgendermaßen lauten:

$$4\pi in = l_1 M \left( \frac{N}{f_1} \right) + l_2 v_2 \frac{N}{f_2} + l_3 M \left( \frac{v_3 N}{f_3} \right) + l_4 M \left( \frac{v_4 N}{f_4} \right) + l_5 M \left( \frac{v_5 N}{f_5} \right).$$

Es sind dabei noch zwei weitere Glieder 4 und 5 angefügt worden; welche sich auf die Polschuhe und das Kopfstück der Elektromagnete beziehen, und welche beide von den Elektromagneten verschiedene Dimensionen haben. Es handelt sich nun darum, die Zerstreungsfaktoren  $v$  durch das Experiment zu bestimmen. Dieselben sind streng genommen nicht konstant, sondern von dem Sättigungsgrad abhängig. Bei der Messung derselben verfährt Hopkinson folgendermaßen: Um die Differenz der Kraftlinien im Schenkel und Anker zu bestimmen, wird eine Drahtwicklung um einen Elektromagnet herumgelegt, und mit einem nahezu aperiodischen Galvanometer verbunden. Wenn nun der Elektromagnet plötzlich erregt wird, so zeigt das Galvanometer einen Ausschlag,

\*) Vergleiche Fröhlich, zur Theorie der Dynamomaschinen im April- u. Mai-Heft d. E. T. Z., Berlin 1887



dessen Größe proportional dem erregten Magnetismus ist, abgesehen vom remanenten Magnetismus des Eisens. Derselbe Ausschlag aber nach entgegengesetzter Richtung zeigt sich,

meter führenden Drähte an aufeinanderfolgende Lamellen des Stromabgebers gelötet werden, und die Ebene der entsprechenden Wicklung senkrecht zur Richtung der Kraftlinien in die

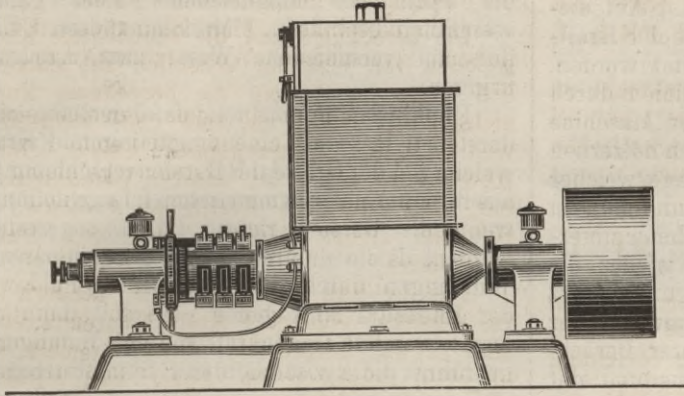


Fig. 1.

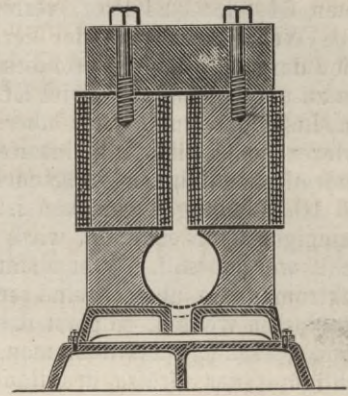


Fig. 2.

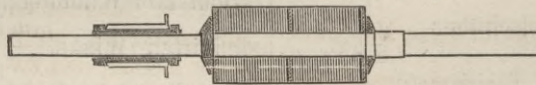


Fig. 3.

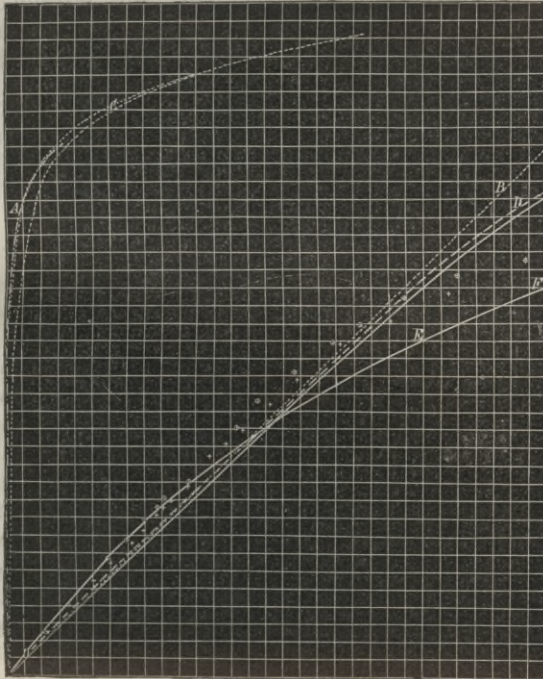


Fig. 4.

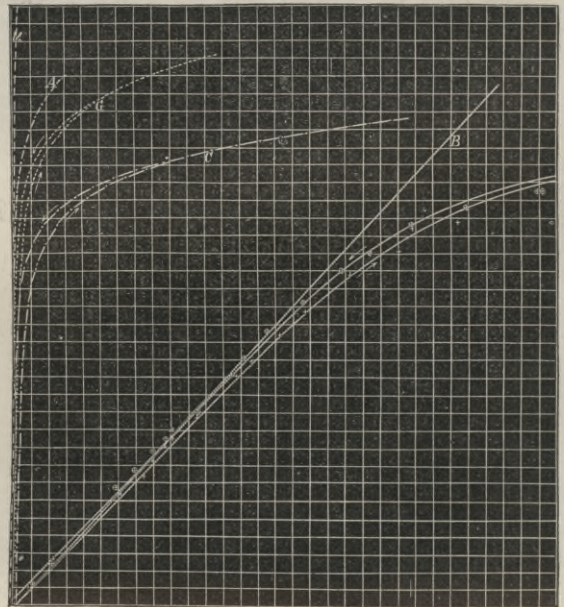


Fig. 5.

wenn der Elektromagnet kurz geschlossen, also stromlos gemacht wird.

Um dasselbe Experiment für den Anker zu wiederholen, kann eine Wicklung desselben selbst benützt werden, indem die zum Galvano-

Bürstenebene eingestellt wird, so daß alle erregten Kraftlinien die Wicklung kreuzen. An seiner Maschine erhielt Hopkinson beim ersten Experiment einen Ausschlag von 264 Teilstrichen, beim zweiten einen solchen von 200, so



dafs von 264 im Schenkel erregten Kraftlinien 200 durch den Anker gingen. Es ist also

$$v_3 = \frac{264}{200} = 1,32 \text{ und von den 264 Kraftlinien}$$

gehen 64, d. h. 24 Proz. verloren. Auf dieselbe Weise kann auch der Verlust der Kraftlinien durch die Bodenplatte bestimmt werden. Um zu untersuchen, wie viel Kraftlinien durch den Luftraum unter oder über der Maschine verloren gehen, bildet Hopkinson einen hölzernen quadratischen Rahmen von 38 cm Länge, welcher mit 10 Windungen versehen ist, und nun in denjenigen Raum gebracht wird, welcher untersucht werden soll. Wenn dann wieder die Elektromagnete abwechselnd erregt und kurz geschlossen werden, so giebt das Galvanometer einen Ausschlag, aus dem man unter Berücksichtigung der Gröfse des Rahmens und der Zahl der Windungen leicht den Verlust an Kraftlinien berechnen kann. Hopkinson findet:

Verlust von den zwei Polschuhen	
nach aufsen . . . . .	2,8 Proz.
durch die Axe und von einem	
Polschuh zum anderen aufser-	
halb des Ankers . . . . .	3,9 "
durch die Grundplatte . . . . .	10,3 "
in den Luftraum zwischen den	
Schenkeln . . . . .	7 "

Total: 24 Proz.

