

C. Saunier



Lehrbuch
der
Uhrmacherei

5. Band

II. Teil

VERLAGSBUCHHANDLUNG FÜR KUNST UND GEWERBE
FERNSPRECHER 2091 und 2093 / TALSTRASSE 2

FÜR

Kevin A. Schmeller

9. reference

FOL.

DEN 23. Juli 1919.

1	An Sämling, Lehrbuch V ^{1,2}	OK	36.	30
	Porto, Verpackung	"	1.	25
		OK	37.	55

Betrag sondernd erhalten.

Postcheckkonto Leipzig Nr. 4107

Ich bitte um gefl. Einleitung des vorstehenden Betrages bis zum, andernfalls werde ich mir erlauben, denselben der Kürze halber zuzüglich der Spesen p. Postkarte zu erheben.

Schmeller
1920

LEHRBUCH DER UHRMACHEREI

IN

THEORIE UND PRAXIS

VON

CLAUDIUS SAUNIER †

früherer Direktor der Uhrmacherschule zu Macon, General-Sekretär des
zur Hebung der Uhrmacherkunst begründeten Uhrmachervereines in Paris,
Mitglied mehrerer gelehrter Gesellschaften, Ritter der Ehrenlegion usw.

V. BAND

Ergänzungen zum Hauptwerke.

II. TEIL: DIE ELEKTRISCHEN UHREN.

20 Kapitel mit 345 Textfiguren und 8 Tafeln,
sowie 9 Tabellen, verfaßt von

GUSTAV KRUMM

Fachlehrer an der fachlichen Fortbildungsschule für Uhrmacher, der
genossenschaftlichen Lehrwerkstätte für Uhrmacher in Wien usw.

Emil Hübners Verlag Bautzen in Sachsen

Druck von Willy Hordler, Radeberg, Hauptstraße 13.

Vorwort.

Dem Auftrage, zu Claudius Sauniers preisgekröntem Werke jenen Teil zu verfassen, der den Bau, die Aufstellung und den Betrieb elektrischer Uhren behandelt, bin ich mit Freuden nachgekommen, wenn gleich ich mir der Größe und Verantwortlichkeit dieser Aufgabe vollständig bewußt war. Galt es doch Seite an Seite mit dem bewährten Meister unserer Fachliteratur, Ingenieur C. Dietzschold, dem Begründer der Kinematik in der theoretischen Uhrmacherei, die Ergänzung zu diesem Lehrbuche herzustellen.

Die Literatur der Zeitlegraphie weist schon einige vorzügliche Werke auf, so daß es sich bei Schaffung dieses Buches keinesfalls darum handeln konnte, wesentlich neues zu bringen oder die bekannte „Lücke“ auszufüllen, sondern den Besitzern von Sauniers ausgezeichnetem Werke mit der Ergänzung und Bearbeitung des alten Werkes nach dem derzeitigen Stande der Wissenschaft auch ein Lehrbuch über die moderne und zukunftsreichste Richtung unseres Faches, die elektrischen Uhren zu geben.

Bei der Wahl des Stoffes ließ ich mich von den Erfahrungen leiten, die ich mir in den vielen Jahren meiner beruflichen Tätigkeit gesammelt habe, bei der Aufteilung desselben aber von rein pädagogischen Grundsätzen. Vor allem trachtete ich in dem Werke alles das zu bringen, dessen der Praktiker bedarf und es so anzuordnen, daß dem Leser das Studium erleichtert wird, indem sich der Stoff in fortschreitender Richtung entwickelt.

Um möglichst klare und deutliche Anschauungen zu vermitteln, wurde eine bedeutende Anzahl von Illustrationen eingefügt, deren Herstellung teilweise mit vieler Mühe verbunden war und auch dem Herrn Verleger große Opfer auferlegte.

Erfreulicherweise unterstützten einige seriöse Firmen dieses Werk, indem sie Abbildungen und Klichees in der uneigennützigsten

Weise dem Verlage zur Verfügung stellten, wofür ich ihnen an dieser Stelle besonders danke.

Es sind dies die Firmen:

R. Abrahamsohn in Berlin,
C. Bohmeyer in Halle a. d. S.
H. Cohen jun. in München,
A. Favarger in Neuchâtel,
P. Firchow in Berlin,
Hartmann & Braun A. G. in Frankfurt a. M.
H. Möller in Berlin,
Mitteldeutsche Uhrenfabrik in Wolfenhagen, Bez. Kassel,
J. Nehers Söhne in München,
Th. Rochlitz in Berlin,
Cl. Riefler in München,
Siemens & Halske in Wien,
Th. Wagner in Wiesbaden, usw.

Bei der Wahl des Stoffes fand ich es für notwendig, die elektrischen Grunderscheinungen aufzunehmen, um dem Wunsche jener Herrn Kollegen entgegenzukommen, die sich bisher garnicht mit der Elektrizitätslehre befaßt haben und nun doch durch den allgemeinen Fortschritt veranlaßt werden, ihre geschäftliche Tätigkeit dahin auszudehnen. Dagegen wurde sonst alles weggelassen, was mit dem Fache nicht in direktem Zusammenhange steht.

Mit der Beigabe einer größeren Zahl von Beispielen als sonst üblich, glaube ich dem Wunsche vieler Leser entsprochen zu haben und bitte diejenigen, welche ihrer nicht zu bedürfen meinen, das Studium derselben dem Anfänger zu überlassen, aber die Berechtigung ihrer Aufnahme anzuerkennen.

Es ist mit Bestimmtheit anzunehmen, daß manche Leser hier oder dort etwas vermissen werden, was ihrer Meinung nach Aufnahme hätte finden müssen. Diesen möchte ich zu bedenken geben, welchen Umfang ein Werk wie das vorliegende annehmen würde, wenn alle Anregungen, die aus Leserkreisen stammen und individuelle Wünsche vertreten, berücksichtigt werden müßten.

Es ist überhaupt unvermeidlich, bei der Bearbeitung eines so umfangreichen Stoffes, dessen Theorie sich häufig auf Hypothesen stützt, mitunter einen persönlichen Standpunkt einzunehmen, beziehungsweise dieses oder jenes von einem anderen Gesichtspunkte

automatischer Nachstellvorrichtung von G. Krumm. Normaluhr mit Sekundenkontakt von Dr. S. Riefler. Intermittierender Sekundenkontakt Dr. S. Riefler. Pendelkontakt von Dr. S. Riefler. Die elektrische Fernstellung von Dr. S. Riefler.

17. Kapitel (Seite 306 — 322).

• **Nebenuhren.** Nebenuhr für Gleichstrom von J. Honisch. D. Perret. Nebenuhr für schwere Zeiger von G. Krumm. Polarisiertes Zeigerwerk von E. Thomas. Arretiervorrichtung E. Thomas. Nebenuhr Peyer. Nebenuhr A. Favarger. Nebenuhr Th. Wagner. Nebenuhr C. Bohmeyer. Polarisierte Nebenuhr mit schwingendem Elektromagneten. Nebenuhr von Siemens & Halske. Nebenuhren von H. Aron. Elektrische Auslösung der Turmuhren von H. Aron. Auslösung von A. Favarger. Synchronisiereinrichtungen von Dr. S. Riefler.

18. Kapitel (Seite 323 — 346).

Die elektrischen Zeitdienstanlagen für wissenschaftliche Zwecke. Allgemeine Betrachtungen. Der Chronograph von Dr. M. Hipp. Das Relais. Der Sekundenklopfer. Die Anlage der elektrischen Uhren am physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg von Dr. S. Riefler. Die Haupt- und Betriebsuhren. Synchronisierung. Die Kontakte für das Heckersche Horizontalpendel und den Wichertschen Seismographen. Der Chronograph. Schalttafeln, Batterien und Stromverbrauch. Tabellen über den Stromverbrauch der drei Batterien. Tabelle über den Gang der Hauptuhr. Einfache Uhrenanlagen für Zeitbestimmungen. Kontrolle durch das Milliampèremeter. Ausgleichwiderstände für Leitungen. Die elektrische Zeitdienstanlage der Uraniasternwarte in Wien. Die Hauptuhr von Prof A. Irk. Betriebsuhr. Synchronisiereinrichtung. Kontakte. Auslösung der Mittagssignale. Zeitsignale für Telefonabonnenten. Beobachtungsuhr beim Refraktor. Uhr im Präsidialzimmer. Betriebsuhr für die Synchronisierung der Sternzeitregulateure. Halbsekundenregulateure. Uhrenzimmer. Schalttafel.

19. Kapitel (Seite 346 — 362).

Schlagwerke. Schlaguhr von Doubrowsky. Schlaguhr M. Möller. Schlagwerke der „Mitteldeutschen Uhrenfabrik“. Turm-

Aufzugsvorrichtung H. Aron 276.
" M. Möller 278.
" C. Bohmeyer 280.
" Th. Wagner 283.
" mit Differentialräderwerk für Turmuhren 284.
" von J. Nehers Söhne 287.
" von Schwilgue & Unger 289.
" mit endloser Kette von C. Rochlitz 292.
" mit Exzenterwerk von G. Krumm 291.
Ausbreitung der Elektrizität auf der Oberfläche 5.
Ausgleich der Elektrizitäten im Verbindungsleiter 19.
Auskristallisieren des Salmiak 36.
Auslaugen des Kohlenpoles 37.
Auslösung für Turmuhren von A. Farvarger 321.
Auslösung für Turmuhren von H. Aron 320.
Ausschalter für Wärmewirkung 364.
Automatischer Nachstellkontakt G. Krumm 299.

B

Batteriekasten 169.
Batteriekontrollinstrumente 170.
Batterien, galvanische, 168.
Batterien, die Einrichtung der, 171.
Batterien und Stromverbrauch der Zeitdienstanlage am physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg 331.
Behandlung der Elemente 28, 29, 30, 31, 32, 36.
Beobachtungsuhr beim Refraktor der Uraniasternwarte in Wien 346.
Bernstein (Electron) 1.
Betrachtungen. allgemeine, über Kontakte 231.
Betriebsuhr am physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg 327.
Betriebsuhr der Uraniasternwarte in Wien 341.
Bestimmung des Drahtdurchmessers nach dem höchstzulässigen Widerstand 223.
Berechnung des Widerstandes einer Drahtspule 63.
Berechnung des Widerstandes verschiedener Leiter 59.
Berechnung des Drahtgewichtes einer Leitung 60.
Berechnung des Widerstandes und Gewichtes einer Kupferleitung 67.
Berechnung der Kapazität 158.
Berechnung der Länge eines Leiters aus seinem Widerstande 68.
Berechnung des Widerstandes der Wicklung einer Neusilberdrahtspule 68.
Berechnung der Länge eines Widerstandsdrahtes 69.
Berechnung des Widerstandes unter Berücksichtigung der Temperatur 69.

Berechnung des Widerstandes im zusammengesetzten Leiter 71.
Berechnung des inneren Widerstandes der Batterie bei gemischter
Schaltung 74.
Berechnung von Stromstärke und Spannung 76.
Berechnung des Spannungsverlustes im Leiter 221.
Berechnung der Stromstärke im verzweigten Leiter 89.
Berechnung der Kosten einer elektrischen Uhrenanlage 231.
Berührungselektrizität 13.
Beutelement 35.
Bifilarer Widerstand im Nebenschluß 232.
Bleielektroden, Verkupfern von, 29.
Bleioxydakkumulatoren 41.
Blitzschutzvorrichtungen 196.
Blitzschutzvorrichtungen, Anschluß der, an die Leitung 200.
Blitzschutzvorrichtungen, Montage der 201.
Bohmeyer, C., Pendelantrieb 257.
 „ Aufzugsvorrichtung 280.
 „ Hauptuhr 295.
 „ Nebenuhren 314.
 „ Signaluhren 357.
 „ Motorläutewerk 360.
 „ Starkstromrelais 361.
 „ Schwachstromrelais 361.
Boussole 19, 92.
Brikettelement 38.
Brücke, Wheatstonsche 114.

C

Cardew, Hitzdrahtampèremeter 106.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Daniellelement 24.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Meidingererelement 27.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Deutschen Reichstelegraphenelement 30.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Cupronelement 31.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Wedekindelement 32.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Leclancheelement 34.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Beutelement 36.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Brikettelement 38.

Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Plantèakkumulator 42.
Chemische Veränderung des Elektrolyten und der Elektroden im
Edisonakkumulator 48.
Chemischer Vorgang beim Formieren der Akkumulatorenplatten 42.
Chemische Wirkung des elektrischen Stromes 20.
Chemischen Energie, Umwandlung der, in elektrische 15.
Chronograph von Dr. M. Hipp 323.
Cohen, H., jun., der Pendelfederantrieb 264.
Cohen, H., jun. die Aufzugsvorrichtung 273.
Comanchomagnet 136.
Coulomb, die dualistische Hypothese 6.
Coulomb, die Gesetze der Anziehung und Abstoßung 9.
Corrensakkumulator 44.
Cupronelement 31.

D

Daniellelement 23.
Dekadenwiderstand von Hartmann & Braun 109.
Deutsche Reichstelegraphenelement 30.
Depolarisation 23.
Deprèzgalvanometer 99.
Diagramme des Spannungsabfalles 82.
Differentialräderwerk, Aufzüge mit 284.
Direkter Pendelantrieb von Siemens & Halske 248.
" " " Dr. M. Hipp 245.
" " " J. Honisch 248.
" " " A. Lang 254.
" " " H. Aron 255.
" " " C. Bohmeyer 257.
Doppelkontakt für Schwachstrom 235.
Doppelkontakt für Starkstrom 241.
Drahtabzweigungen 204.
Drahtdurchmessers, Berechnung des, aus dem höchstzulässigen
Widerstand 223.
Drahtdurchmessers, Berechnung des, aus Länge und Widerstand 57.
Drahtverbindungen 204.
Drahtstärke, Berechnung der, aus dem ganzen Durchmesser 65.
Drahtquerschnitte und Durchmesser, Tabelle der 61, 62.
Dualistische Hypothese von Coulomb 6.
Dynamische Wirkung des elektrischen Stromes 19.
Dynamometer von Siemens 105.
Dynamomaschinen 147.
Doubrowsky, Schlagwerke von 347.

E

- Edisonakkumulatoren 47.
Edisonsicherungen 192.
Eger & Osnaghy, Sekundenuhr 253.
Eisenoxydelektrode 47.
Einführung für Leitungen 180, 182.
Elektrische Induktion 145.
Elektrische Maßeinheiten 76.
Elektrische Pendel, das, von Aug. Joly 260.
Elektrische Schlaguhren 347.
Elektrische Signaluhren 351.
Elektrische Turmuhraufzüge 284.
Elektrische Fernstellung von Dr. S. Riefler 304.
Elektrischer Uhren, der Antrieb selbständiger 245.
Elektrische Uhraufzüge 267.
Elektrische Zeitdienstanlagen für wissenschaftliche Zwecke 323.
Elektrischen Stromes, die Gesetze des 50.
Elektrizitäten, Ausgleich der, im Verbindungsleiter 19.
Elektroden der Elemente 23, 25, 30, 31, 32, 34, 35, 38, 39, 40, 48.
Elektroden, das Amalgamieren der 28.
Elektromotorische Kraft 18.
Elektromagnete 124.
Elektromagnete, Regeln für den Bau der, 129.
Elektronen, Ausbreitung der, an der Oberfläche guter Leiter 5.
Elektronentheorie 6.
Elemente, gemischte Schaltung der 73.
 „ inkonstante 33.
 „ konstante 23.
 „ Parallelschaltung der 55.
 „ Serienschaltung der 54.
 „ Sekundär- 40.
 „ Tabelle des inneren Widerstandes einiger 62.
 „ Trocken- 39.
Entladung der Akkumulatoren 43, 49.
Entdeckung Galvanis 19.
Erregermasse Zierfuß 39.
Erzeugung der Reibungselektrizität 2.
Exzenteraufzug G. Krumm 291.

F

- Favarger, Nebenuhr 312.
Federaufzug, C. Bohmeyer, 280.
 „ D. Perret, 275.
 „ H. Aron, 276.
 „ M. Möller 278.

Saunier, Lehrbuch der Uhrmacherei. Bd. 5.

b

Gleichstromdynamo 148.
 Gleichstromzentrale 153.
 Gleichstromkontakte 237.
 Gleitwiderstände 110.
 Gleichstromnebenuhr von J. Honisch 306.
 Gleichstromnebenuhr von D. Perret 307.
 Gleichstromnebenuhr für schwere Zeiger von G. Krumm 308.
 Grätzsche Schaltung 162.

H

Hagener Akkumulatoren 46.
 Hartmann & Braun A. G. Ampèremeter 104.
 " " aperiodisches Milliampèremeter 104.
 " " aperiodisches Millivoltmeter 107.
 " " Dekadenwiderstand 109.
 " " Universalinstrument 116.
 Hauks Trockenelement 39.
 Hahn, A., Signaluhr 351.
 Hauptuhr für Minutenkontakt von A. Lang 255.
 " " " C. Bohmeyer 295.
 " " " C. M. Engelhardt 258.
 " " " D. Perret 275.
 " " " G. Krumm 270, 290.
 " " " H. Aron 296.
 " " " J. Honisch 248.
 " " " Stony & Kübling 259.
 " " " Th. Wagner 297.
 Hauptuhr für Sekundenkontakt von C. Bohmeyer 257.
 " " " Dr. S. Riefler 302, 303, 320.
 " " " Dr. M. Hipp 252.
 " " " H. Cohen jun. 264.
 " " " Osnaghy & Eger 253.
 " " " E. Steiffer 265.
 " " " Prof. A. Irk 263.
 " " " Prof. A. Irk für die Urania-
 sternwarte 338.
 Hausleitungsanschluß 186.
 Herstellung der Magnetwicklung 140.
 Hewittscher Gleichrichter 166.
 Hipp, Dr. M., Chronograph 323.
 Hippkontakt einfach 245.
 Hippkontakt mit Kurzschluß des Induktionsstromkreises 246.
 Hipp-Sekundenkontakt 251.
 Hipp-Pendeluhr 247.
 Hipp-Präzisionspendeluhr 252.

Hitzdrahtinstrument nach Cardew 106.
Honisch, J., Nebenuhr 306.
Honisch, J., Pendeluhr 248.
Hufeisenmagnete 120.
Hypothese von Franklin 6.
Hypothese von Coulomb 6.

I

Induktion, magnetische 127.
Induktion, magnetelektrische 143.
Induktion, elektrische, 145.
Induktionsstrom 146.
Induktionsstromkreises, Kurzschließen des, 233.
Induktionsfunken, die Verhinderung des 232.
Induktion 172.
Indirekter Pendelantrieb von S. M. Engelhardt 258.
" " " Stony & Küßling 259.
Indirekter Pendelantrieb durch die Pendelfeder von Aug. Joly 260.
" " " " " " E. Pfeiffer 265.
" " " " " " H. Cohen 263.
" " " " " " Prof. A. Irk 264.
" " " " " " Siemens-
Schuckert 262.
Influenzelektrizität 7.
Influenz, magnetische 119.
Inkonstante Elemente 33.
Innerer Widerstand einiger Elemente 62.
Innerer Widerstand der Batterien in gemischter Schaltung 73
Intensität 56.
Intensität im verzweigten Leiter 85.
Intermittierender Sekundenkontakt von Dr. S. Riefler 302, 326.
Ionen 26.
Isolatoren für Leitungen 182.
Isolierfüße der Akkumulatoren 155.
Isolierung der Leitungsdrähte 175.
Irk, Prof. A., Pendelfederantrieb 263.
Irk, Prof. A., Pendeluhr 338.

K

Kabel 184.
Kabelanschluß 186.
Kabellegung 185.
Kapazität der Akkumulatoren 158.

Kette, endloser, Turmuhraufzug mit 292.
Koërzitivkraft 128.
Kohlenpoles, Herstellung des 33.
Kondensatoren 12.
Kondensatoren, die Schaltung der, bei Kontakten 234.
Konduktoren 7.
Konservieren der Zuleitungsdrähte bei Elementen 28.
Kontakte 231.
Kontakte von Dr. M. Hipp 245, 246, 251.
Kontakte für das Heckersche Horizontalpendel 327.
Kontakte für den Wichertschen Seismographen 329.
Kontakt von M. Möller 278.
Kontakte von Prof. A. Irk für die Betriebsuhr der Urania-Uhren-
anlage 341.
Kontaktelektrizität 13.
Konstante Elemente 23.
Konstante Antriebskraft durch die Pendelfeder von Aug. Joly 261.
" " " " " " Siemens-
Schuckert 262.
" " " " " " Prof. A. Irk 263.
" " " " " " H. Cohen jun.
264.
" " " " " " E. Pfeifer 265.
Körperchen, Anziehung und Abstoßung der, 2.
Kostenberechnung einer elektrischen Uhrenanlage 231.
Kontrolleinrichtung für Batterien 171.
Kontrolle durch das Milliampèremeter 336.
Kontrolle der Stromquellen 171.
Kraftlinien 121.
Kraft, magnetische 133.
Krumm, G., Normaluhr 271.
" Exzenteraufzug für Turmuhren 291.
" Normaluhr mit automatischer Nachstellvorrichtung 299.
" Nebenuhr 308.
" Pendelkontakt 250.
" Schlagwerk für Turmuhren 350.
Kuhlodrähte, Montage und Material der, 209.
Kupfersulfat, das Lösen von, 29.

L

Ladevorrichtung zum Laden der Akkumulatoren 156, 162, 163,
164, 166, 168, 174.
Ladeprozess 44.
Ladung der Akkumulatoren 157.

Ladung des Cupronelementes 31.
Ladung des Wedekindelementes 32.
Ladung der Kondensatoren 13.
Lamellenmagnete 121.
Lampenwiderstand 156.
Lang, A., Pendeluhr mit Weckeinrichtung 254.
Länge des Leiters und Leitfähigkeit 57.
Latenter elektrische Zustand der Körper 9.
Leclanchéelement 33.
Leiter. Konduktoren 7.
Leiter, Spannungsverlust im, 81.
Leiter, Widerstand und Stromstärke im verzweigten, 81.
Leiter, Widerstand und Stromstärke im zusammengesetzten, 70.
Leitung, Projektierung einer, 225.
Leitungsmaterial 175.
Leitungsverlegung 178.
Leitungsvermögen spezifisches 57.
Lenz, Gesetz von, 143.
Linienhaltung 169, 230.
Lösen des Kupfersulfates 29.

M

Magnete, Elektro- 124.
Magnete mit schwingendem Anker 137.
Magnete polarisierte 138.
Magnete permanente 117.
Magnetischer Funkenreißer 240.
Magnetanordnungen des Hipp-Pendels 247.
Magnetelektrische Induktion 143.
Magnetinduktor 172.
Magnetelektrische Maschinen 147.
Magnetisierungsarbeit 122.
Magnetisieren 123.
Magnetisierende Kraft 128.
Magnetismus freier 122.
Magnetische Induktion 129.
Magnetismus 117.
Magnetische Wirkung des elektrischen Stromes 19.
Magnetstab 118.
Magnetspulen, das Wickeln der, 140.
Maßeinheiten, die elektrischen 76.
Material für Magnete 120.
Mayer M., der elektrische Aufzug von, 267.
Mauerdurchführung 180.

Mehrfach verzweigte Leitungen 81.
 Mehrlinien-Kontakt von Th. Wagner 297.
 Meidinger Elemente 25.
 Meßapparate 92.
 Messung des elektrischen Stromes 92.
 Methode der Brückenmessung 112.
 Milliampèremeter, aperiodisches, von Hartmann & Braun 104.
 Millivoltmeter, aperiodisches, von Hartmann & Braun 107.
 Molekularmagnet 119.
 Möller, M., Aufzug 278.
 " Kontakte 279.
 " Schlaguhr 347.
 " Signaluhr 353.
 Montage der Blitzschutzvorrichtungen 197.
 Montage der Wachsdrahtleitungen 178.
 Montage der Sicherungen 194.
 Montage in feuchten Räumen 181.

N

Nebenschlußwiderstand 101, 232.
 Nebenuhren für Gleichstrom von J. Honisch 306.
 " " " " D. Perret 307.
 " " " " G. Krumm 308.
 Nebenuhren mit polarisierten Magneten von E. Thomas 309.
 " " " " " Peger 311.
 " " " " " A. Farvarger 312.
 " " " " " Th. Wagner 312.
 " " " " " C. Bohmeyer 314, 316.
 " " " " " Siemens & Halske 318.
 " " " " " H. Aron 319.
 " " " " " mit Stiftanker H. Aron 320.
 Nebenuhren, synchronisierte, 321, 341.
 Neher, J., Söhne, automatischer Turmuhraufzug 287.
 Nichtleiter (Isolatoren) 7.
 Nickeloxydelektroden 47.
 Normaluhren für Minutenkontakt von A. Lang 255.
 " " " " C. M. Engelhardt 258.
 " " " " C. Bohmeyer 295.
 " " " " D. Perret 275.
 " " " " G. Krumm 270, 290.
 " " " " H. Aron 296.
 " " " " J. Honisch 248.
 " " " " Stony & Küssling 259.
 " " " " Th. Wagner 297.

Normaluhren mit Sekundenkontakt von C. Bohmeyer 257.
 " " " " Dr. S. Riefler 302, 304, 320.
 " " " " Dr. M. Hipp 252.
 " " " " H. Cohen jun. 264.
 " " " " Osnaghy & Eger 253.
 " " " " Prof. A. Irk 265.
 Normaluhr der Uraniasternwarte von Prof. A. Irk 338.

O

Ohm 59.
 Ohmisches Gesetz 75.
 Ohmmeter 116.
 Osnaghy & Eger, Sekundenuhr 253

P

Parallelschaltung der Elemente 72.
 Pendelantrieb, direkter, von Dr. M. Hipp 247.
 " " " J. Honisch 249.
 " " " A. Lang 255.
 " " " H. Aron 256.
 " " " C. Bohmeyer 257.
 Pendelantrieb, indirekter, von C. M. Engelhardt 258.
 " " " Stony & Küssling 259.
 Pendelfederantrieb von Aug. Joly 260.
 " " Siemens-Schuckert 262.
 " " Prof. A. Irk 263.
 " " H. Cohen jun. 264.
 " " E. Pfeiffer 265.
 Pendelkontakt von Dr. M. Hipp 245, 246, 251.
 " " G. Krumm 250.
 " " Osnaghy & Eger 253.
 " " Dr. S. Riefler 304.
 " " H. Cohen jun. 264.
 " " E. Pfeiffer 265.
 Pendeluhr von Dr. M. Hipp 248, 252.
 " " J. Honisch 249.
 " " Osnaghy & Eger 253.
 " " A. Lang 254.
 " " H. Aron 256.
 " " C. M. Engelhardt 258.
 " " Stony & Küssling 259.
 " " A. Wimbauer 269.

Pendeluhr von G. Krumm 270.
" " Th. Wagner 283.
" " Dr. S. Riefler 303, 326.
" " Prof. A. Irk 338.
Peschelrohr als Nulleiter 214.
Peschelrohrmontage 316.
Permeabilität 126.
Perret Nebenuhr 307.
Perret Normaluhr 276.
Physikalisches Staatslaboratorium, die Uhrenanlage am 325.
Physiologische Wirkung des elektrischen Stromes 20.
Plantéakkumulatoren 41.
Polarisation 22.
Polarisationszellen 41.
Polarisationsstrom 41.
Polarisierte Zeigerwerke 309.
Polarisierte Magnete 138.
Polarität des zerteilten Magneten 118.
Pole, magnetische, 119.
Positive Elektrizität 5.
Potentialdifferenz 18.
Potentiale 18.
Primärstrom 146.
Primärelemente 21.
Projektierung einer elektrischen Uhrenanlage 225.
Prüfung der Leitung auf Schluß an den Verbindungsstellen 362.
Prüfung der Leitungen auf Erdschluß 364.
Prüfung der Leitungen auf Unterbrechungen 363.

Q

Quecksilberdampfgleichrichter 166.
Quecksilberkontakt 243.
Querschnitt des Leiters und Widerstand 57.
Querschnittabelle von Kupferdrähten 61.

R

Regeln für den Bau von Elektromagneten 129.
Regeneration 33.
Regulator von Dr. M. Hipp 252.
" " Dr. S. Riefler 306, 326.
" " Prof. A. Irk 338.
Registrierapparat von Dr. M. Hipp.

XXVI

Reibungselektrizität 1.
Reibungskontakte 237.
Reichstelegraphenelement 30.
Relais 325, 361.
Remanenz 125, 142, 269,
Rheostat 108.
Riefler, Dr. S., Fernstellvorrichtung 304.
" " " intermittierender Sekundenkontakt 302.
" " " Pendelkontakt 304.
" " " Zeitdienstanlage am physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg 325.
Riefler, Dr. S., Schalttafeln, Tafel V und VI.
Rochlitz, C., Turmuhrenaufzug 292.
Rohrdrähte, System Kuhlo 209.
Rohrdrahtmontage 211.
Rotierender Quecksilberkontakt 244.