Berechnet man nun wieder die einzelnen Glieder der Gleichung und konstruirt die Kurven, so ergeben sich die in Figur 5 dargestellten Verhältnisse. Es beziehen sich die Kurven A auf den Anker, B auf die Luftschicht, C auf die Schenkel, G auf das Verbindungsstück der Schenkel und H auf die Polstücke. Die mit aufsteigenden Pfeilen versehenen Kurven gelten, wenn die Magnetisirung von kleinerer Intensität zu stärkerer ansteigt, die mit absteigenden Pfeilern versehenen, wenn der Magnetisierungsstrom abnimmt. Die Kurven D geben die Form der resultirenden Charakteristik und die eingezeichneten Punkte beobachtete Werte, und zwar die mit + bezeichneten bei wachsendem, die mit (+) bezeichneten bei abnehmendem Strome. Die Übereinstimmung ist nun eine bedeutend bessere.

Sollte die Charakteristik einen anormalen Verlauf zeigen, so ist es ein leichtes, durch Veränderung des einen oder anderen Theiles der Maschine die einzelnen Kurven anders zu gestalten, und den Verlauf der Charakteristik nach Belieben zu variiren. Hierin liegt gerade der Wert der Methode von Hopkinson.

Bis jetzt haben wir vorausgesetzt, dafs der Anker der Maschine stromlos sei. Wenn aber die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, so fließt ein Strom J durch den Anker, welcher die Form des magnetischen Feldes ganz wesentlich beeinflusst. Man kann diesen Einfluss auf verschiedene Weise zum Ausdruck bringen.

Hopkinson nimmt an, dafs derselbe sich darstellen lasse als eine magnetisirende Kraft, welche von der Gröfse der Bürstenverschiebung  $\lambda$  aus ihrer normalen symmetrischen Lage abhängt, wenn die Bürsten richtig, d. h. so gestellt werden, dafs die durch sie kurz geschlossenen Windungen durch das magnetische Feld von der Intensität Null gehen. Es soll dann die magnetisirende Gegenkraft von den Windungen herrühren, die zwischen der Symmetrieebene und derjenigen Ebene, in welcher der Stromwechsel stattfindet, liegen. Besitzt die Trommelarmatur m Windungen, so liegen in dem eben

definierten Winkel  $\frac{m \lambda}{\pi}$  derselben, und es ist also die durch diese Windungen ausgeübte magnetisirende Kraft  $4 \pi n J = 4 \lambda \cdot m \cdot J$ . Dieselbe kommt aber nicht ganz zur Wirkung, sondern wegen der Zerstreuung der Kraftlinien nur der  $v_3$ . Teil derselben. Die Gleichung wird daher jetzt

$$4 \pi \cdot n \cdot i \cdot \frac{4 \lambda \cdot m \cdot J}{v_3} = l_1 M \left( \frac{N}{f_1} \right) + l_2 M \left( \frac{v_2 N}{f_2} \right) + l_3 M \left( \frac{v_3 N}{f_3} \right) + l_4 M \left( \frac{v_4 N}{f_4} \right) + l_5 M \left( \frac{v_5 N}{f_5} \right).$$

Betrachtet man i und J als unabhängige Variable und N als Funktion derselben, so stellt diese Gleichung eine Fläche dar, welche Hopkinson als charakteristische Fläche der Dynamomaschine bezeichnet. Um sie konstruiren zu können, müssen aufer den geometrischen Dimensionen der Maschine, die Werte der Zerstreuungskoeffizienten v für die verschiedenen Teile derselben, ferner die Magnetisierungsfunktionen der verwendeten Eisensorten und schliesslich die Verteilung des Stromes im Anker und den Schenkeln bekannt sein, also ziemlich viele Gröfsen, welche schon eine umständliche und sorgfältige Untersuchung der Maschine voraussetzen. Hat man nun diese Gröfsen bestimmt, so kann man die charakteristische Fläche konstruiren, und hat damit die Theorie der Dynamomaschine auf die Untersuchung einer Fläche zurückgeführt. Da aber in der Regel die Magnetisierungsfunktion keine einfache algebraische Darstellung zulässt, so wird die Untersuchung dieser Fläche jeden-



falls sehr mühsam, wenn nicht unfruchtbar sein. Man kann allerdings obige allgemeine Formel für spezielle Maschinen noch umformen und vereinfachen, indem gewisse Glieder als unerheblich weggelassen werden können, andere in Folge besonderer Verhältnisse der Maschine sich reduzieren. So findet Hopkinson für seine Maschine unter Beibehaltung obiger Bezeichnung für die Intensität des magnetischen Feldes im Anker

$$4 \pi \cdot n \cdot i = \frac{4 \lambda \cdot m \cdot J}{v_3}$$

$$= M \left( N + \frac{v_3 - 1}{v_3} 4 \cdot \lambda \cdot m \cdot J \cdot \frac{F_2}{2l_2} \right).$$

Bei der direkten Schaltung wird  $i = J$ , und die Fläche reduziert sich auf eine Kurve, welche mit der Kurve des Magnetismus von Fröhlich sich decken sollte. Hopkinson hat aber keine experimentelle Prüfung hierüber angestellt, und es kann daher nicht entschieden werden, in wiefern die verschiedenen von Hopkinson gemachten Hypothesen mit der Erfahrung übereinstimmen.

Der Wert der Arbeit von Hopkinson liegt hauptsächlich in der physikalischen Konstruktion oder Synthese des magnetischen Feldes der Dynamomaschine ohne Strom im Anker. Die Bestimmung der Kurve des Magnetismus mit Ankerstrom möchte dadurch aber noch nicht ihre endgültige Erledigung gefunden haben.

## Ein neues astatisches und aperiodisches Verticalgalvanometer von grosser Empfindlichkeit.

Von Dr. W. A. Nippoldt.

Die Verticalgalvanometer haben für den Elektrotechniker gegenüber denen mit horizontalen Skalen den grossen Vorteil, dass man den Stand des Zeigers von weitem ablesen kann, während vielleicht der Beobachter gerade durch eine andere Beschäftigung verhindert ist, sich dem Apparate so weit zu nähern, als es die Ablesung des Zeigers an der horizontalen Skala erfordert. Die Unvollkommenheit, welche dagegen allen Apparaten mit Vertikalschwingungen gemeinsam ist, liegt in der Schwierigkeit der Herstellung einer reibungslosen Horizontalaxe.

An dem neuen Galvanometer glaube ich indessen die Reibung auf ein solches Minimum reduziert zu haben, welches gestattet, dieselbe Genauigkeit bei der Vergleichung von Drehungsmomenten zu erzielen, welche man bei feinen Wagen erreicht hat. An Stelle der meist gebräuchlichen Achsenlagerung zwischen Spitzen, welche mit gleitender Reibung behaftet sind, habe ich die in einer flachen Cylinderpfanne ruhende Schneide gesetzt. Anstatt der gleitenden Reibung tritt hier die wesentlich geringere rollende, zwar nicht absolut wie bei ebener Schneideunterlage, aber doch so vollkommen als nur möglich. Gebraucht man das Galvanometer nur zur Nullmethode, so steht der Verwendung eines ebenen Hypomochlions nichts im Wege, es sei denn, dass die horizontale magnetische Erdkraft grösser wäre, als die gegen eine von dieser angestrebte Veränderung des Azimuths der Schneide auftretende gleitende Reibung.