S

Schalttafeln 151, 153, 156, Tafel I, II, III, IV, V und VI.
Schaltvorrichtung für Turmuhraufzüge von C. Rochlitz 294.
" " " " G. Krumm 292.
" " " " J. Nehers Söhne 287.
Schema einer elektrischen Uhrenanlage 229.
Schlagwerke von K. Doubrowsky 346.
" von M. Möller 347.
" der Mitteldeutschen Uhrenfabrik 349.
" für Turmuhren von G. Krumm 350.
Schleifkontakte 237.
Schwefelsäure, Verdünnen der, 29.
Schwilgue und Ungerer, Turmuhraufzug von 289.
Sekundärelemente 40.
Sekundärstrom 146, 164.
Sekundenklopfer von Dr. S. Riefler 324.
Sekundenkontakt von Dr. M. Hipp 251.
" " Dr. S. Riefler 302, 304, 326.
" " Osnaghy & Eger 253.
Selbstständige elektrische Uhren 245.
Serienschaltung der Elemente 54.
Sicherung 189.
Signaluhren 351.
Sinusboussole 94.
Solenoid 134.
Solenoidampèremeter 103.
Spannungsabfall 81.

Spannungsdifferenz 18, 51.
Spannungsmesser 107.
Spannungsverlust im gesamten Stromwege 81.
Staffelkontakt 236.
Starkstromkontakt 239.
Starkstromleitung 189.
Stromübertragungsanlagen 175.
Strommessungen 92.
Stromstärke 56.
Stromquellen 147.
Stromverzweigung 84.
Synchronisiereinrichtungen von Dr. S. Riefler 321.
Synchronisiereinrichtungen von Prof. A. Irk 341.

T

Tabelle I, Widerstand, Querschnitt und Gewicht von Kupferdrähten 61.
„ II, Widerstandskoeffizienten 62.
„ III, Innerer Widerstand einiger Elemente 62.
„ IV, Lampenwiderstände 174.
„ V, Belastungsgrenze einiger Querschnitte 196.
„ VI, Stromverbrauch der Batterie I 332.
„ VII, „ „ „ II 333.
„ VIII, „ „ „ „ III 333.
„ IX, Gangtabelle der Riefleruhr No. 74, 335.
Tafel I, Gleitwiderstände der Firma R. Abrahamsohn.
„ II, Ladeschalttafeln der Firma Th. Wagner.
„ III, Kontrolleinrichtungen und Relais der Firma Th. Wagner.
„ IV, Ladeschalttafeln der Firma Siemens & Halske.
„ V, Schalttafeln der Firma Cl. Riefler.
„ VI, Kombinierte Lade- und Verteilerschalttafel Cl. Riefler.
„ VII, Exzenteraufzug für Turmuhren.
„ VIII, Normaluhr mit 6 Linienkontakt von Th. Wagner.
Tangentenboussole 96.
Testorfmagnet 137.
Theorie von Volta 14.
Torsionsdynamometer von Siemens 105.
Topfmagnet 136.
Tragkraft der Stahlmagneten 123.
Transformatoren 164.
Transversalschwingungen 124.
Trockenelemente 28.
Tudorakkumulatoren 45.
Turmuhraufzüge 284.
Turmuhrauslösung von Farvarger & Comp. 321.

Turmuhrauslösung von H. Aron 320.
Turmuhrschlagwerk von G. Krumm 350.

U

Uhraufzüge 267.
Umformer, Gleichrichter 161.
Umschaltvorrichtung für Reservebatterien, Tafel III, Fig. 2.
Umwandlung chemischer Energie in elektrische 15.
Unitarische Hypothese von Franklin 6.

V

Verdünnen der Schwefelsäure 29.
Verhinderung der Polarisierung 23.
Verhinderung der Auskristallisierung von Salmiak 36.
Verhinderung des Induktionsfunken 232.
Verteilertafel, 229, Tafel III, Fig. 1, Tafel IV, Fig. 1.
Verteilungselektrizität 7.
Vierkohlenkontakt 242.
Volta's Element 14.
Volta's Theorie 13.
Vorgang, chemischer, bei der Formierung der Akkumulatorplatten 219.
Vorschaltwiderstände 110, 156, 229.

W

Wagner, Th., Aufzugsmechanismus 283.
 " " Pendeluhr 282.
 " " Normaluhr für 6 Linien. Tafel VIII, Fig. 1.
 " " Nebenuhr 313.
 " " Schalttafeln, Tafel II, Fig. 1, 2 und 3.
 " " Starkstromrelais, Tafel III, Fig. 3.
 " " Sechslinienkontakt 297.
 " " Kontrolleinrichtungen, Tafel III, Fig. I.
 " " Spannungsprüfer und Umschalter, Tafel III, Fig. 2.
Wachsdrahtmontage 178.
Wahl der Elemente 169.
Wahl der Isolation 175.
Wanderung der Ionen 26.
Wärmewirkung des elektrischen Stromes 19.
Wärmemelder 364.
Wechselstromdynamo 147.

Wechselstromzentrale 150.
Wedekindelement 32.
Wheatstonsche Brücke 114.
Wicklung der Magnete 140.
Widerstand 57.
Widerstandsloser Pendelkontakt von G. Krumm 250.
Widerstand im zusammengesetzten Leiter 70.
Widerstand im verzweigten Leiter 81.
Widerstand, innerer, der Elemente in gemischter Schaltung 73.
Widerstandsmessung 108.
Widerstand, spezifischer 58.
Widerstandstabellen 61, 62, 174.

Z

Zeigerwerke, elektrische 306.
Zeitdienstanlagen für wissenschaftliche Zwecke 223.
Zersetzung des Elektrolyten 22, 24, 34.
Zierfuß, Erregermasse 39.
Zinkpoles, Amalgamieren des, 28.
Zinkpoles, Material des, 36.

Reibungselektrizität.

Die Kenntnis einzelner elektrischer Erscheinungen reicht in das graue Altertum zurück, viele Jahrhunderte lang unverändert bleibend, da es an wesentlichen Entdeckungen fehlte, die zur Erweiterung der damaligen Kenntnisse beigetragen hätten.

Erst der neueren Zeit blieb es vorbehalten diese Wissenschaft auszubauen, indem die Gesetzmäßigkeit der einzelnen Erscheinungen nachgewiesen und die Möglichkeit ihrer Hervorrufung durch die Konstruktion geeigneter Apparate gefördert wurde.

Hierdurch erweiterte sich der Umfang dieses Wissensgebietes allmählich bedeutend, indem es gelang, bisher unbekannte Ursachen mancher Erscheinungen durch die Gesetzmäßigkeit des Auftretens derselben festzustellen und infolge ihres Zusammenhanges mit anderen bekannten Erscheinungen gleichfalls in das Gebiet der Elektrotechnik einzureihen.

Andererseits wurden durch das Experimentieren, welches das Studium der einzelnen Erscheinungen erforderte, neue Erscheinungen entdeckt, deren Hervorrufung gleich manchen der früheren, im praktischen Leben Anwendung erfuhr und die nun einen Bestandteil des komplizierten Apparates bilden, dessen wir heute bedürfen, um unseren hochgespannten Lebensanforderungen gerecht zu werden. —

Das Wesen der Elektrizität, der Ursache aller elektrischen Erscheinungen ist uns heute noch ebenso unbekannt wie im Altertume, als es gelang, auf einfachste Art sie zu erzeugen und mit ihr primitive Erscheinungen hervorzurufen.

Thales von Milet fand 640 v. Chr. daß Bernstein (Elektron), wenn er gerieben wurde, auf kleine leichte Körperchen eine Kraft ausübte. Die wesentlichste Entdeckung der folgenden

Zeit war, daß diese Eigenschaft auch an anderen Stoffen gefunden wurde und dies blieb durch lange Zeit der Umfang der heute so mächtigen Wissenschaft.

Die Ursache dieser Erscheinungen ist die Elektrizität, die Form einer Energieäußerung, welche infolge der Reibung von hierzu geeigneten Körpern, in denselben auftritt.

Da man nach dem derzeitigen Stande der Wissenschaft diese Energieäußerung auch auf anderem Wege hervorrufen kann, bezeichnet man in der Physik die solcherart entstandene Elektrizität als Reibungselektrizität.

Dieselbe hat bislang in der Zeitlegraphie keine Anwendung gefunden, ihre Erscheinungen sind aber grundlegend für das Verständnis der Erklärung aller Gesetze, die beim Bau und der Instandhaltung des elektrischen Teiles einer Zeitlegraphen-anlage eingehalten werden sollen, weshalb die wichtigsten derselben zunächst hier Aufnahme finden.

Zur Erzeugung der Reibungselektrizität eignen sich nicht alle Stoffe. Experimentell verwendbar sind insbesondere Stangen und Platten aus Glas, Hartgummi, Bernstein, Siegel-lack etc.

Reibt man einen Glas- oder Harzstab mit einem Wollappen und bringt ihn in den Bereich kleiner Papierschnitzel, so werden dieselben von dem Stabe angezogen und diesem aus einer gewissen Entfernung zufliegen.

Wischt man aber mit der Hand über den Stab und versucht das Experiment neuerlich, so zeigt es sich, daß ihm diese Eigenschaft verloren ging. Nach abermaligem Reiben des Stabes mit dem Wollappen, kehrt er in den zuerst erhaltenen Zustand zurück und übt seine Kraft auf die Papierschnitzel wieder aus.

Durch Reiben mit dem Wollappen wurde dem Stabe eine Eigenschaft gegeben, die er vorerst nicht besessen hat und die ihm durch einfaches Wischen mit der Hand wieder genommen wurde. Die Ursache dieser Erscheinung ist die Elektrizität; der Stab wurde durch Reibung mit dem Wollappen elektrisch, durch einfaches Wischen mit der Hand wieder unelektrisch.

Zur näheren Untersuchung dieser Erscheinung bedarf man eines Hilfsapparates. An einer Glasflasche wird im Korkstöpsel ein Drahtbügel befestigt, an dessen Ende man ein an einem Seidenfaden hängendes Hollundermarkkugélchen befestigt. Diesen Apparat nennt man ein elektrisches Pendel.

Bringt man den Glasstab in den Bereich dieses kleinen Pendels (Fig. 1), so wird es von demselben angezogen. Eine

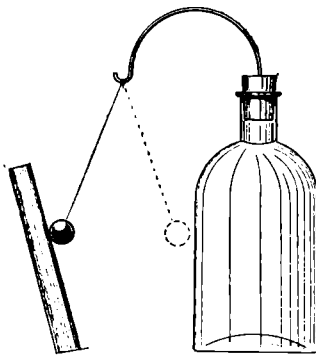


Fig. 1.

Wiederholung des Versuches ergibt aber das entgegengesetzte Resultat, indem das Pendel von dem Glasstab jetzt nicht mehr angezogen wird, sondern denselben flieht oder ausweicht.

Wischt man nun mit der Hand über den Stab und nähert ihn neuerdings dem Pendel, so verhalten sich beide zu einander indifferent, es findet weder Anziehung noch Abstoßung statt.

Lehrt uns der erste Versuch, daß der Stab elektrisch war und in diesem Zustande das elektrische Pendel angezogen hat so können wir uns ohne weitere Versuche die Erscheinungen des zweiten und dritten Experimentes nicht erklären.

Hängen wir uns daher zu dem ersten Pendel, ein zweites von gleicher Länge und wiederholen die Versuche noch einmal, so ergibt sich, daß bei Annäherung des geriebenen Glasstabes, beide Pendel angezogen werden, aber dann nicht mehr in ihre Ruhelage zurückkehren, sondern das Bestreben zeigen, einander zu fliehen. (Fig. 2.) Dasselbe zeigen beide dem Glasstabe gegenüber. Berührt man aber die beiden Kugélchen mit der Hand, so kehren sie zu einander zurück, indem sie ihre Ruhelage wieder einnehmen. (Die punktierte Stellung in der Fig. 2.)

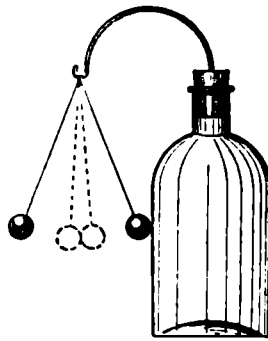


Fig. 2.

Ein neuer Versuch mit der geriebenen Glasstange hat die Anziehung und Abstoßung der beiden Pendel wie früher zur Folge. Berührt man mit der Hand die beiden Kugeln und wischt über den Glasstab, so verhalten sich alle drei indifferent zu einander.

Dieser Versuch zwingt uns zur Annahme, daß ein elektrischer Körper unelektrische anzieht, bei der Berührung an diese Elektrizität abgibt, wodurch sich letztere sowohl untereinander als auch von dem zuerst elektrisch geladenen Körper abstoßen. Natürlich muß die Elektrizität, welche von einem elektrisch geladenen Körper auf einen unelektrischen durch Berührung übergeht dann auf beiden von gleicher Beschaffenheit, das heißt gleichartig sein. Daraus läßt sich der Schluß ableiten, daß zwei Körper, welche mit der gleichartigen Elektrizität geladen sind, einander abstoßen.

Um unsere Kenntnis der elektrischen Anziehung und Abstoßung zu erweitern, nehmen wir nochmals das elektrische Pendel, reiben nun aber statt des Glasstabes einen Harzstab (Siegelack), worauf wir diesen in den Bereich des Pendels bringen. Die Erscheinungen sind dann die gleichen wie bei dem Experiment mit dem Glasstab. Flieht das elektrisierte Pendel nun den Harzstab, so machen wir die entgegengesetzte Beobachtung, wenn unmittelbar darnach der geriebene Glasstab demselben nahe gebracht wird. Das von dem Harzstab geladene Pendel wird von dem geriebenen Glasstab angezogen.

Versuchen wir dieses Experiment an dem Doppelpendel, zeigt dieses für sich dieselben Erscheinungsformen, gleichviel ob der Versuch mit dem Glasstab oder mit dem Harzstabe vorgenommen wurde. Elektrisiert man dagegen die eine Kugel mit dem Glasstab, die andere mit dem Harzstab, werden sich beide intensiv anziehen.

Dieser Versuch lehrt uns, daß es zwei Arten von Elektrizitäten gibt und daß sich die mit ungleichartiger Elektrizität geladenen Körper gegenseitig anziehen.

Die mit dem Glasstabe an diesem erregte Elektrizität heißt positive, die am Harzstab erregte negative Elektrizität.

Da man mit Rücksicht auf diese Benennungen von gleichnamiger und ungleichnamiger Elektrizität sprechen kann, so lassen sich unsere Erfahrungen in dem Satze ausdrücken:

Gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.

Gute und schlechte Elektrizitätsleiter.

Die Stoffe, in welchen es uns durch die eben besprochenen Versuche möglich war, elektrische Zustände hervorzurufen, waren Nichtmetalle. Würde man den gleichen Versuch mit einem Metallstab gemacht haben, so hätte das Experiment keinen sichtbaren Erfolg erkennen lassen. Der Erfolg stellt sich aber ein, wenn der Metallstab einen Griff aus Gummi oder Glas erhält.

Will man einen Glas- oder Harzstab unelektrisch machen, so muß, wie die vorhergehenden Versuche erwiesen haben, mit der Hand über den ganzen Stab gewischt werden. Der Metallstab dagegen verliert seinen elektrischen Zustand auch dann schon, wenn er nur an einer Stelle mit der Hand berührt wird.

Eine weitere Unterscheidung können wir beim Elektrisieren der Stäbe erkennen, wenn dieselben nur an einer Stelle gerieben werden. Der Glas- oder Harzstab wird nur an der geriebenen Stelle elektrisch werden, der Metallstab die Elektrizität sofort über seine gesamte Oberfläche verbreiten.

Die verschiedenen Stoffe verhalten sich also in Bezug auf die Weiterverbreitung (Fortpflanzung) der Elektrizität ungleich. Während die Nichtmetalle die Elektrizität annehmen ohne sie weiterzuverbreiten, ebenso auch nur an jenen Stellen, wo sie mit einem anderen Körper in Berührung kommen, abgeben, verbreitet sich dieselbe an den Metallen sofort über die ganze Oberfläche und wird bei Berührung auch nur eines Punktes ganz abgeleitet. Wir unterscheiden demnach gute und schlechte Leiter, erstere werden auch Konduktoren genannt, letztere Isolatoren. Im strengen Sinne kann man allerdings kaum von Nichtleitern sprechen, weil ein gewisses Leitungsvermögen auch diesen zukommt, wenngleich dasselbe so klein ist, daß es in der Praxis als nichtvorhanden angenommen werden kann.

Um dieses Verhalten zu erklären, muß man sich mit dem Wesen der Elektrizität befassen. Wenn nun keinesfalls hierüber erwiesene oder nachweisende Experimente angestellt worden sind, also keine Lehrsätze, sondern nur Hypothesen existieren, so sind doch einige der letzteren, mit Rücksicht auf die Experimente, welche dieselben unterstützen, geeignet, das Verständnis kräftig zu fördern.

Einen dieser Erklärungsversuche gab Franklin in seiner unitarischen Hypothese, welche die Bewegungsmöglichkeit nur dem positiven Teil der Elektrizität zuschrieb. Dieselbe wurde aber durch die Coulombsche dualistische Hypothese verdrängt. Auf letztere stützt sich die Elektronentheorie, welche positive und negative Elektrizitätsatome kennt, die mit den Molekülen der Isolatoren fest verbunden zwischen denen der Leiter dagegen frei beweglich eingelagert sind. Diese Theorie wird unterstützt durch die Erfahrungen, welche die Untersuchungen der Kathodenstrahlen ergaben.

Darnach können sich also die Elektronen zwischen den Molekülen der Leiter mit größter Leichtigkeit bewegen, suchen mit der ihnen innewohnenden Kraft, der Abstoßung gleichartiger Elektronen (Coulomb'sches Gesetz), die Oberfläche zu gewinnen, wo sie sich aus gleicher Ursache, im Bestreben einander zu fliehen, auf derselben ganz ausbreiten. Bei Berührung

mit einem leitenden Körper kann man sich die Oberfläche des ersten um diejenige des zweiten vergrößert denken, wodurch dem Bestreben der Elektrizitätsteilchen sich auszubreiten entgegengekommen wird. Es gehen also sovielen Elektrizitätsteilchen des ersten Körpers auf den zweiten über, bis die Spannung auf beiden Oberflächen gleich und daher kleiner als die des Zustandes des ersten Körpers ist. Es ist leicht einzusehen, daß die Spannung im selben Maße abnimmt, als die Oberfläche zunimmt. Verbindet man daher einen Konduktor mit der Erde durch einen gleichfalls leitenden Körper — Metalldraht —, so wird die Oberfläche derart vergrößert, daß die Spannung auf dem Konduktor praktisch gleich null ist. Die Erde stellt hier ein riesiges Elektrizitätsreservoir vor, in welchem die Mengen der abgeleiteten Elektrizitäten verschwinden. Von dieser Erscheinung wird auch in der Zeitlegraphie Gebrauch gemacht, indem manchmal zur Ersparung der Leitung, durch Verbindung des einen Poles zur Erde die Ableitung der einen Art von Elektronen stattfindet.

Die Leitungsfähigkeit, also die Fähigkeit der Elektronen sich zwischen den Molekülen zu bewegen, ist nicht in allen Leitern dieselbe, sondern hängt von der Natur des Leiters ab. Man unterscheidet daher außer guten Leitern und Isolatoren auch noch schlechte Leiter.

Zu den Leitern zählen: Die Metalle, Kohle, Graphit, Säuren, Salze und ihre Lösungen, Wasser, Schnee, feuchte Luft, alle lebenden tierischen und pflanzlichen Körper.

Zu den Isolatoren zählt man: Bernstein, Kautschuk, Porzellan, Glas, Glimmer, Harze, Fell, Haare, Öl, Seide, Papier, Wachs, Paraffin.

Auf die Isolierfähigkeit und das Leitungsvermögen der für die Zeitlegraphie notwendigen Stoffe gehen wir später an geeigneter Stelle ausführlicher ein.

Verteilungs- und Influenzelektrizität.

Wird ein unelektrischer Körper mit gutem Leitungsvermögen in die Nähe eines geladenen Konduktors gebracht, so wird ersterer gleichfalls in einen elektrischen Zustand geraten.

Zum experimentalen Nachweis dieser Fernwirkung bedarf es zweier Apparate, von welchen der eine imstande sein muß eine gewisse elektrische Ladung aufzunehmen der andere der Verschiebung der Elektronen einen möglichst kleinen Widerstand entgegenzusetzen und seine elektrische Ladung sichtbar anzuzeigen.

Für ersteren Zweck eignet sich eine Metallkugel mit genügend großer Oberfläche, die durch einen Glasfuß isoliert am Ständerbrettchen befestigt ist. Der zweite Apparat dagegen, besteht aus einem metallischen Körper von zylindrischer Form dessen Enden halbkugelförmig abgerundet sind. Auch der Zylinder muß isoliert aufgestellt sein, damit die an ihm erregte Elektrizität nicht sofort zur Erde abgeleitet wird. Zum Nachweise seines elektrischen Zustandes erhält dieser Körper an den beiden Enden sowie in der Mitte je ein elektrisches Pendelpaar. Ladet man den Konduktor indem man beispielsweise von einer geriebenen Glasstange die Elektrizität auf ihn überführt, und durch Wiederholung des Experimentes seine Ladung genügend verstärkt, so wird, da die Elektrizität nach unserer Annahme von der Glasstange auf den Konduktor übergegangen ist, dieselbe von gleicher Beschaffenheit sein, als die an der Glasstange. Der Konduktor ist also positiv geladen.

Nähert man den Konduktor dem einen Ende des Zylinders, so werden die an beiden Enden befindlichen Pendelpaare auseinanderstreben, das in der Mitte befindliche dagegen in seiner Ruhelage verharren. (Fig. 3.)

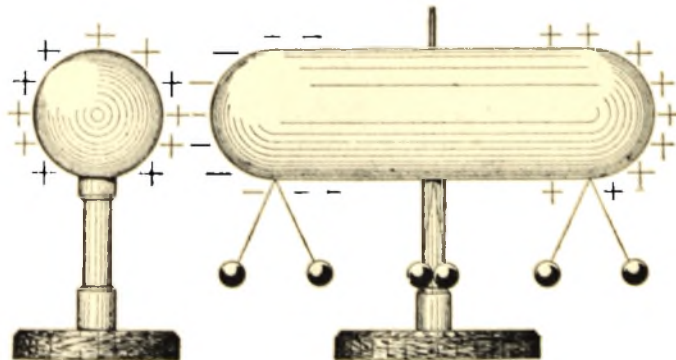


Fig. 3.

Entfernt man die Kugel vom Zylinder so tritt der frühere Zustand wieder ein, die Pendel hängen schlaff herunter.

Berührt man die geladene Kugel wenn sie in der Nähe des Zylinders steht mit der Hand oder verbindet sie durch einen guten Leiter mit der Erde, so fließt die Elektrizität im selben Momente in diese ab, die Wirkung auf den Zylinder hört auf und die Pendelpaare kehren in ihre Ruhelage zurück.

Die Erklärung dieser Erscheinung finden wir im Coulomb'schen Gesetze von der Anziehung und Abstoßung der elektrischen Teilchen. „Gleichnamige Elektrizitäten stoßen sich ab ungleichnamige ziehen sich an.“

Da, wie wir im vorhergehenden Kapitel erfahren haben sich alle Körper in einem latenten elektrischen Zustande befinden, weil die negativen und positiven Elektronen sich gegenseitig derartig beeinflussen, daß ihre Wirkung nach Außen aufgehoben wird, findet in dem Momente, in welchem ein elektrisch geladener Körper in den Bereich des unelektrischen kommt eine Aufhebung dieses elektrischen Gleichgewichtes statt. In unserem Versuche zieht der positiv geladene Konduktor die negativen Elektronen des Zylinders an die ihm zugekehrte Seite, stößt dagegen die positiven Elektrizitätsteilchen an die abgewendete Seite ab.

Es werden also die Pendel der einen Seite unter dem Einfluß der negativen Elektrizität stehen.

Daß die Pendel der Mitte keine Ablenkung erfahren, rührt von dem Umstand her daß hier beide Elektrizitäten ihren Einfluß in entgegengesetztem Sinne ausüben und sich daher in ihrer Wirkung aufheben.

Ein weiterer Versuch kann uns die Richtigkeit dieser Auffassung bestätigen. Wir bringen daher den geladenen Konduktor nochmals in die Nähe des Zylinders und erhalten gleichwie im ersten Versuch den Ausschlag beider Pendelpaare. Verbinden wir nun die dem Konduktor abgewendete Seite des Zylinders durch die Hand oder sonst einem guten Leiter mit der Erde so wird die dem Konduktor entsprechende gleichnamige Elektrizität im Bestreben zu entfliehen zur Erde abgeleitet. Die negative bleibt aber am anderen Ende gebunden.

Nehmen wir nun, nachdem die Verbindung zur Erde abgebrochen ist, den Konduktor von dem Zylinder weg, so werden alle Pendelpaare auseinander fahren, weil sich die negative Elektrizität über den ganzen Zylinder verbreitet.

Die Pendel der Mitte stehen also gleich denen der Enden nur mehr unter dem Einfluße der einen Elektrizität, der erst dann aufhört, wenn der Zylinder berührt wird, weil dann ein Ausgleich der negativen Elektrizität des Zylinders mit der positiven aus dem großen Reservoir der Erde stattfindet.

Der Konduktor, in die Nähe des Zylinders gebracht, bewirkt nun eine neuerliche Scheidung der Elektrizitäten mit den Erscheinungsformen des ersten Versuches. Ein Versuch die negative Elektrizität zur Erde abzuleiten führt zu keinem Resultate, weil, wenn auch die Verbindung der Erde mit dem negativen Ende des Zylinders hergestellt wird, erstere die Rolle des entfernten Endes des Zylinders übernimmt, also die positiven Elektrizitätsteilchen im Bestreben sich von der positiv geladenen Kugel möglichst weit zu entfernen sofort in die Erde abgehen. Die negativen Teilchen dagegen sind durch die positive Elektrizität der Kugel gebunden.

Zur Erweiterung der Kenntnis dieser Erscheinung vermehrt man die Zahl der Pendelpaare wobei das Experiment in seiner ersten Form wiederholt wird. Die beiden äußersten Pendelpaare zeigen wie früher ein kräftige Divergenz, die aber bei jedem gegen die Mitte zu folgenden Pendelpaare kleiner wird bis sie in der Mitte gleich Null ist. Man sieht also daß die Dichte der Elektrizität gegen die Enden hin zunimmt. Dasselbe findet aber auch an der Metallkugel statt, weil die negativen Elektrizitätsteilchen am gegenüberliegenden Ende des Zylinders in Wechselwirkung die positiven der Kugel beeinflussen, also auch die Dichte der positiven Teilchen an der Kugel auf der dem Zylinder zugekehrten Seite eine höhere ist.

Die Spannung ist jene Kraft welche die Bewegung der Elektrizitätsteilchen, der Elektronen, hervorruft. In dem Kapitel über Leiter und Isolatoren haben wir schon in Erfahrung gebracht daß die Elektrizität das Bestreben hat, dort, wo sie nicht im Gleichgewichtszustande verharret sich auf der Ober-

fläche zu verbreiten. Dieses Expansionsbestreben ist der Abstoßung der gleichartigen Elektronen zuzuschreiben. Dieselbe kann aber geschwächt werden, wenn von außen Kräfte einwirken die durch Anziehung der im Konduktor bewegten Teilchen die zwischen diesen wirkenden abstoßenden Kräfte unterstützen, wodurch sie ihnen einen Teil der Kraftäußerung abnehmen. Die Spannung im Konduktor wird also durch die Nähe eines influenzierten Körpers nicht unbedeutend kleiner.

Wird im influenzierten Körper die, an dem der Kugel entgegengesetzten Ende befindliche Elektrizität abgeleitet, so hört deren Einwirkung auf die ihr entgegengesetzte Elektrizität des anderen Endes auf und die Wirkung der letzteren auf die Elektrizität der Kugel wird dadurch vergrößert daher auch die Spannung auf der Kugel noch mehr herabgesetzt. Da wir gleichfalls schon früher erfahren haben daß beim Laden eines isolierten Konduktors die Elektrizität von einem anderen leitenden Körper solange auf diesen überströmt bis die Dichte der Elektrizität auf den Oberflächen beider gleich groß ist, so können wir ohne weiteres feststellen daß bei Annäherung des mit der Ableitung versehenen Zylinders und dem damit hervorgerufenen Fallen der Spannung im Konduktor ein neuerliches Überströmen der Elektrizität auf diesen stattfindet. Damit vergrößert sich die Influenzwirkung.

Die Menge der in den Körpern zwischen den Molekülen eingelagerten Elektrizitätsteilchen ist praktisch unbegrenzt, sodaß die erhöhte Influenzwirkung darin besteht, daß neue Elektronen ungleichnamiger Art sich an dem Ende des Zylinders welches der Kugel zugekehrt ist sammeln, die gleichnamigen die hierdurch in dem Zylinder frei werden, aber in die Erde übergehen. Die vermehrte Zahl der ungleichnamigen Elektronen am Zylinder wirkt anziehend und daher neuerdings spannungsvermindernd auf die Ladung der Kugel, wodurch ein neuerliches Überströmen der Elektrizität auf dieselbe stattfindet. Die Anhäufung der Elektrizität auf den Konduktor ist solcherart eine bedeutende, die erst damit endet, daß die Spannung an der Berührungsstelle des Konduktors mit dem ladenden

Körper eine derart hohe wird, daß ein Übergang von Elektrizität nicht mehr stattfinden kann.

Diese Erscheinung hat in der Zeittelegraphie eine nützliche Anwendung gefunden, durch die Konstruktion der Kondensatoren, welche zur Verhütung der schädlichen Öffnungsfunken der Kontakte zwischen diesen eingeschaltet werden. Die Kondensatoren bestehen aus zwei guten Leitern von möglichst großer Oberfläche, die durch eine isolierende Zwischenschicht aus Luft, Glas, Glimmer, paraffinierten Papier etc. getrennt sind. Für Zwecke der Urmacherei verwendet man gewöhnlich Kondensatoren aus Staniol, das Dielektrikum (Isolator) ist entweder paraffiniertes Papier oder Glimmer.