Eine feine Schneidenbewegung verlangt jedoch, dass die Schneide auch an ihren beiden Enden völlig frei beweglich sei. Um dabei die genau zentrierte Lage der Schneide stets garantiert zu haben, wandte ich eine Excenterarretirung an, wie sie bei feinen Wagen gebräuchlich ist: dieselbe hebt die an dem Magnetträger befestigte Schneide von der Pfanne ab und legt sie nach der Desarretirung stets in die nämliche, centrale Lage zurück, zugleich beide Schneidenenden völlig frei lassend. Es hat sich übrigens bei dem Gebrauche des Galvanometers herausgestellt, dass die Anwendung der Arretirung nur in solchen Fällen nötig wurde, in denen durch äussere Veranlassung eine Verrückung der centralen Lage der Achse erfolgt war, oder dann, wenn in Folge zu starken Stromes der Ausschlag die Bewegungsgrenzen des Magnetes mit einem stärkeren Anprall erreichte.

Charakteristisch für das neue Galvanometer ist ausser der Schneidensuspension noch die Form und Lage des Magnets, wie aus den folgenden Abbildungen ersichtlich ist. Hierdurch werden alle äusseren magnetischen Einflüsse auf Ausschlag und Ruhelage unwirksam.

Das Galvanometer ist in Fig. 1 und 2 in zwei Ansichten, zum Teil im Querschnitt in halber natürlicher Grösse abgebildet. Zwei Solenoide S und S' mit parallelen Endflächen RR' und in der Längsrichtung kreisförmigem Hohlraum von ebenfalls kreisförmigem Querschnitt sind neben einander auf die Grundplatte KK von Holz mit den 8 Schrauben q aufgeschraubt.



Eine am oberen Ende der Endflächen R und R' mittels der 4 Schrauben u befestigte Traverse tt trägt das auf ihr feste oben und unten durch die Scheiben x und y verschlossene Rohr mm. Mittels eines an y angebrachten durchbohrten Gewindepfens nebst Mutter ist dieses Rohr an der Traverse befestigt. Über diesem Rohre mm ist ein mittels der Excentervorrichtung E auf und ab bewegliches zweites Rohr ll geschoben, welches die Arretirung der Magnetnadel besorgt. Dieses zweite Rohr trägt den Querstab n, der in Schlitz des Rohres mm seine Führung erhält. Der Stab n und mit ihm das Rohr ll wird durch die Excenterstange, welche in der Durch-

meterklemmen und der Arretirungsknopf F gelegen ist.

Das von mir für einen bestimmten Zweck konstruirte Galvanometer besitzt ca. 1900 Umwindungen mit Seide umspinnenen Kupferdrahtes von 0,6 mm Durchmesser in jedem der beiden Solenoide und hat bei Hintereinanderschaltung einen Widerstand von ca. 22 Ohm. Der Magnet, ein Stahldraht von 2,8 mm Durchmesser und 15 cm Länge, wiegt 7 g und hat etwa  $250 \text{ C}^{3/2} \text{ G}^{1/2} \text{ S}^{-1}$  Einheiten Magnetismus. Denkt man sich letzteren in den beiden Polen vereinigt und diese bei der Ruhelage des Magnets in der Mitte der Solenoide, so übt

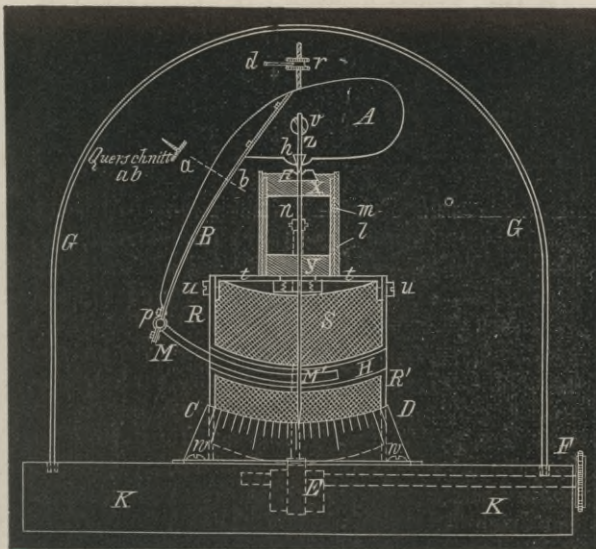


Fig. 1.

bohrung der Scheibe y frei auf und ab beweglich ist, nach Belieben am Knopfe F in Thätigkeit gesetzt. Auf Scheibe x ist die Stahlpanne i im Schwalbenschwanz eingepafst, sie dient der Schneide h als Stützpunkt. Letztere ist in derselben Weise in dem oberen dickeren Teile A des Magnetträgers AB befestigt, der untere Teil B ist durch seinen T förmigen Querschnitt leicht, aber mit großer relativer Festigkeit gegen Verbiegung konstruirt, er trägt mittels der Klemmenvorrichtung p den in die Höhlungen der beiden Solenoide ragenden hufeisenförmigen Magnet MM'. Ein Zeiger zz aus Aluminiumdraht läßt die Ausschläge des Magnets an einer Skala CD erkennen. Zur Regulirung der Empfindlichkeit dient das Laufgewicht r und zur Einstellung auf den Nullpunkt der seitlich an r befestigte Draht d. Der ganze Apparat ist mit einer Glasglocke GG überdeckt, auferhalb welcher nur die Galvano-

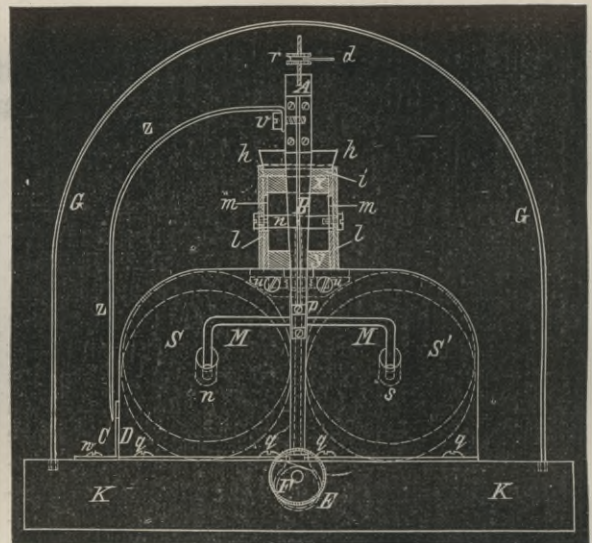


Fig. 2.

jedes derselben auf den zugehörigen Pol bei einer Stromstärke von  $10^{-5}$  Amp. die Kraft von 0,45 mg aus. Um die Schwächung dieser Kraft durch die Wirkung jedes Solenoïds auf den nicht zugehörigen Pol zu berechnen, habe ich das nicht direkt lösbare elliptische Integral, auf welches die Gleichungen führen, mit Hilfe der mechanischen Quadratur aufgelöst und gefunden, daß unter den vorliegenden Verhältnissen die Schwächung etwa  $\frac{1}{47,3}$  der ganzen Kraft beträgt, also ca. 2 Proz. Die Kraft des Stromes  $10^{-5}$  Amp. auf beide Pole ist demnach = 0,88 mg, sie wirkt als Drehungsmoment an einem Hebel von 6 cm Länge. Diese berechnete Kraft läßt sich leicht kontrolliren, wenn man auf den mittleren horizontalen Teil des Magnets auferhalb der Solenoïde einen kleinen Draht von bekannter Masse (ca. 1,3 mg) auflegt und den Ausschlag bei



Berücksichtigung der reducirten Hebellänge mit demjenigen vergleicht, den die Stromstärke  $i = 10^{-5}$  Amp. hervorbringt. Bei einer Schwingungsdauer von 8 Sekunden zeigte das Galvanometer an dem 8 cm langen Zeiger einen Ausschlag von 4 mm, wenn  $i = 10^{-5}$  Amp. war. Die Empfindlichkeit läßt sich natürlich auf Kosten der Schwingungsdauer beliebig steigern. So war bei 30 Sekunden Schwingungsdauer der Ausschlag bei  $i = 10^{-6}$  Amp. = 6 mm. Dies ergibt eine Empfindlichkeit =  $0,015 \cdot 10^{-6}$  Amp., wenn man auf den Ausschlag von 1 mm bei Spiegelablesung und Skalenabstand von 1 m reducirt. Es ist dies ein Resultat, welches in Hinsicht auf den geringen Widerstand von 22 Ohm des Galvanometers ein sehr befriedigendes genannt werden muß.

Die Vorzüge des Galvanometers sind:

1. Jeder beliebige horizontale oder mäßig geneigte Tisch kann zur Aufstellung des Galvanometers dienen, eine Einstellung mittels Richtschrauben ist nicht erforderlich.
2. Horizontale und vertikale Komponente des Erdmagnetismus, auch sonstige magnetische Direktionskräfte mit nicht allzu divergenten Kraftlinien sind ohne Einfluß auf die Größe der Ausschläge und auf die Stabilität der Ruhelage. Die Aufstellung kann daher in jedem beliebigen Azimuth geschehen.
3. Wenn das Galvanometer mit einem dem inneren gleichen äußeren Widerstand ge-

schlossen ist, so sind die Bewegungen des Magnets fast aperiodisch, d. h. nach einer Doppelschwingung kommt derselbe zur Ruhe. Dafs übrigens die Reibung wenig Teil an der starken Dämpfung nimmt, zeigen die Schwingungen bei geöffnetem Stromkreis und bei entfernten Solenoiden.

4. Kleine mechanische Erschütterungen haben keinen Einfluß auf die Sicherheit der Ablesungen.
5. Die vertikale Stellung von Zeiger und Skala erlaubt eine Ablesung aus größserer Entfernung.
6. Die Empfindlichkeit des Galvanometers ist trotz des geringen Widerstands eine sehr bedeutende und gestattet daher eine Ablesung mittels Zeigers bei Stromstärken unter  $10^{-5}$  Amp.
7. Empfindlichkeit und Ruhelage kann rasch mittels des Laufgewichtes  $r$  regulirt werden.

Es sei noch zum Schluß bemerkt, daß die Glasglocke in den meisten Fällen weniger dazu dienen soll, Luftströmungen, als vielmehr den Staub abzuhalten. Man kann dieselbe entbehren, da der Magnetträger leicht abzuheben und nach Säuberung der Pflanze und Schneide mittels weichen Pinsels wieder aufzusetzen ist.

Frankfurt a. M., Juni 1887.

## Die Fabrikation der Glühlampe.

Von R. Scharfhausen.

(Fortsetzung.)

Die Justirung auf Widerstand.

Der nächste Prozeß welchem die Bügel unterworfen werden, ist fast das wichtigste der ganzen Fabrikation, da er die Gleichförmigkeit des Fabrikates bedingt. Die Justirung auf Widerstand wird durch Erhitzen des Bügels in einer Atmosphäre von Kohlenwasserstoff bewirkt. Der aus dem Karbonisierofen kommende Bügel wird, mittels Klammern gehalten, in eine mit Leuchtgas gefüllte Glocke oder Flasche gebracht und dann für einen Augenblick durch den elektrischen Strom zur Weißglut erhitzt. Das in der Nähe des Bügels befindliche Gas wird zersetzt und als Kohle niedergeschlagen. Der Faden darf nur für einen Moment zur Glut gebracht werden, da sonst die Kohle zu schnell und unregelmäßig niedergeschlagen würde, wir wollen daher der Kürze halber den Prozeß mit welchem wir uns noch näher zu beschäftigen haben werden, „Blitzen“ nennen. Eine hohe Temperatur ist aus doppelten Gründen nötig: der Bügel besteht wie bekannt aus relativ schlechtleitender Holzkohle, durch die starke Erhitzung — auch ohne Gegenwart von Leuchtgas, im Vakuum — werden die Moleküle um-

gelagert, und eine äußerst harte, elastische Kohle entsteht. Dann muß die Temperatur hoch sein, um einen festen harten Niederschlag zu erhalten, einen Niederschlag, welcher die Verringerung des Widerstandes ohne zu bedeutende Vergrößerung des Querschnittes bewirkt.

Das Blitzen macht die Kohle nicht, wie vielfach angenommen wird, homogen, noch verleiht es ihr gleichen Widerstand für gleiche Längenteile. Ist eine Kohle von anfang an durchaus gleichförmig im Querschnitt, dagegen aber von verschiedenem sp. Widerstand, so werden die Teile am heißesten werden, welche dem Strom den größten Widerstand entgegensetzen, auf ihnen wird daher der Kohlenniederschlag stärker sein als an anderen Stellen. Dies geht nun so lange fort, bis die Kohle auf den gewünschten Widerstand reducirt ist. Wird das Blitzen aber weiter fortgesetzt, so wird unter fortwährender Verringerung des Widerstandes die Kohle bald an allen Punkten die gleiche Temperatur haben.

Denken wir uns nun eine Kohle, bei welcher nicht der Querschnitt, sondern der sp. Widerstand konstant ist, so ist zunächst der Widerstand per Längeneinheit verschieden. Beim Stromdurchgang werden die dünnen



Stellen am stärksten erhitzt, da dieselben nicht nur höheren Widerstand, sondern auch noch geringere kühlende Oberfläche besitzen als andere Stücke. Der Kohleniederschlag wird daher auf den dünnen Stellen am stärksten sein, und es wird die Tendenz bestehen, diesen Stellen einen geringeren Widerstand zu geben, bis die Temperatur an allen Punkten des Bügels die gleiche ist. Durch das Blitzen werden also Kohlen erzeugt, welche mit gleicher Oberflächen-Temperatur arbeiten und gerade dieses ist das wichtigste Erfordernis einer guten Lampe. Bevor die Kohlen zum Blitzen kommen wird ihr Durchmesser bestimmt. Diese Messung ist sehr schwierig, da das Material noch weich ist und doch eine große Genauigkeit verlangt werden muß.

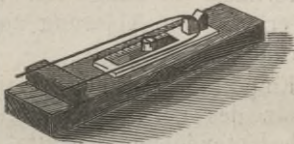


Fig. 1.

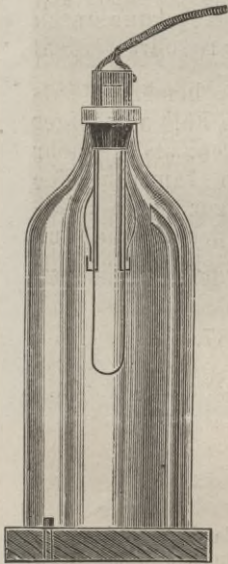


Fig. 2.

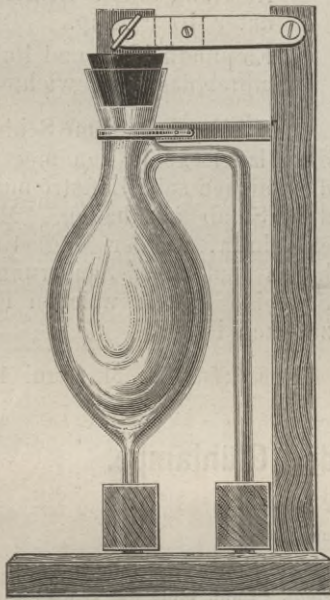


Fig. 3.

Mißt nämlich eine Kohle 0,009" und die Messung hat 0,008" ergeben, so wird die fertige Lampe in der Lichtstärke um 10 Proz. in der Spannung um 5 Proz. falsch sein. Mit genügender Sorgfalt läßt sich aber eine Genauigkeit bis auf 0,0005" erreichen.