Um nicht dem Verständnis vorzugreifen, soll die Wirkungsweise des Kondensators an einem einfachen Experimente erklärt werden, seine Anwendung in der Urmacherei dagegen ausführlicher in dem Abschnitte Kontakte, woselbst er in der Praxis seine nützliche Verwendung gefunden hat, zur Behandlung kommen.

Der Kondensator, den wir zu unserem Versuche benötigen besteht aus einer Glastafel, welche derart an beiden Seiten mit Staniol bezogen ist, daß auf jeder Seite rundherum ein zirka einen Zentimeter breiter Streifen Glas freibleibt. Die Glastafel muß am Ständerbrettchen so befestigt werden, daß der Metallbelag keinesfalls eine ungewünschte leitende Verbindung zur Erde erhält.

Die eine Seite der Tafel, beziehungsweise der Metallbelag wird dann mit der Erde leitend verbunden und heißt Kondensatorplatte, die andere Seite verbindet man mit einer Elektrizitätsquelle und erhält daher den Namen Kollektor (Sammler). An diesen Experimente vertritt der Kollektor die Stelle der Metallkugel des früheren Versuches, die Kondensatorplatte ersetzt den zylindrischen Metallkörper, der mit der Erde verbunden war. Die Ladung geht im selben Sinne vonstatten, indem die auf den Kolektor übergehende Elektrizität influenzierend auf den Kondensator wirkt, dort die ungleichnamige Elektrizität bindet, die gleichnamige aber durch leitende Verbindung mit der Erde in dieselbe ableitet. Durch die anziehende

Rückwirkung der ungleichnamigen Elektrizität der Kondensatorplatte auf die Ladung des Kollektors sinkt dessen Spannung, wodurch ein abermaliges Überströmen der Elektrizität von der Quelle auf den Kollektor stattfindet, dessen Folge erhöhte Influenzwirkung mit Rückwirkung und Spannungsfall des Kollektors, neues Aufladen der Elektrizität bis zu jenem Punkte, an welchem die Spannung des Übergangspunktes der der Quelle gleich ist. Zur Entladung des Kondensators ist es nötig, den Kollektor gleichfalls mit der Erde oder aber was ganz dasselbe ist, mit der Kondensatorplatte zum Ausgleich beider Elektrizitäten leitend zu verbinden.

Berührungs- oder Kontaktelektrizität.

Im Jahre 1789 trat durch die zufällige Entdeckung des Chirurgen Galvani in Bologna eine für den Entwicklungsgang der Elektrotechnischen Wissenschaft entscheidende Wendung ein. Galvani hatte einen Froschschenkel bei seinem Sehnenende durch einen Kupferhacken an den eisernen Stäben seines Fenstergitters aufgehängt. Durch den Wind bewegt, kam der Schenkel mit den Eisenstäben in Berührung und geriet dadurch jedesmal in Zuckungen. Galvani, der wohl zufällig auf dieses Phänomen aufmerksam geworden sein mag, legte der Erscheinung eine ganz falsche Bedeutung bei, indem er meinte, hiermit Erscheinungen der Lebenskraft entdeckt zu haben. Die Kunde dieser merkwürdigen Entdeckung durchlief rasch alle wissenschaftlichen Kreise und hatte eine intensive Forschung aller Gelehrten der damaligen Zeit zur Folge.

Unter diesen war es insbesondere Volta, der infolge seiner logischen Schlußfolgerungen den Zusammenhang zwischen der Erscheinung und den diese hervorrufenden Bedingungen fand. Er stellte fest, daß die Voraussetzung für das Gelingen dieses Experimentes in der geschlossenen Kette — Eisen, Kupfer und der salzhaltigen Feuchtigkeit des Froschschenkels zu suchen war.

Indem er dieses feststellte, hatte er die Grundlage für die weiteren Versuche gefunden. Seine folgenden Untersuchungen erstreckten sich daher auf die einzelnen Glieder innerhalb

dieser Kette. Während die Erklärungen, die man diesen Erscheinungen zu geben suchte, zum großen Teile die Atmosphärische Elektrizität als Ursache annahmen, folgerte Volta richtig, daß es sich hier um eine neue Art der Erregung von Elektrizität handle. Es gelang ihm auch 1890 eine Vorrichtung zu ersinnen, mit der es ihm möglich war, Elektrizität zu erzeugen.

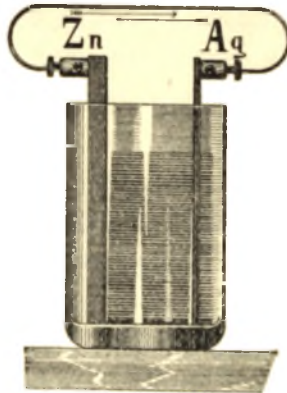


Fig. 4.

Dieser Apparat bestand aus einem Gläsgefäß (Fig. 4), in welches eine Zink und eine Silberplatte tauchte, derart daß sie einander nicht berühren konnten. Zur Erregung des elektrischen Zustandes an den Platten verwendete er angesäuertes Wasser.

Voltas Theorie, mit welcher er sich gegen die Auffassung Galvanis wandte war nun, wenn sich auch einige Versuche dadurch erklären ließen, unrichtig. Er behauptete daß die bloße Berührung zweier verschiedener Medien die Erregung der Elektrizität, beziehungsweise die Scheidung der Elektronen an denselben veranlassen könne, wodurch er sich mit der Lehre von der Erhaltung der Energie in Widerspruch setzte, da ja nach derselben ohne Aufwendung von Arbeit keinerlei Energieäußerung stattfinden kann. Nun wird aber bei der bloßen Berührung zweier verschiedener oder gleicher Materialien absolut keine Arbeit geleistet.

Spätere Untersuchungen haben dann auch die überraschend einfache Ursache der Elektrizitätserzeugung feststellen lassen.

Stellt man in ein Gefäß mit angesäuertem Wasser eine Metallplatte, so werden sich Luftbläschen an derselben bilden,

sodann loslösen und durch die Flüssigkeit entweichen. Es findet also eine stoffliche Veränderung statt, die, wenn man sich die Chemie für die Erklärung derselben zu Hilfe nimmt ergibt, daß eine Auflösung des Metalles in der Flüssigkeit von sich geht, bei welcher sich das Metall, für ein von der Flüssigkeit ausgeschiedenes Gas, in dieselbe einsetzt. Das ist Arbeit, und zwar chemische Arbeit, die sich in die elektrische Energie umwandelt.

Der Nachweis für die letztere läßt sich durch das Elektrometer erbringen, an welches man die Platte anschließt. War die Platte aus Zink, so wird sie sich als negativ elektrisch geladen zeigen. Auf welche Weise ist nun der elektrische Zustand der Platte hervorgerufen worden? Die chemische Arbeit hat sich in elektrische Energie umgewandelt, in elektrische Spannkraft, welche eine Scheidung der Elektrizitätsteilchen hervorbrachte. Die negativen Teilchen haben sich an der Zinkplatte, die positiven aber in der Flüssigkeit angesetzt.

Die Flüssigkeit bildet ein ausgezeichnetes Mittel den chemischen Vorgang zu verstärken und daher größere elektrische Erregungen an der Platte hervorzubringen, doch ist sie nicht unbedingt notwendig, wie ein Experiment mit einer hierzu geeigneten Vorrichtung zeigen kann.

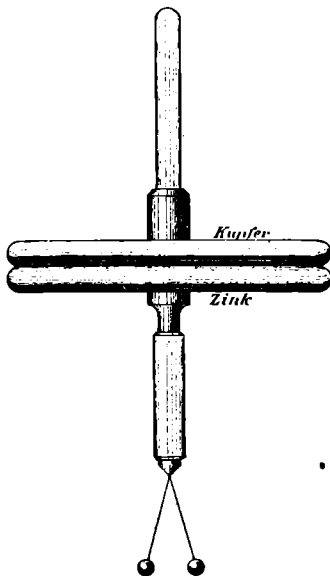


Fig. 5.

Nehmen wir zwei Platten von verschiedenem Metall (Fig. 5), welche auf einer Seite an welcher sie sich berühren sollen glatt geschliffen sind, an der anderen aber je einen isolierten Griff tragen und preßt sie fest aufeinander, so lassen sich an beiden elektrische Zustände nachweisen. Zu diesem Zwecke haben wir schon an dem Ende des einen Griffes ein elektrisches Pendelpaar angebracht daß mit der entsprechenden Platte durch einen im Innern des isolierten Griffes liegenden Leiter verbunden ist. Der Ausschlag der Pendel zeigt uns den elektrischen Zustand der Platten an, welcher nach der Trennung derselben fort dauert.

Die elektrische Erregung der Platten ist durch die unter dem Drucke und dem chemischen Einfluß des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft vorgegangenen Oberflächenveränderung der Platten zustande gekommen.

Gibt die Zusammenstellung von Flüssigkeit und Metall eine stärkere elektrische Erregung als unser letztes Experiment, so werden auch noch andere Bedingungen gefunden, welche die Stärke der Erregung beeinflussen können. Insbesondere hängt diese von der chemischen Beschaffenheit der Platte und der Flüssigkeit ab.

Zahlreiche Versuche und Messungen der Metalle und Stoffe, welche in den galvanischen Elementen zur Anwendung kommen, ergaben nach ihrem Verhalten eine Reihenfolge, die man Spannungsreihe nennt.

Die Spannungsreihe wird derart geschrieben, daß man das Metall, welches die stärkste negative Erregung zeigt, an erster Stelle, ihm anfolgend die Metalle nach der Größe ihrer negativen Erregung in absteigender Reihe ansetzt, sodann mit dem Metall der geringsten positiven Erregung fortsetzt und aufsteigend mit dem der stärksten endet. In der Spannungsreihe ist auch Kohle und Braunstein eingestellt, welche, wenngleich sie keine Metalle sind, doch zu den guten Leitern zählen und infolge ihrer großen positiven Erregung zur Erzeugung der galvanischen Elektrizität zahlreiche Anwendung erfahren.

In den Reihen, welche nach verschiedenen Untersuchungen aufgestellt wurden, sind einige Abweichungen vorhanden, die

offenbar von den Unreinigkeiten der hierzu verwendeten Metalle herrühren. Allgemein gilt folgende Reihe:

— Zink,	Silber,
Blei,	Gold,
Zinn,	Kohle,
Eisen,	Graphit,
Kupfer,	+ Braunstein.

Gegenüber der Reibungselektrizität zeigt uns die galvanische eine besondere Eigenschaft, welche ihre Verwendbarkeit im praktischen Leben ermöglichte, indem sie dauernd Arbeit zu leisten im Stande ist.

An unserem Experiment können wir auch noch eine andere Erscheinung wahrnehmen, welche geeignet wäre, Mißverständnisse hervorzurufen. Wenn die Zinkplatte, welche wir in dem Gefäß mit dem angesäuerten Wasser stehen haben, eine gewisse Ladung negativer Elektrizität besitzt, die Flüssigkeit dann natürlich die entsprechende Spannung positiver, so geht ein Ausgleich derselben vor sich, indem sich beide wieder vereinigen. Diese Vereinigung geht unter Wärmeentwicklung von statten, Flüssigkeit und Metall werden eine erhöhte Temperatur annehmen.

Je größer Platte und Flüssigkeit sind, desto größere Mengen der Elektrizität können geschieden werden, ohne daß die Spannung jenes Maß erreicht, welches zur Vereinigung der beiden Elektrizitätsarten führen muß.

Wir stellen nun in das Gefäß zur Zinkplatte eine Platte aus anderem Metall, z. B. Silber, aber derart, daß sie sich nicht berühren können, und beachten nun die Erscheinungen, welche sich hier zeigen, so sieht man nach einer gewissen Zeit, daß auch an der zweiten Platte chemische Veränderungen vor sich gehen.

Da wir nun wissen, daß sich die verbrauchte chemische Arbeit in elektrische Spannkraft umsetzt, so ist anzunehmen, daß auch eine Scheidung der Elektrizitäten an der Silberplatte entsteht. An der Zinkplatte war die Scheidung derart vor sich gegangen, daß die negative Elektrizität sich an dieser angesetzt hatte, die positive aber in die Flüssigkeit abgestoßen wurde. Wie verhält es sich jetzt aber mit der Silberplatte?

In der Spannungsreihe steht das Silber an der positiven Seite, wenn wir also die Platte allein in die Flüssigkeit stellen wollten und ihre elektrische Ladung prüfen, so würde sie sich positiv geladen zeigen. Das heißt also, daß die Scheidung hier unter einer gewissen Spannung so stattfindet, daß die negative Elektrizität in die Flüssigkeit gestoßen wird, die positive sich an der Platte ansetzt.

Wir haben also zwei Kräfte wirken und zwei Bewegungen der Elektronen, die sich an einem Beispiel aus der Mechanik erklären lassen.

Bei beiden Platten wird die positive Elektrizität in der Richtung der Silberplatte, die negative gegen die Zinkplatte zu getrieben. Da beides mit einer gewissen Kraft (Elektromotorische Kraft oder Spannung) vor sich geht, so ist das analoge Beispiel in der Kraftäußerung zweier paralleler und gleichgerichteter Kräfte zu finden, die sich aus den einzelnen Kräften summiert.

Die Spannung mit dem Elektrometer gemessen ist zwischen dem Zink und der Flüssigkeit 0,524 Volt, zwischen Silber und Flüssigkeit 0,974 Volt. Die Scheidungskraft, welche also in dem Elemente die beiden Elektrizitäten auseinander treibt, wird daher die Stärke von 1,5 Volt besitzen.

Die für den praktischen Gebrauch dieser Stromquelle wesentlichste Eigenschaft tritt dann auf, wenn man die beiden Metallplatten außerhalb der Flüssigkeit durch einen guten Leiter verbindet. Verschiedene Versuche, auf welche wir später noch zurückkommen, beweisen, daß in dem Verbindungsleiter sich Vorgänge abspielen, welche in direktem Zusammenhange mit der Bewegung der Elektronen stehen,

Blicken wir auf den vorhergehenden Versuch zurück, in welchem die beiden Stoffe – Metall und Flüssigkeit in Berührung waren, so finden wir die Erklärung für die nach einiger Zeit daselbst auftretende Wärmeentwicklung in dem Ausgleich der beiden Elektrizitäten, welche an der begrenzten Oberfläche durch den ununterbrochen chemischen Prozeß und der daher sich immer neu scheidenden Elektronen eine derartige Spannung erhalten, daß sie sich ausgleichen und den neuen Elektronen

Platz schaffen. Diese Erscheinung, welche im angezogenen Falle in der Flüssigkeit auftritt, spielt sich in unserem neuen Experimente im Verbindungsleiter ab. Es findet also eine stete Bewegung der Elektronen in demselben statt, welche wir das Strömen der Elektrizität heißen.