Haben die Kohlen nicht alle gleichen Durchmesser, so müssen sie sortiert werden; jedem Durchmesser entspricht eine Länge, welche innegehalten eine 16 NK-Lampe ergibt. Diese im Voraus berechneten Werte werden tabellarisch zusammengestellt und nach den Angaben dieser Tabelle wird das kleine Hilfsinstrument, Fig. 1, gestellt. Die zum Festhalten der Kohle dienenden Klammern werden bis an das Holzquerstück vorgeschoben, und das Blitzen kann beginnen. Fig. 2 zeigt einen zum Blitzen bei gewöhnlichem Atmosphärendruck dienenden Apparat. Derselbe besteht aus einer Flasche, durch deren Hals der Kohlebügel eingeführt wird. Das Leuchtgas tritt durch die kurze Röhre im Fußbrett der Flasche ein, während der Austritt durch

das lange gebogene Rohr erfolgt. Soll im Vacuum geblitzt werden, so ist das Arrangement ein anderes; vor allen Dingen ist eine durch die Betriebsmaschine zu treibende Quecksilberluftpumpe erforderlich, welche, ohne besonderer Wartung zu bedürfen, ein Vacuum von ca. 12 mm liefert. Das erforderliche Gefäß zeigt Fig. 3. Durch das untere Rohr steht die Flasche mit der Pumpe in Verbindung, die obere Öffnung, durch welche der Bügel eingeführt wird, ist durch Gummistöpsel und Vaseline abgedichtet. Ist der Bügel eingesetzt, so wird zunächst evacuiert, dann läßt man durch die seitliche Röhre Gas zuströmen, sperrt den Zufluß ab und evacuiert von neuem bis zu dem gewünschten, am Monometer abzulesenden Grade. Das seitliche Rohr kann auch fortfallen und das Gas durch einen Dreiweghahn eingeleitet werden.

Im allgemeinen ist es vorteilhaft, nicht auf einmal bis zum gewünschten Widerstand zu blitzen, da hier verschiedene Punkte zu berücksichtigen sind.

Blitzen unter gewöhnlichem Druck reduziert den Widerstand sehr schnell, giebt also unsichere Resultate und ist nur dann angebracht, wenn der Widerstand sehr stark vermindert werden muß; in diesem Falle wird annähernd bis auf den richtigen Widerstand geblitzt und die letzte Vollendung im Vacuum gegeben. Eine Kohle von richtigen Dimensionen muß durch einmaliges Erhitzen auf sehr hohe Temperatur, annähernd den richtigen Widerstand erhalten. Die Dauer der Incandescenz darf bei Gas unter Druck nur 1—2 Sekunden betragen. Das Vacuum Blitzen kann natürlich auch von Anfang an benutzt werden, doch ist das Verfahren ein sehr langwieriges, wenn der Widerstand um ein beträchtliches vermindert werden muß. Ist die Kohle von Anfang an im Widerstand gleichmäßig, so ist es besser, erst nach der definitiven Fassung in den Platindrähten zu blitzen. In kleineren Fabriken kann man der eben beschriebenen Apparate ganz entraten, indem das Blitzen auch bei der fertig montirten Lampe vorgenommen werden kann; hier ersetzt dann der Ballon die sonst erforderliche Flasche. Blitzen unter Druck ist aber in dieser Weise nicht zulässig, da die Wände des Glasgefäßes geschwärzt werden würden und auch im Vacuum läßt sich die Verringerung des Widerstandes nur bis zu 30 bis 40 Proc. treiben. Zur Stromerzeugung dient in der Regel eine Dynamo mit Nebenschlußwicklung, oder besser noch mit separat erregtem magnetischen Felde. Die Spannung muß bei voller Erregung der Magnete mindestens 200 V. betragen. Weit besser und bequemer als die Dynamo sind natürlich Akkumulatoren. Die Widerstandsbestimmung beim Blitzen kann in verschiedener Weise erfolgen. Zunächst mittels des Differenzialgalvanometers. (Es dürfte hier die Konstruktion von Dr. Vogel besonders geeignet sein.) Beim Blitzen unter Druck läßt sich dasselbe natürlich nicht anwenden, da die Kohle ja nur für eine Sekunde vom Strom durchflossen wird, diese Zeit aber zur exakten Einstellung der Nadel nicht genügt. Sodann kann ein Ohmmeter verwendet werden. Dieses Instrument, welches den Widerstand direkt abzulesen gestattet, besteht aus zwei unter einem Winkel von 60 Grad oder 120 Grad zueinander gestellten Spulen. Im Schnittpunkte der Achsen befindet sich die mit Zeiger versehene Magnetnadel. Da die eine Spule mit dicker Wicklung versehen ist und mit dem zu messenden Widerstand hintereinander geschaltet ist, während die andere dünndrähtige Spule im Nebenschluß zu diesem Widerstand liegt, so wird die Nadel den Quotienten  $\frac{E}{J}$  d. h. W. anzeigen.



Die besten Resultate erzielt man jedoch durch Einschaltung der Lampen in einen Zweig einer Wheatstone'schen Brückenkombination:

Fig. 4 zeigt das Apparatsystem. Eine Flasche zum Blitzen unter Druck A steht durch den Hahn E mit dem Gasgenerator (oder der Leitung) in Verbindung. B ist eine Flasche zum Vacuum-Blitzen. Dieselbe kann durch den Dreivegehahn D mit Gas gefüllt, oder durch die im Maschinenraum befindliche Pumpe G evacuiert werden. HH sind Manometer. C ist eine unausgepumpte Lampe, welche geblitzt werden soll. Der nötige Strom wird durch die Akkumulatoren-batterie KL, welche in leicht ersichtlicher Weise mit Einschalte-Vorrichtungen MN versehen ist, geliefert. Die vorhandene Spannung wird durch das Voltmeter X kontrolliert. Verfolgt man den Strom von L aus, so kommt man zunächst zum Widerstand O, welcher aus verschiedenen großen Lampen besteht und durch den Umschalter P variiert werden kann.

Der hier eingeschaltete Widerstand sollte zunächst etwas geringer sein als der der Kohle vor dem Blitzen im heißen Zustande.

Von hier aus teilt sich der Strom. Q ist einer der Brückenwiderstände und besteht aus zwei Spiralen, welche durch Stöpselung Widerstände von 10, 20 oder 40 Ohm geben. Durch den Umschalter R kann nun A, B oder C eingeschaltet werden. Nach dem Passiren der resp. Kohle und des Widerstandes W gelangt der Strom zum Umschalter S, dessen äußere Kontaktstücke wie auch das bewegliche Stück im Hauptstromkreise liegen.

Die Verbindungen HH an den Manometern haben den Zweck, nur dann ein Blitzen zu gestatten, wenn das Vacuum genügend ist, in diesem Falle sind nämlich die beiden Drähte durch das Quecksilber verbunden. Auch A kann mit einer Sicherheitsvorrichtung versehen werden, indem Stromschluß nur bei richtiger Hahnstellung vorhanden ist. Der Brückenwiderstand U besteht aus 2 Spulen von je 200 Ohm, welche hintereinander oder parallel geschaltet werden können. W enthält Widerstände bis zu 10000 Ohm.

Diese Spulen geben Anlaß zu vielen Störungen. Blitzt man z. B. eine Kohle mit 200 Volt, so hat man in O einen Widerstand, welcher ebenfalls 200 Volt absorbiert. Bricht nun der Kohlebügel, so haben Galvanometer V und Rheostat W die volle elektromotorische Kraft von 400 Volt auszuhalten.

Verwendet man bei O Draht, besonders Eisen-draht, so wird dieser infolge der Selbstinduktion enorm erhitzt, besonders wenn die Spulen in W nicht ganz induktionsfrei sind.

Der Galvanometer-Zweig ist mit zwei Metallstreifen auf dem Umschalter S verbunden. Eine an dem Hebel — isolirt von demselben — befestigte Feder verbindet beide Stücke. Auf diese Weise wird der Galvanometer erst eingeschaltet, wenn die Lampe schon vom Strom durchflossen wird, da im anderen Falle die Nadel infolge des hohen Widerstandes der kalten Kohle eine plötzliche Ablenkung erfahren würde. Ein automatischer Ausschalter Z unterbricht die Leitung bei zu starkem Strom. Das Blitzen soll stets bei der höchstmöglichen Temperatur geschehen, da der Niederschlag bei niederen Temperaturen weich, in Form zahlloser kleiner Haare ausfällt und der so behandelte Bügel im Gebrauch seinen Widerstand ändert. Auf der anderen Seite darf die Temperatur aber auch nicht zu hoch sein, da sonst die Gefahr eines Bruches des Bügels zu gross ist. Fast jedes Gas, welches Kohle enthält, läßt sich zum Blitzen verwenden, doch ist das gewöhnliche Stein-

kohlengas am bequemsten. — Auch die Dämpfe von Äther und Alkohol lassen sich verwenden.

Obwohl der durch richtiges Blitzen erzielte Kohlen-niederschlag äusserst fest ist, hat doch eine Lampe, deren Bügel durch starkes Blitzen im Widerstand bedeutend reduziert wurde, nur eine geringe Lebensdauer. Es liegt dieses daran, daß der Niederschlag die Poren des Bügels nicht immer völlig ausfüllt, sondern in diesem Falle gewissermaßen eine Hülle um den eigentlichen Bügel bildet, welche sich leicht ablöst; besonders wenn die Kohle staubig war. Natürlich gilt dieses nur von Lampen, welche übermäßig geblitzt wurden.

Werden die Bügel nach dem Karbonisiren längere Zeit aufbewahrt, so brechen sie beim Blitzen ausnahmslos. Offenbar rührt dieses von dem absorbierten Wasser her und läßt sich durch vorheriges Trocknen verhüten.

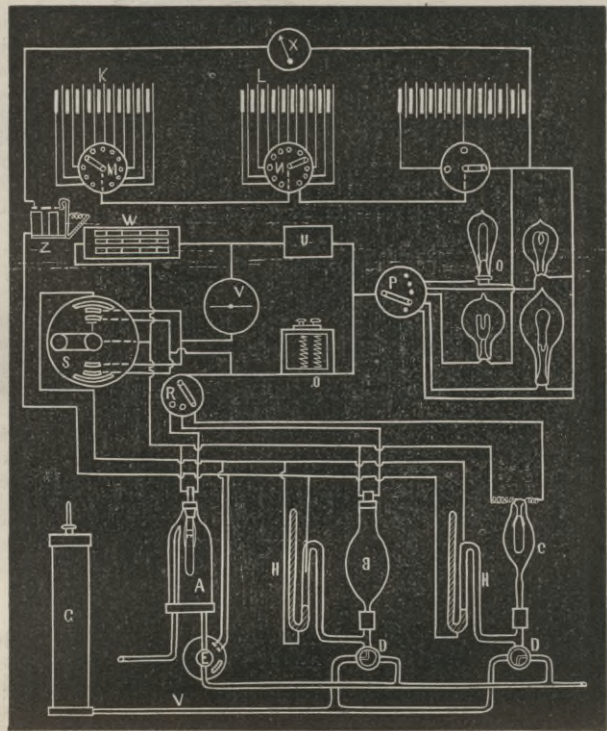


Fig. 4.

Lampen von geringem Widerstand, also Lampen für Serienschaltung werden am besten in kohlenstoffreichen Flüssigkeiten geblitzt. Die Kohle wird mit ihren Fassungen in Benzol oder Methylalkohol getaucht und solange in Weißglut erhalten, bis der gewünschte Widerstand annähernd erreicht ist. Die letzte genaue Justirung wird dann in gewöhnlicher Weise im Vacuum bewirkt.

Auf die Vorsichtsmaßregeln, welche zu ergreifen sind, um eine Entzündung der Flüssigkeit zu verhüten, oder unschädlich zu machen, braucht hier wohl nicht näher eingegangen zu werden.

#### Montiren der Bügel.

Bei den ersten Glühlampen wurde die Verbindung zwischen dem Bügel und den Platindrähten durch einfaches Umwickeln der ersteren mit dem Drahte hergestellt. Diese durchaus unzuverlässige Art der Be-



festigung wird heute nirgends mehr angewandt; die Verbindung wird entweder durch Verkitten oder durch Blitzen zu einer innigen gemacht. Auch Verbindungen durch galvanische Metallniederschläge werden angewandt. Eine gute Verbindung, welche z. B. bei der Swan-Company in Benutzung steht, wird in folgender Weise hergestellt. Ein Platindraht von passender Stärke wird durch Auswalzen an einem Ende verbreitert und dann durch ein gewöhnliches Drahtziehen gezogen, sodafs am Ende eine kleine Röhre entsteht.

Zwei dieser Drähte werden in das Glas eingeschmolzen und durch leichtes Klemmen wird der Bügel in den Röhren befestigt. Eine einfache Vorrichtung, in welche das Ganze gelegt wird, verbindet beide Platindrähte und beide Hälften des Bügels kurz

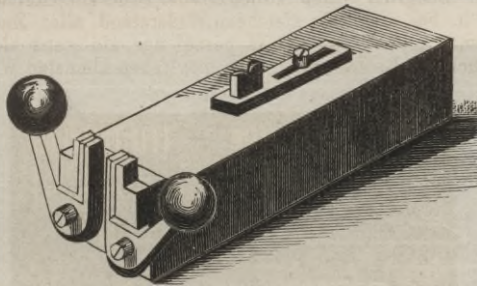


Fig. 5.

vor der Verbindungsstelle, sodafs ein durchgeleiteter Strom beide Kohlen und Platinhälften durchfließt und bei genügender Stärke beide Teile zur Weißglut erhitzt. Die Kohle befindet sich nun in einem mit Benzol gefüllten Gefäße, sodafs ein Kohlenniederschlag entsteht, welcher Bügel und Platin fest verbindet. Anstatt Benzol verwendet Swan mit Vorteil Anilinöl oder eine Mischung von beiden Flüssigkeiten.

Wie schon erwähnt, liefert dieses Verfahren sehr gute Resultate, es ist jedoch der Herstellung der Röhren wegen zeitraubend und liefert bei unaufmerksamer Handhabung viel Bruch. J. Swinburn vereinfachte

daher das Verfahren in der Weise, dafs er die auf richtige Länge geschnittenen Kohlebügel in eine Klammer, Fig. 5, bringt und die passend geschnittenen durch eine ganz ähnliche Klammer gehaltenen Platindrähte stumpf gegenstößt und auf die Verbindungsstelle etwas Kitt aus Dextrin und Graphit aufträgt. Eine Glasglocke wird dann übergestülpt und mit Leuchtgas gefüllt. Nach dem Trocknen, welches in einigen Minuten erfolgt, wird auf der Verbindungsstelle durch Glühen ein Kohlenniederschlag erzeugt.

Als Stromquelle sind auch hier Akkumulatoren sehr brauchbar, obwohl eine Wechselstrommaschine vermöge der leichten Regulirbarkeit des Stromes viele Vorteile bietet. Es braucht nämlich nur ein Solenoid eingeschaltet zu werden und läßt sich dann durch Einschleichen eines Eisenkernes die Stromstärke in bequemster und ausgiebigster Weise reguliren.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Herstellung der Verbindungen bei Lampen für geringe Spannung. Hier muß der Niederschlag aus besongers gut leitender Kohle bestehen, da sonst die Verbindungsstelle sehr stark erhitzt und sehr bald zerstört wird.