Diese Erscheinung ruft natürlich im Leiter selbst Veränderungen hervor, wirkt aber auch nach außen, und gerade diese Eigenschaft der strömenden Elektrizität ist es, welche in der Zeittelegraphie angewendet wird.

Wird zur Verbindung der beiden Metallplatten ein dünner Metalldraht genommen, so läßt sich leicht eine große Temperaturerhöhung an demselben wahrnehmen. Also auch hier wird die Elektrizität in Wärme umgesetzt. Diese Eigenschaft läßt für unsere Zwecke keine direkte nutzbringende Anwendung zu, dagegen haben wir ihr volle Beachtung zuzuwenden, da bei der Konstruktion und Berechnung der Apparate und Leiter dieser Eigenschaft Rechnung getragen werden muß.

Zum Nachweis der Wirkung der Elektrizität nach außen hin bedient man sich einer Magnetnadel, wie sie in der Fig. 6

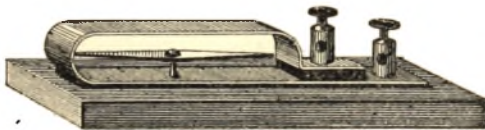


Fig. 6.

dargestellt ist, welche zwischen den Schenkeln eines Metallbügels schwingt, dessen Enden mit Klemmschrauben versehen sind. Man stellt nun den Bügel mit der Magnetnadel so ein, daß Schenkel und Nadel sich decken, also in meridionaler Richtung liegen.

Verbindet man sodann die beiden Klemmen mit den Platten unseres Elementes durch einen Draht, so wird der Bügel von dem elektrischen Strome umfloßen, was uns sofort durch die Magnetnadel angezeigt wird, die vorerst lebhaft schwingt, um zur Ruhe gekommen, eine, gegen die ursprüngliche Lage geneigte Stellung einzunehmen. Der elektrische Strom vermag

also rein dynamische Wirkungen auszuüben, die wir uns verschiedentlich, also auch in der Zeitlegraphie zu Nutze gemacht haben.

Eine dritte Art der Wirkungen des elektrischen Stromes spielt gleichfalls eine besondere Rolle, — das ist die chemische Wirkung. Um diese Erscheinungen nachzuweisen, bedürfen wir des in der Fig. 7 dargestellten Apparates. Derselbe be-

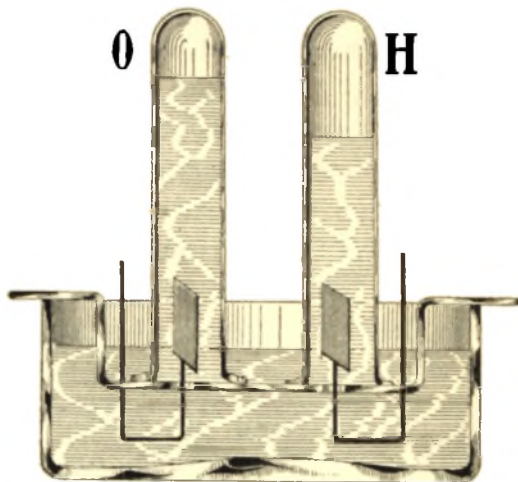


Fig. 7.

steht aus einem Glasgefäße, in welches zwei isolierte Drähte tauchen, deren Enden blanke Platinstreifen tragen. Über diese Platinstreifen sind zwei Glaseprovetten derart gestülpt worden, daß sie mit dem unteren Rande unter der Flüssigkeit (angesäuertes Wasser), mit welcher die Wanne gefüllt ist, tauchen und auf einer Brücke aufstehen. Bevor die Röhren über die Platinelektroden gestülpt wurden, waren sie mit derselben Flüssigkeit gefüllt, sodaß alle Luft aus denselben verdrängt wurde.

Schließt man nun die beiden Drähte an die beiden Pole des beschriebenen Elementes an, so läßt sich schon nach einiger Zeit beobachten, daß das Wasser in beiden Röhren sinkt, indem sich oben Gase ansammeln, welche in Form von feinen Bläschen von den Elektroden aus aufsteigen.

Die Erklärung dieses Vorganges liegt darin, daß sich das Wasser unter dem Stromdurchgange zersetzt, und die Haupt-

bestandteile seiner Zusammensetzung Wasserstoff und Sauerstoff in Form von Bläschen nach aufwärts entweichen. Die Spannung, welche oben entsteht, zwingt das Wasser aus den Eprovetten heraus. Eine Untersuchung der sich in den Röhren oberhalb des Wassers befindlichen Gase ergibt auch mit vollständiger Bestimmtheit die Richtigkeit des Schlusses.

Da sich bei Stromdurchgang jede Flüssigkeit zersetzt, so haben wir bei den Elementen, beziehungsweise bei deren Zusammensetzung auf diese Eigenschaft sorgsam zu achten. Auch bei Leitungen in feuchten Mauern tritt diese Erscheinung unangenehm fühlbar auf, indem unter gegebenen Umständen ein Transport des Leitungsmetall (Kupfer) in die feuchte Mauer durch die Isolierung hindurch stattfindet.

Der galvanische Strom vermag noch eine vierte, für uns unwesentliche Wirkung hervorbringen — die physiologische Wirkung. Zu deren Nachweis braucht man nur die beiden Drahtenden, welche an den Metallplatten des Elementes angeschlossen sind, an die Zunge zu legen, worauf man einen säuerlichen Geschmack an den Berührungsstellen empfindet. Weitere Erscheinungen dieser Art sind ja bekannt, wie die, durch die Induktionsapparate, welche in der ärztlichen Praxis angewendet werden, hervorgerufenen Muskelzuckungen, die oft mit nicht unbedeutenden Schmerzen verbunden sind und unseren Organismus heilend beeinflussen können.

In der Praxis wird manchesmal zum primitiven Nachweis des Stromes in Elementen, wenn andere Hilfsmittel nicht vorhanden sind, das Berühren der Zunge mit den Polenden, beziehungsweise den an denselben angeschlossenen Drähten vorgenommen.

Die galvanischen Elemente, welche in der Zeitlegraphie verwendet werden.

Wenn wir in dem besprochenen galvanischen Elemente die beiden Metallplatten (Elektroden) durch einen Draht verbinden, so findet ein Kreisen des elektrischen Stromes statt, indem dieser von einer Platte durch die Flüssigkeit und von derselben

in die zweite Platte fließt, sodann über den Verbindungsdraht in die erste Platte zurückkehrt. Da der galvanische Strom auf seinem Wege durch eine Flüssigkeit geht, und wie wir bereits erfahren haben, in einem solchen Falle dieselbe einer chemischen Zerlegung unterworfen wird, so muß mit der Zeit in dem Elemente eine Veränderung eintreten, welche die Stromerzeugung beeinflußt.

Bei aufmerksamer Betrachtung erkennt man, daß jene Erscheinung eintritt, welche wir im vorhergehenden Kapitel an dem Wasserzersetzungsgesetz kennen gelernt haben.

An den Platten setzt sich das aus der Flüssigkeit geschiedene Gas an, welches in Form von Bläschen die Oberflächen der Platten überzieht.

Vorzüglich fällt diese Erscheinung an der positiven Platte auf, an welcher sich der Wasserstoff, der ja in zweimal so großer Quantität ausgeschieden wird, ansetzt.

Wie entsprechende Untersuchungen bewiesen haben, sind auch die Gase befähigt durch Berührung mit anderen chemischen Stoffen elektrische Energie zu erzeugen und nehmen daher auch in der Spannungsreihe nach ihrer positiven oder negativen Erregbarkeit den entsprechenden Platz ein. Der Wasserstoff steht in der Spannungsreihe an negativer Stelle, er wird also in Berührung mit der Säure die positiven Elektronen in die Flüssigkeit abstoßen. In gleicher Richtung werden nun von dem positiven Pole die negativen Elektronen bewegt, sodaß wir innerhalb des geschlossenen Leiters zwei Ströme haben, die sich in entgegengesetzter Richtung bewegen, also gegenseitig schwächen, beziehungsweise aufheben können.

Diese Erscheinung hindert also die ununterbrochene Benützung eines solchen Elementes und läßt dasselbe schon untauglich werden, bevor noch die Stoffe durch ihre Abnützung die Stromerzeugung ausschließen würden.

Diese Erscheinung heißt Polarisation, indem durch den chemischen Prozeß eine Umwandlung der Pole des Elementes eintritt.

Da sich diese Elemente daher in der Praxis nicht anwenden lassen, war man eifrig bemüht, Einrichtungen zu treffen, welche

die Polarisationserscheinungen verhindern sollten. Je nachdem nun die Elemente mit solchen Einrichtungen versehen sind, unterscheidet man konstante Elemente oder inkonstante Elemente.

Erstere geben, solange die chemische Beschaffenheit der Stoffe in ihrer ursprünglichen Form sich erhält, Strom von gleicher Spannung, während letztere nach längerer oder kürzerer Beanspruchung ein Sinken der Spannung zeigen.

Diese Eigenschaft der Elemente spielt in der Zeitlegraphie eine große Rolle, weshalb die Stromquelle unter besonderer Berücksichtigung der Erfordernisse der angeschlossenen Apparate gewählt werden muß.

Konstante Elemente.

Zu den konstanten Elementen gehört das Daniellsche Element. (Fig. 8.) Dasselbe besteht aus zwei Elektroden,

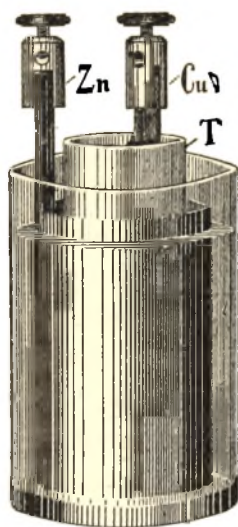
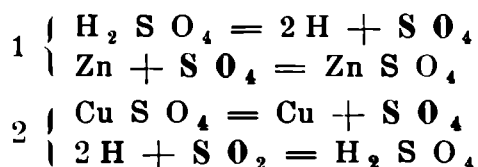


Fig. 8.

den beiden Metallen Kupfer (Cu) und Zink (Zn), welche aber nicht in eine Flüssigkeit, sondern in zwei, durch eine poröse Tonzelle (T) von einander geschiedene tauchen. Und zwar steht der Kupferzylinder in konzentrierter Kupfervitriollösung (Cu S O_4), der massive Zinkpol aber in verdünnter Zinkvitriollösung (Zn S O_4), welche durch einen porösen Tonzylinder (T) von der Kupfervitriollösung getrennt ist.

Die chemische Zersetzung der Flüssigkeiten findet derart statt, daß sich aus der Kupfersalzlösung das Kupfer ausscheidet und an dem Kupferpol ansetzt, wodurch dessen elektrisches Verhalten unverändert bleibt, der restliche Teil der Kupfersalzlösung (S O_4) geht durch den porösen Tonzylinder und verbindet sich mit dem Wasserstoff des zersetzten Elektrolyten zu Schwefelsäure, welche durch Aufnahme von Zink unter gleichzeitiger Abgabe von Wasserstoff sich wieder zu Zinksulfat verwandelt. Mittlerweile ist aus der Kupfersulfatlösung Kupfer ausgeschieden worden, für welches der Wasserstoff eintritt, indem er wieder Schwefelsäure bildet.

Der chemische Vorgang spielt sich daher folgendermaßen ab:



Erster Prozeß: Unter gleichzeitiger Ausscheidung von Wasserstoff aus Schwefelsäure setzt sich in diese das aufgelöste Zink ein, wodurch sich freier Wasserstoff und Zinkvitriol gebildet hat. Zweiter Prozeß: Unter gleichzeitiger Ausscheidung von Kupfer aus der Kupfervitriollösung setzt sich in diese der im ersten Prozesse freigewordene Wasserstoff ein, indem er mit der Atomgruppe S O_4 Schwefelsäure bildet. Es wird also immer mehr Zink gelöst, die Zinksulfatlösung daher immer konzentrierter, die Kupfervitriollösung durch Ausscheiden von Kupfer dagegen immer verdünnter. Da aber hierdurch die Ursachen der elektrischen Erregung nicht wesentlich verändert werden, kann eine Polarisation des Elementes nicht stattfinden und es bleibt solange gebrauchsfähig bis der innere Zustand des Elementes infolge gänzlicher Ausnützung der chemischen Stoffe (Kupfersulfatlösung und Zinkpol) eine Stromerzeugung unmöglich macht.

Diese Elemente finden in der Zeitlegraphie gewöhnlich nur dann Anwendung, wenn eine solche Batterie schon zu anderen Zwecken vorhanden ist (Bahnämtern, Post- und Tele-

graphengebäuden), woselbst auch für die entsprechende Wartung Vorsorge getroffen ist.

Da beide im Daniell verwendeten Flüssigkeiten verschiedene spezifische Gewichte haben, ist es nicht notwendig, zur Trennung derselben einen Tonzylinder zu verwenden.

Wenn sich beide Flüssigkeiten in einem Gefäße befinden, wird jene mit dem größeren spezifischen Gewichte zu Boden sinken, die mit geringerem aber den oberen Raum einnehmen. Die Trennungsebene der beiden Flüssigkeiten ist daher eine natürliche und liegt horizontal, während der Trennungszylinder im Daniell-Elemente die Scheidung in vertikaler Richtung vornimmt.

Wird ein Element ohne die künstliche Scheidung seiner elektrolytischen Stoffe gebaut, müssen die Elektroden in verschiedenen Höhen gelagert und die Zuleitungsdrähte, welche durch die Säuren führen, gegen die Auflösung in denselben durch entsprechende Isolation geschützt werden.

In der Praxis haben einige Formen dieser Elemente starke Verbreitung gefunden, so auch in der Zeittelegraphie, woselbst das Meidinger Element vielfach vorzügliche Dienste leistet.

Das Meidinger Element, das auch mit dem Namen Ballonelement bezeichnet wird (Fig. 9), besteht aus einem

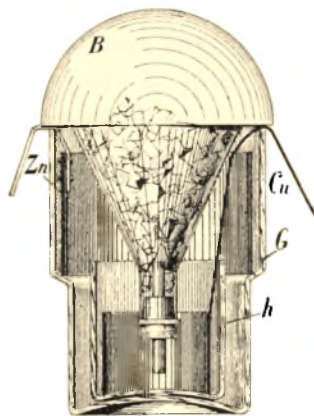


Fig. 9.

zylindrischen Glasgefäß (G), das sich in beiläufig halber Höhe nach unten stufenförmig verengt, sodaß innen ein Ansatz gebildet wird, auf welchem der zylindrische Zinkpol (Zn) auf-

ruht. Innerhalb des verengten Unterteiles steht ein zweites kleineres Glasgefäß (h), welches den Kupferpol (Cu), der gleichfalls zylindrisch gebogen ist und die Kupfersulfatlösung enthält.