Die Verbindung durch galvanische Metallniederschläge ist im allgemeinen nicht zu empfehlen, da bei hohen Temperaturen des Bügels das Kupfer verflüchtigt wird und entweder einen Bogen bildet, oder doch eine stille Entladung veranlaßt\*).

Ist das Vakuum nicht vollkommen, so bildet das Kupfer äußerst zarte Bäume und Verästelungen, welche so lange wachsen, bis sie sich gegenseitig berühren.

Einzelne Fabrikanten stecken auch die Bügel in kleine Spiralen, welche aus dem Platindraht gewickelt werden und verkitten die Stelle mit einer Mischung aus Teer und Lampenruß. Die Stelle wird dann elektrisch erhitzt und dadurch der Kitt karbonisirt.

Derartige Verbindungen sind durchaus nicht zu empfehlen, weil der Kitt Gase und Wasserdämpfe okkludirt und daher das Evakuiren erschwert und die Lebensdauer der Lampe verkürzt.

(Fortsetzung folgt.)

\*) Vergl. Rundschau Bd. III, p. 21.

## Zur Theorie der Wheatstone'schen Brückenkombination.

Bei der Wheatstone'schen Brücke mit ausgespanntem Vergleichsdraht läßt sich die Galvanometernadel bei der Abgleichung stets in die Nulllage zurückführen, wenn nur eine elektromotorische Kraft im System wirksam ist.

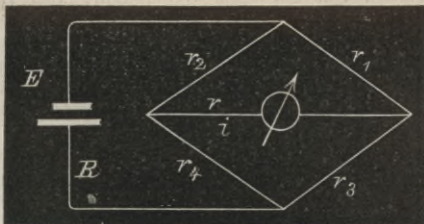


Fig. 1.

Nicht immer möglich ist dies bei der Brücke aus Widerstandsskalen, wo man die zur genaueren Abgleichung nötigen kleinen Unterabteilungen von Widerständen nicht zur Verfügung hat. Man interpolirt dann die gesuchte Widerstandsgröße aus 2 Ausschlägen

(etwa links und rechts von der Ruhelage), die sich ergeben, wenn man den Vergleichswiderstand um eine kleine Größe (meist 0,1  $\Omega$ ) ändert.

Beispiel: Es sei  $r_1 : r_2 = 1 : 1$  und man habe im Vergleichsreostat  $r_3$  nur  $\frac{1}{10}$  Einheiten zur Verfügung; bei  $r_3 = 3,5 \Omega$  zeige das Galvanometer einen Ausschlag von +36 mm bei 3,6 einen Ausschlag von -12 mm; man erhält also durch Interpolation auf die Nulllage den gesuchten Widerstand zu:

$$3,5 + \frac{0,1 \cdot 36}{36 + 12} = 3,575 \Omega.$$

Rein experimentelles Vorgehen läßt dieses Interpolationsverfahren als richtig erscheinen: es scheint der Galvanometerstrom eine lineare Funktion der Widerstandsänderung im Zweige  $r_3$  zu sein. Dieses ist jedoch nicht der Fall; die Beziehung zwischen beiden wird durch eine Hyperbel dargestellt.

Man hat bekanntlich: (s. Kittler. Handbuch der Elektrotechnik, Bd. I, pag. 191).

$$1) \quad i = \frac{E}{N} (r_1 r_4 - r_2 r_3).$$



Hieraus erhält man für den Fall, daß im Galvanometerzweig Stromlosigkeit herrscht, d. h. falls  $i = 0$ , die bekannte Beziehung:

2)  $r_1 r_4 = r_2 r_3.$

In obiger Gleichung ist:

3)  $N = R r (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) + r (r_1 + r_3) (r_2 + r_4) + R (r_1 + r_2) (r_3 + r_4) + r_1 r_2 (r_3 + r_4) + r_3 r_4 (r_1 + r_2).$

Ändert man nun  $r_3$  in  $r_3 + \Delta$ , so wird:

4)  $i^1 = \frac{E}{N^1} [r_1 r_4 - r_2 (r_3 + \Delta)],$  wo

5)  $N^1 = R r (r_1 + r_2 + r_3 + \Delta + r_4) + r (r_1 + r_3 + \Delta) (r_2 + r_4) + R (r_1 + r_2) (r_3 + \Delta + r_4) + r_1 r_2 (r_3 + \Delta + r_4) + (r_3 + \Delta) (r_1 + r_2) r_4 = N + \Delta [R r + r (r_2 + r_4) + R (r_1 + r_2) + r_1 r_2 + r_4 (r_1 + r_2)] = N + \Delta P.$

als Asymptoten:

$$\Delta = \infty \quad i = -E \frac{R}{P}$$

$$i = \infty \quad \Delta = -\frac{N}{P}.$$

Zum experimentellen Nachweis der Richtigkeit unseres Satzes wurde eine große Widerstandsmessbrücke von Siemens & Halske verwendet. Das Brückengalvanometer gestattete objektive Ablesung und es wurde nun der Vergleichswiderstand  $r_3$  allmählich so geändert, daß der Lichtzeiger über die ganze Skala wanderte; die so erhaltenen Skalenausschläge sind (nötigenfalls reduziert) als Ordinaten über den Widerständen als Abscissen aufgetragen, wie nachstehende Figuren zeigen.

Bei großer Empfindlichkeit der Brückenkombination, d. h. bei ziemlich gleichem Widerstand aller Zweige, kommt jedoch von der Hyperbel nur ein ganz kleines Stück zur Beobachtung. Die möglichen kleinsten Wider-

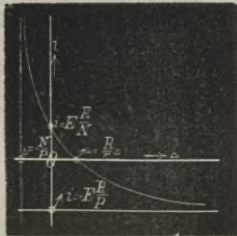


Fig. 2.

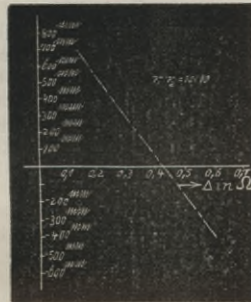


Fig. 3.

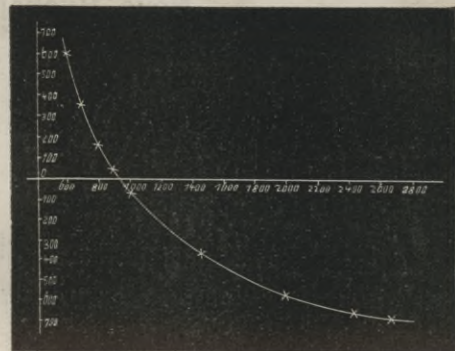


Fig. 4.

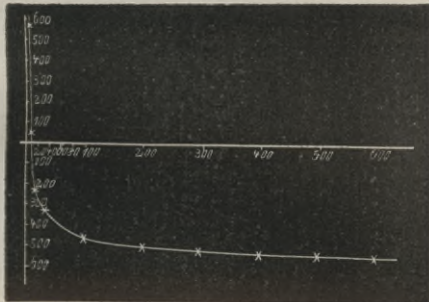


Fig. 5.

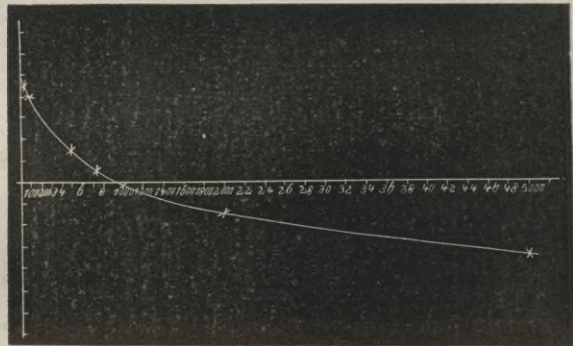


Fig. 6.