Als Elementverschluß dient ein ballonförmiges Glasgefäß (B), daß sich unten trichterartig verengt und dessen Inneres mit dem Glasgefäß durch ein in den Stöpsel angebrachtes Glasröhrchen kommuniziert.

Die Elüssigkeit, welche in dem kleinen Glasgefäß enthalten ist, kann also durch diese Röhre in den Ballon gelangen. Dieser selbst wird mit reinen Kupfervitriolkristallen (CuSO_4) angefüllt. Als zweite Flüssigkeit kommt gleich wie im Daniellelement, verdünnte Schwefelsäure (H_2SO_4) zur Anwendung. Da sie ein geringeres spezifisches Gewicht besitzt, so wird sie den oberen und weiteren Teil des Glasgefäßes in welchem sich der Zinkpol befindet, ausfüllen.

Der Kupferpol befindet sich also in der Kupfervitriollösung, der Zinkpol in stark verdünnter Schwefelsäure, welche nach kurzer Zeit des Gebrauches durch die Aufnahme von Zink in eine Zinkvitriollösung, Zinksulfat (ZnSO_4) verwandelt wird.

Da die Kupfersulfatlösung während des Stromdurchganges im Elemente zersetzt wird, fällt dem Ballon die Aufgabe zu, die Lösung konzentriert zu erhalten, indem er aus seinem Reservovorrat stets neue Kristalle zur Lösung bringt.

Schließt man die beiden Pole des Elementes, so findet durch den Stromdurchgang eine Zersetzung der Flüssigkeiten und die Auflösung der Zinkplatte statt.

Die einzelnen Bestandteile der zerlegten Flüssigkeiten bewegen sich in bestimmten Richtungen und zwar die metallischen Teilchen (Metallionen) gegen die positive Elektrode, (Anode), die Restverbindungen (Restionen) gegen die negative Elektrode, die Kathode.

Man nimmt an, daß die in Bewegung befindlichen Teilchen (Ionen) elektrisch geladen sind, die Metallionen positiv, die Restionen negativ.

Der elektrische Strom in einem elektrolytischen Leiter eines in sich geschlossenen Elementes besteht also aus einer

Doppelbewegung der Ionen, der positiven zur Anode, der negativen zur Kathode.

Im Meidinger- sowie im Daniell-Element spielt sich der elektrolytische Vorgang folgendermaßen ab:

Am Kupferpol zersetzt sich die Kupfertriollösung (Cu SO_4) in Kupfer, Cu, und die Atomgruppe SO_4 eigentlich $\text{SO}_3 + \text{O}$. Während das Kupfer in der Richtung zum Kupferpol wandert und sich an demselben ansetzt, ohne eine stoffliche Veränderung an demselben hervorzurufen, kann die Atomgruppe SO_4 für sich allein nicht bestehen, sie muß mit einem anderen Stoff eine Verbindung eingehen. Ja die Voraussetzung für die Zersetzung der Kupfersulfatlösung ist schon die Anwesenheit eines Stoffes, welcher zu einer Verbindung geeignet ist. Die Atomgruppe wandert als Restion gegen die Anode, woselbst sich in der gleichzeitigen Zersetzung der Schwefelsäure, die Möglichkeit einer neuen Verbindung ergibt. Die Schwefelsäure ($\text{H}_2 \text{SO}_4$) wird in 2H und in die Atomgruppe SO_4 zerlegt, wobei letztere mit dem metallischen Zink der Elektrode, welches nach dem Auflösungsprozesse den Weg zum Kupferpol nimmt und daher dem gegen die Zinkelektrode wandernden SO_4 begegnet, eine Verbindung Zinksulfat (Zn SO_4) eingeht. Der Wasserstoff, dessen Verhalten den Metallionen gleicht, nimmt den Weg zur Kupferelektrode und begegnet der Atomgruppe SO_4 , welche von der Zersetzung der Kupfersulfatlösung übrigblieb, verbindet sich mit derselben zu $\text{H}_2 \text{SO}_4$ (Schwefelsäure).

Während aus diesen Ursachen die Zinkvitriollösung stets konzentrierter wird, bleibt die Kupfersulfatlösung von nahezu gleichartiger Dichte, so lange im Reservoir noch Kristalle vorhanden sind, und die Möglichkeit einer ungehinderten Auflösung besteht. Solange diese Voraussetzungen nicht aufgehoben sind, arbeitet das Element mit einer nahezu gleichmäßigen Spannung.

Es eignet sich daher für den Betrieb von Uhren mit vielen kurz hintereinander erfolgenden Stromschlüssen, wie zum Betriebe der Sekundennebenuhren, Chronographenwerken auf Sternwarten und zu anderen wissenschaftlichen Zwecken etc., ferner zum Betrieb von Apparaten mit Ruhestrom, zu

welchen eine gewisse Art von Wächterkontrollapparaten zu zählen ist.

Die Behandlung des Elementes besteht in einer der Beanspruchung des Elementes angemessenen Überwachung und Kontrolle, ferner in dem zeitgerechten Reinigen und Füllen, wobei man sich besonders Reinlichkeit zum Prinzip machen muß.

Diese bezieht sich auf die extremste Reinhaltung der verwendeten Glasgefäße, insbesondere aber auch der Elektroden, Zuleitungsdrähten und Verbindungsklemmen, sowie auf die Verwendung von nur chemisch reinen Materialien für den Elektrolyten und die Elektroden.

Der Zeitpunkt zur Reinigung der Elemente tritt spätestens mit dem Verbrauch des Kupfervitrioles, welcher sich durch das Glasgefäß leicht konstatieren läßt, oder mit der vorgeschrittenen Auflösung des Zinkes ein, muß unter Umständen aber auch schon früher erfolgen, wenn sich durch das allmähliche Steigen der Kupfersulfatlösung am unteren Ende des Zinkpoles ein Kupferring bildet.

Die Zinkelektrode wird durch Abschaben blank gemacht, oder wenn sie stark zerfressen ist, durch eine neue ersetzt. In beiden Fällen ist es vorteilhaft die Elektrode gut zu amalgamieren. Zu diesem Zwecke wird sie vorerst in verdünnter Salzsäure gebeizt, sodann wird mit einem in die verdünnte Salzsäure ($H\ Cl$) getauchten Wollappen Quecksilber auf der Fläche verrieben, bis sie ein silberweißes Aussehen bekommen. Dadurch wird die Lebensdauer der Zinkelektrode bedeutend erhöht. Auf gute Qualität der Zinkelektrode muß peinlich geachtet werden, daher soll nur gewalztes oder gezogenes Material zur Verwendung kommen, weil der Guß gewöhnlich mit verschiedenen Beisätzen versehen ist, die durch lokale Ströme zu rascher Abnützung führen.

Nach langem Gebrauche wird sich eine dicke Kupferschicht am Kupferpole angesetzt haben. Das Ablösen derselben ist sehr schwierig, so daß man gewöhnlich die ganze Elektrode ersetzt. Das dadurch gewonnene Material ist wertvoll, da das angesetzte Kupfer chemisch rein ist.

Zur Herstellung der Kupferelektrode bedarf man nur eines dünnen Kupferbleches, weil sich dasselbe durch den Niederschlag aus dem Salze während des elektrolytischen Prozesses ohnehin verstärkt. Will man das reine Kupfer bei den Reinigungsarbeiten von der Elektrode ablösen, so nimmt man statt der Kupferelektrode eine Bleielektrode, schließt das Element einige Zeit vor dem Gebrauche kurz, wodurch sich die Bleielektrode mit einer dünnen Kupferschicht überzieht, und sodann wie eine Kupferelektrode wirkt. Das Element kann dann so verwendet werden, als ob eine massive Kupferelektrode eingesetzt wäre.

Zwecks Reinigung ist das angesetzte Kupfer sehr leicht von der Elektrode zu entfernen, wenn man letztere langsam nach allen Seiten biegt, weil sich der elektrolytische KupfERNiederschlag mit dem Blei nicht bindet.

Wenn von der Elektrode ein Bleistreifen zur Anschlußklemme führt, kann auch die Isolierung desselben gegen Säure vermieden werden, weil Schwefelsäure das Blei nicht angreift.

Die zur Füllung verwendeten Kupfersulfatkristalle müssen chemisch rein und dürfen nicht verwittert sein.

Man erkennt die gute Qualität an der rein blauen Farbe. Mit Eisen versetzte Kristalle sind grünlich, verwitterte gelblich und an der Oberfläche zerfallen.

Am besten löst man das Kupfersalz in warmen Wasser weil die Lösung dichter wird.

Mischt man Schwefelsäure mit Wasser, so wird eine verhältnismäßig große Wärmemenge frei, welche bei Anwesenheit von wenig Wasser dieses in Dampf verwandelt. Die Wasserdämpfe entweichen explosionsartig und reißen dabei oft Teile der Schwefelsäure mit, welche zu schweren Beschädigungen und Verätzungen führen können. Man gießt deshalb nicht das Wasser in die Schwefelsäure, sondern läßt langsam letztere ins Wasser tropfen.

Bei aufmerksamer Betreuung der Elemente werden sich manche Störungen durch zeitgerechtes Reinigen und Füllen vermeiden lassen.

Das deutsche Telegraphenelement stellt eine vereinfachte Type des Meidinger Elementes dar. (Fig. 10.)

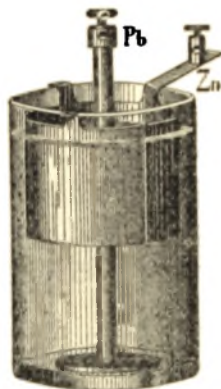


Fig. 10.

Hier entfällt der Glasballon, das Glasstandgefäß ist einfach zylindrisch, der Zinkzylinder ist massiv und hängt mit eingebogenen Füßchen am Rande des Glases. Das Unterende desselben reicht bis ins halbe Gefäß hinunter. Am Boden liegt eine Bleielektrode, in deren Mitte eine Bleisäule zur Klemme außerhalb des Gefäßes führt. Die Kupfervitriollösung nimmt die untere Hälfte des Glases ein, die verdünnte Schwefelsäure die obere. Der Ersatz des verbrauchten Kupfersulfates geschieht durch Hineinwerfen von kleinen Kupfervitriolkristallen. Diese Elemente, deren Eigenschaften sonst mit denen des Meidinger Elementes übereinstimmen, eignen sich also hauptsächlich dort, wo eine stete Überwachung möglich ist.

Einen wesentlichen Vorzug bildet die einfache und leichte Herstellung dieser Elemente, ihre große Übersichtlichkeit und leichte Zugänglichkeit.

Bei der Wartung des Deutschen Reichstelegraphenelementes ist auf die Erhaltung der Konzentration der Lösung und auf Gleichhaltung des Standes der Oberflächen der Flüssigkeiten zu sehen.

Die Kupfersulfatlösung muß von rein blauer Farbe sein, und bis ca. einen Zentimeter unter das Ende des Zinkpoles reichen. Häufiges Nachfüllen von reinem Wasser ist notwendig. Für kleinere Anlagen in den Geschäftsräumen des Uhrmachers

ist dieses Element ebenso vorzüglich geeignet als für Anlagen in welchem ständige Wartung vorgesehen ist. Die Reinigung und sonstige Behandlung ist wie bei dem Meidinger Element vorzunehmen.

Das Cupronelement (Fig. 11). Die Elektroden dieses Elementes bestehen aus einer Kupferoxydplatte von poröser Beschaffenheit und einer Zinkplatte.

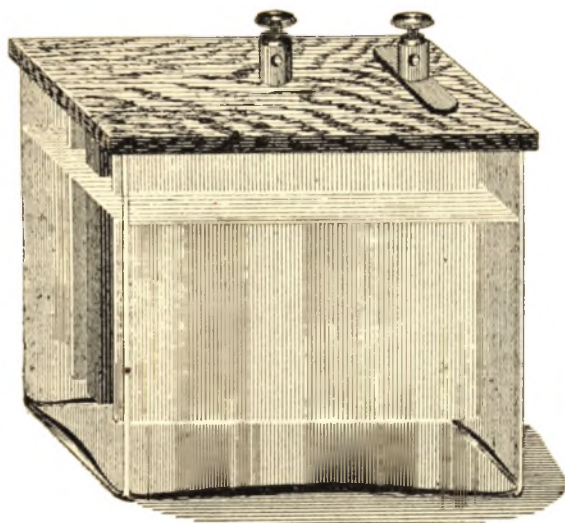


Fig. 11.

Die Flüssigkeit besteht aus einer 25^o Ätznatronlösung der im Verhältnis 1:100 etwas unterschwefligsaures Natron zugesetzt wird. Das poröse Kupferoxyd gibt seinen Sauerstoff sehr leicht ab, so daß der bei der Polarisation frei werdende Wasserstoff sich sofort wieder verbinden kann. Die Stromstärke ist daher auch bei andauerndem Stromschlusse unveränderlich, so daß dieses Element diese Eigenschaft des Meidinger Elementes noch übertrifft. Ein weiterer Vorzug ist die Möglichkeit sehr hohe Stromstärken zu entnehmen, doch kommt diese bei der Verwendung als Stromquelle in der Zeitlegraphie nicht in Betracht.

Mit der Neufüllung des Elementes, welche vorgenommen werden muß, wenn sich Kristalle an den Gefäßwänden ansetzen, wird auch die Oxydation der Kupferplatte wieder hergestellt,

welche sich im Laufe der chemischen Vorgänge zu reinem Kupfer verwandelt hat.

Die Kupferplatten werden herausgenommen und mehrere Tage an einem warmen Orte aufbewahrt, noch besser aber einer Temperatur von $100-150^{\circ}$ ausgesetzt, wobei sie sich schon in einigen Stunden rückbilden. Die Zinkplatten dürfen nur dann gereinigt werden, wenn sich an ihnen Kristalle angesetzt haben. Die Amalgamierung der Fabrik hält sonst bis zum Verbräuche der Platte.

Das Wedekind Element (Fig. 12) ist dem Cupronelement ähnlich. Der Kupferoxydbelag ist an dem eisernen Elementgefäß in hierzu angebrachten Vertiefungen eingelassen. Die

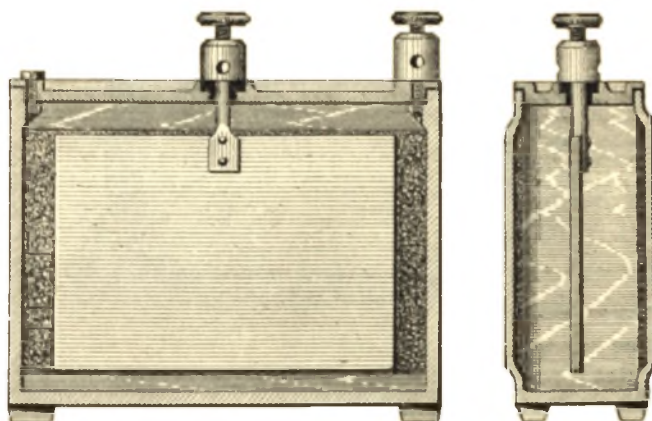


Fig. 12.