Man erhält also als Gleichung zwischen  $i$  und  $\Delta$ :

$$i = E \frac{r_1 r_4 - r_2 r_3 - \Delta r_2}{N + \Delta P}$$

$$= E \frac{R - \Delta r_2}{N + \Delta P}, \text{ wo}$$

$$R = r_1 r_4 - r_2 r_3 \text{ const.}$$

Diskutirt man diese Gleichung, so erhält man als Achsenschnittpunkte:

$$\Delta = 0 \quad i = E \frac{R}{N}$$

$$i = 0 \quad \Delta = \frac{R}{r_2}$$

standsänderungen ändern die Galvanometerausgänge schon sehr stark wie z. B. aus dem folgenden Beispiel hervorgeht (Fig. 3). Der scheinbar vollständig geradlinige Verlauf läßt eine geradlinige Interpolation statt-haft erscheinen; der gesuchte Widerstand wäre also im vorliegenden Beispiel 9,435  $\Omega$ .

Weit ausgesprochener kommt der hyperbolische Charakter der Kurve zum Ausdruck, wenn man die Empfindlichkeit der Brückenkombination verringert, also z. B. eine sehr starke Übersetzung (Messung sehr kleiner oder sehr großer Widerstände) anwendet.

So wurde z. B. erhalten bei:  
 $r_1 : r_2 = 1 : 100$



und  $r_3 = 600 \ 700 \ 800 \ 900 \ 1000 \ 1500 \ 2000 \ 2500 \ 2700$   
 Ausschlag: +57 +35 +18 +5 -6 -37 -53 -63 -66

Das Bild der Stromkurve ist das in Fig. 4 dargestellte.

$r_3 =$	5	10	20	30	40	50	100	200	300	400	500	1000
Ausschlag:	+59	+7	-22	-32	-37	-40	-47	-50	-51,0	-51,5	-51,8	-52,3.

Diese Reihe ergibt umstehendes Kurvenbild

Ebenso zeigt sich die Hyperbel bei der Messung sehr hoher Widerstände:

So ergibt sich bei:  $r_1 : r_2 = 100 : 1$ .

$r_3 =$	0	50	100	200	500	750	1000	2000	5000	7500	10000
Ausschlag:	+50	+45	+40	+32	+15	+6	-1	-16	-31	-35	-37

Die Kurve gestaltet sich hier wie Fig. 6 zeigt.

Alle gezeichneten Kurven zeigen also, dass eine Interpolation jedenfalls für praktische Zwecke gestattet ist, besonders dann, wenn die Ausschläge von der Ruhelage der Nadel nicht weit abliegen.

Stuttgart, Techn. Hochschule, Juli 1887.

O. H. Schmoller.

Der gemessene Widerstand ergibt sich hier zu 9,5  $\Omega$ .  
 Sehr gut zeigt auch folgender Versuch die hyperbolische Kurve (Fig. 5):

$r_1 : r_2 = 0,1 : 10$      $r_3 = 0,11 \ \Omega$

## Neue Bücher und Flugschriften.

C. Meisner, Die Kraftübertragung auf weite Entfernungen und die Konstruktion der Triebwerke und Regulatoren für Konstrukteure, Fabrikanten und Industrielle. Nach dem Tode des Verfassers fortgesetzt und vollendet von Konrad Hartmann, Dozent der technischen Hochschule

zu Berlin-Charlottenburg. Zweiter Theil. Mit 30 lithogr. Tafeln. Jena. Hermann Costenobel. Preis M. 15.  
 Completes Handbuch über die Behandlung von Akkumulatoren. Von Sir David Salomons. Übersetzt aus dem Englischen von J. L. Huber, Ingenieur. Rostock. 1887. Preis 2 Mark.

## Bücherbesprechungen.

Hartmann & Braun, Bockenheim-Frankfurt a. M. Verzeichniss über wissenschaftliche Instrumente, besonders für elektrische und magnetische Messungen. — Optische Anstalt. — Physikalisch-astronomische Werkstätte.

Vor kurzem ist ein reichhaltiger Katalog der rühmlichst bekannten Firma Hartmann & Braun in Bockenheim-Frankfurt a. M. erschienen, welcher die von der genannten Firma gelieferten elektrischen und magnetischen, sowie die optischen Instrumente großenteils in Abbildung enthält. Viele dieser Instrumente sind von dem auf dem Gebiete der elektrischen und magnetischen Messung als Autorität geltenden Fr. Kohlrausch in Würzburg angegeben.

Das Verzeichniss enthält I. Instrumente für elektrische Messungen; II. Instrumente für magnetische Messungen; III. Optische Messinstrumente; IV. Astronomische Instrumente.

Wer Gelegenheit gehabt hat, auch nur einzelne dieser Instrumente zu prüfen, wird die Trefflichkeit derselben trotz relativ mäßigem Preise anerkennen müssen, wenn nicht schon die vielen Preise, welche die Firma auf Ausstellungen gewonnen, hinreichende Gewähr bieten könnten.

Die neu erbaute Fabrik in Bockenheim besitzt zugleich alle Einrichtungen, welche zur Anfertigung auch der feinsten Apparate notwendig sind.

Und somit sei dieses Institut allen Gelehrten und Technikern bestens empfohlen. K.

## Patentanmeldungen.

7. Juli. Elektr. Anzeigewerk für Thermometer (Zusatz zum Patent 38989). C. Ruhfus und H. Dankers, Dortmund.  
 11. Juli. Durch Einfluss wirkende Transformatoren für elektr. Ströme. Dr. S. Doubrava in Prag.  
 — Neuerung an elektrischen Bogenlampen. J. A. Essberger und J. Einstein & Co. München.  
 — Neuerungen an Dynamoelktr. Maschinen. J. A. Kingdon in London.  
 — Neuerungen an Sekundär-Batterien. A. V. Abeserole in New-York.  
 — Neuerung an elektrischen Öfen für metallurgische Operationen. A. H. Cowles und E. H. Cowles in Cleveland. U. S.  
 14. Juli. Leitungsabzweigung mit Sicherheitsschalter für elektr. Leitungen. Bielefelder Nähmaschinenfabrik Hengstenberger & Co.  
 — Vorrichtung zum Heben und Senken der Elektroden galvanischer Batterien. Ch. G. Curtis, Sch. S. Wheeler und F. B. Crocker in New-York.

14. Juli. Eine automatische primäre Batterie. Ch. E. O'Keeman in St. Cloud.  
 28. Juli. Elektromagnetisches Zeigerwerk, um die Temperatur in entfernten Räumen zu erkennen. (Zusatz zum Patent 39259). K. G. Hoffmann in Leipzig.  
 4. Aug. Neuerungen an Ein- und Ausschaltern für elektrische Ströme. B. Egger in Wien, Kl. Neugasse 23.  
 — Vorrichtung zur Verstellung der Bürsten an elektrischen Motoren. E. Jalien in Brüssel.  
 — Regulirbares Telephon. G. Lagache in Paris.  
 — Controll-Wechsaltungen. E. Mauritius in Kreuznach.  
 — Selbstthätige Ausschaltung für elektrische Bogenlampen mit schwingenden Kohlen. Ch. M. Noble in Anniston, Alabama.  
 — Neuerungen an Vorrichtungen zum Schliessen des Stromkreises bei elektrischen Brems- und anderen Einrichtungen. E. Ries in Baltimore, Maryland.  
 — Neuerungen an Elektrizitäts-Massapparaten. V. Thelin in Lausanne.