Zinkelektrode in der Mitte des isolierenden Deckels angeschraubt. Der Elektrolyt ist wie im Cupronelement, Natronlauge, en 25° B.

Die anfängliche Spannung ist wie beim Cupronelement eine ziemlich hohe, sinkt aber rasch, um sich dann sehr konstant zu halten. Die Ursache dieser Erscheinung soll darin zu suchen sein, daß sich in den Poren des Kupferoxydes nach dem Laden freier Sauerstoff befindet.

Die Behandlung des Wedekind Elementes ist eine verhältnismäßig sehr einfache, da es zu seiner Ladung nur auf die erwärmte Platte eines Ofens gestellt zu werden braucht, wo die Regeneration in 4—5 Stunden beendet ist.

Das Anwendungsgebiet ist das gleiche wie bei den übrigen konstanten Elementen

Inkonstante Elemente.

Bei den Elementen des vorherigen Kapitels werden die Polarisationserscheinungen durch die Anwendung eines zweifachen Elektrolyten sofort im Entstehen aufgehoben. Diese Elemente können daher für dauernde Stromabgabe und für Stromschlüsse in den kürzesten Zeitintervallen und häufigster Folge verwendet werden. Ihr einziger Übelstand ist die durch Anwendung zweier Flüssigkeiten verursachte Kompliziertheit, ferner der Verbrauch des Zinkes bei Nichtbetrieb.

Die inkonstanten Elemente weisen ihnen gegenüber Vorteile auf, wenn es sich um die Stromabgabe nach längeren Zeitintervallen handelt, die Stromabgabe eine geringere sein kann, und zwischen den einzelnen Stromschlüssen Pausen sind, welche dem Elemente die nötige Regeneration gestatten.

Bei geringer Beanspruchung und der Verwendung von gutem Material ist die Lebensdauer der Elemente eine ungemein lange, sie bedürfen dann der Reinigung und Ersetzung verbrauchten Materials oft erst nach Zeitperioden von 2 Jahren.

Das bekannteste und verbreitetste dieser Elemente ist das Leclanché Element, welches in verschiedenen Ausführungsformen in den Handel kommt.

In einem viereckigen Glasgefäß, dessen oberer Rand kreisrund verengt ist, (Fig. 13) steht der Kohlenpol in einem Tonzylinder von Braunstein, Manganhyperoxyd (Mn O_2), umgeben.

Die Kohlenelektrode wird aus Retortenkohle erzeugt, welche sich als Rückstand eines Prozesses bei der Leuchtgasfabrikation findet. Diese wird zerkleinert unter Beimengung von Koks und eines Bindemittels unter dem Drucke hydraulischer Pressen in Formen gepreßt.

Das Gemenge, welches die Kohlenelektrode C umgibt, besteht aus Kokskörnern und reinem Manganhyperoxyd (Mn O_2), das eine nadelartige Kristallform und Graphitglanz besitzen muß. Es kommt unter dem Namen Pyrolusit vor. Die Arbeitsfähigkeit eines Elementes hängt in erster Linie von diesem

Stoffe ab, weshalb seiner Qualität die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden muß. Der poröse Tonzylinder (T), in welchem dieses Gemenge untergebracht ist, besitzt zwei Öffnungen; eine am oberen Rande des Zylinders und eine unten. Die obere dient zur Zirkulation der Luft, welche zum Manganhyperoxyd

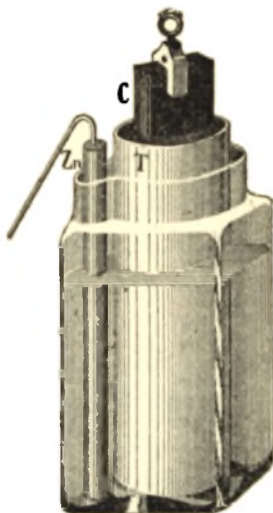


Fig. 13.

ungehinderten Zutritt haben muß. Beim Füllen des Elementes ist zu sehen, daß die Oberfläche der Flüssigkeit unter dieser Öffnung steht.

Der Zinkpol (Zn) besteht aus einer gezogenen Stange, seltener aus einem Zylinder und ist solide amalgamiert.

Als Erregerflüssigkeit dient eine Salmiaklösung (Chlorammonium $\text{N H}_4 \text{Cl}$), von deren Reinheit ebenfalls die Lebensdauer des Elementes abhängt.

Der elektrolytische Vorgang im Elemente besteht aus einer Auflösung von Zink, jedoch nur während des Stromdurchganges, ferner der Zersetzung des Elektrolyten, welcher die depolarisierende Wirkung des Pyrolusit folgt, wenn die Stromabgabe keine ununterbrochene ist, bzw. die Mengen der zersetzten Produkte keine zu großen sind.

Aus dem Elektrolyten wird Wasserstoff (H) ausgeschieden und gegen den Kohlenpol getrieben, woselbst er sich mit dem leicht aus Pyrolusit scheidenden Sauerstoff zu Wasser verbindet ($\text{H}_2 \text{O}$). Diese Regeneration geht aber nicht sehr rasch

vor sich, so daß, wenn die Stromabgabe in kürzeren Zwischenräumen oder kontinuierlich erfolgt, sich Wasserstoffbläschen an dem Tonzylinder ansetzen und eine, der Stromrichtung entgegengesetzte Spannung erzeugen, wodurch der ursprüngliche Strom geschwächt wird, unter Umständen aber ganz aufgehoben werden kann.

Man sagt in diesem Falle, das Element ist erschöpft. Durch längere Unterbrechung wird dem Depolarisator die Gelegenheit gegeben, den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen.

Im allgemeinen kann man bei guten Elementen auf 120 Kontakte in der Stunde gehen und hängt deren Zahl wesentlich von der Dauer derselben und der vorausgabten Stromstärke ab.

Um eine kräftigere Wirkung des Depolarisators zu erreichen, verwendet man anstatt des porösen Tonzylinders einen Gespinstbeutel, in welchem die Kohlenelektrode und das diese umgebende Gemisch eingeschnürt ist. (Fig. 14.) Gummiringe, oder statt deren auch eingezogene Glasperlen hindern die direkte Berührung des Kohlenpoles mit dem zylindrischen Zinkpole. Beide stehen

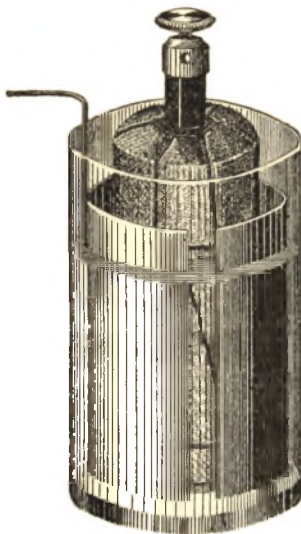


Fig. 14.

in einem Glasgefäß, welches die Salmiaklösung enthält. Ein aufgepaßter Deckel, welcher Durchführungsöffnungen für den Kopf der Kohlenelektrode und der Verbindung der Zinkelektrode enthält, schützt vor Verunreinigung und raschem Verdunsten des Wassers.

Durch die Weglassung des Tonzylinders und die Vergrößerung der Oberfläche des Zinkpols wird der innere Widerstand des Elementes stark heruntergesetzt, die Stromstärke dadurch erhöht. Sein Hauptvorteil liegt aber in dem Umstande, daß dem Wasserstoff der Zugang zu dem Sauerstoff des Depolarisators durch das Gewebe wesentlich erleichtert wird, die depolarisierende Wirkung daher um ein Bedeutendes rascher und intensiver stattfindet, als bei Elementen mit Tonzelle.

Die Behandlung dieser Elemente ist wesentlich leichter und einfacher, als die der vorangegangenen. Auch hier gilt als oberster Grundsatz, größte Reinlichkeit walten zu lassen. Da diese Elemente gewöhnlich aus einer Fabrik bezogen werden, so hat man sich bei der Beschaffung derselben an eine renommierte Firma zu wenden, welche genügende Garantien für die Verwendung guten Materiales bietet. Dies umsomehr, da man den zusammengesetzten Kohlenpol auf seine Hauptbestandteile nicht untersuchen kann, und gerade vom Depolarisator die Tauglichkeit des Elementes in hohem Grade abhängt. Der Zinkpol wird aus gewalztem oder gezogenem Material gefertigt und muß gut amalgamiert sein. Auch hierauf ist bei der Anschaffung von Elementen gut zu achten, ist aber auch bei Ersatz der verbrauchten Zinkpole einzuhalten.

Die Füllung des Elementes darf bei Verwendung von Kohlenbeutel nur so hoch reichen, daß das obere Ende des Beutels aus dem Wasser ragt. Die Kohle selbst, sowie der am Zinkpol angenietete Draht sind streng vor Feuchtigkeit und insbesondere aber vor Berührung mit Salmiak zu schützen. Am besten werden die Drähte mit Ausnahme jener Stellen, an denen sie verbunden werden, mit einem soliden Lacküberzug versehen, oder mit einer Paraffinschicht überzogen. Die Salmiaklösung soll konzentriert verwendet werden, weil aber durch Verdunsten des Wassers sich Salmiakkristalle ausscheiden und an Zink- und Kohlenpol sowie den Gefäßwänden sich ansetzen, die Leistung des Elementes damit schwächend, empfiehlt es sich, dann noch einen Zusatz von Wasser zu geben. Das Auskristallisieren soll auch ein kleiner Zusatz von Zucker verhindern, sicher bleibt jedoch das Mittel, die Lösung

nicht zu stark zu machen und häufig für das verdunstete Wasser neues nachzugießen. Beim Frischfüllen der Elemente ist zuerst die Flüssigkeit ins Glas zu geben, und erst dann die beiden Pole hineinzustellen, damit die Polenden nicht mit der Lösung in Berührung kommen. Um eine Verdunstung des Wassers zu verhüten, schüttet man auf die Oberfläche des Elektrolyten ein wenig Vaselineöl, so daß dieser von der Luft völlig abgeschlossen ist.

Die Reinigung und Füllung der Elemente erfolgt in kürzeren oder längeren Zwischenräumen, je nach der Beanspruchung. Ist eine größere Verunreinigung von außen nicht sichtbar, so probiert man mit einem Meßinstrument die Spannung und beginnt mit der Renovierung der Elemente, wenn die Spannung ein gewisses Minimalmaß erreicht hat. Zur Konstatierung derselben muß die Batterie in gewissen Zeiträumen untersucht werden.

Die Reinigung bezieht sich auf allenthalben an den Elektroden und am Glasgefäß haftenden Belag. Nachdem die Füllung aus dem Gefäße entleert ist, wird man warmes Wasser eingießen, welches den Belag löst, worauf durch Kratzen und Ausspülen die Reste entfernt werden. Der Zinkpol wird blank geschabt und amalgamiert, wenn nötig durch einen neuen ersetzt.

Der Kohlenpol wird durch Auslaugen in warmem Wasser und darauffolgendes Bürsten mit einer groben Bürste von allen anhaftenden Belage gereinigt und möglichst im Sonnenschein getrocknet. Hierbei wird Sauerstoff aus der Luft gezogen und das Pyrolusit in gebrauchsfähigen Zustand versetzt. Auch die Klemmen sind einer gründlichen Revision zu unterziehen und an den Berührungsstellen blank zu feilen. Die Kohlen erhalten häufig an den Stellen an welchen die Klemmen sitzen, einen galvanischen Kupferüberzug, so daß sie einen innigen Kontakt mit diesen ermöglichen. In diesem Falle ist auch hier der Kupferüberzug blank zu machen, im anderen Falle die Kohle über einer Flamme zu trocknen.

Bei Verwendung von Tonzellen sind die Öffnungen zu reinigen und der Zylinder nach der Reinigung gut aus-

zutrocknen. Eine weniger empfehlenswerte Form des Leclanché Elements ist das Brikettelement (Fig. 15).

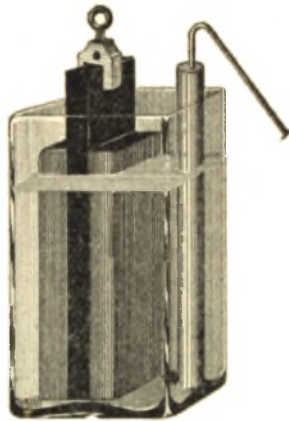


Fig. 15.

Hier ist die Depolarisationsmasse in feste Form gepreßt und als Platten an dem Kohlenkörper befestigt. Die feste Form ist einer raschen Regeneration nachteilig, da die Berührungspunkte hier weniger zahlreich sind als in der körnigen Masse. Die Trockenelemente sind im Prinzip den vorangegangenen Elementen sehr ähnlich, nur wird anstatt der Flüssigkeit zur Erregung eine mit dem Elektrolyten versetzte Masse aus Sägespänen, Gips und Ton, oder aber ein gallertartig geronnener Elektrolyt verwendet. Diese verschiedenen Zusammensetzungen bilden ein Geheimnis der betreffenden Fabriken, sind gleichwohl im Wesen so ziemlich dieselben. Die damit erreichten verschiedenen Resultate lassen nur auf die mehr oder minder große Sorgfalt bei der Auswahl und Verarbeitung des Materials schließen.

Die äußere Form des Trockenelementes stellt gewöhnlich ein 4 eckiges Prisma dar. Das Gefäß selbst ist aus Zinkblech und nach außen mit einem isolierenden Lacküberzug versehen. Innen ist das Gefäß blank und soll amalgamiert sein. Es stellt gleichzeitig die Zinkelektrode dar. (Fig. 16.) Die Kohle, mit dem sie umgebenden Manganhyperoxyd ist in einem Gespinnstbeutel und vom Boden des Gefäßes isoliert aufgestellt. Den Zwischenraum zwischen Kohlen und Zink füllt die Erreger-

masse aus und oben ist das Element durch einen Pechüberguß abgeschlossen.

Eine der bekanntesten Mischungen des Erregers ist, 20 Teile Wasser, 2 Teile Tonerdesulfat, 10 Teile Gips. Diese Masse wird gut vermengt und mit der Erregerflüssigkeit, 20 Wasser, 10 Salmiak, versetzt.

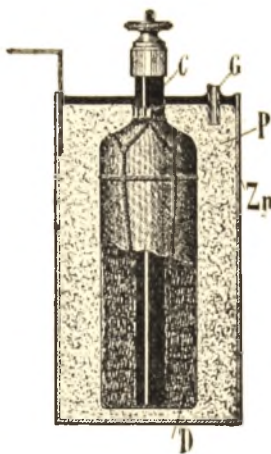


Fig. 16.

Die bekannte Zierfus'sche Masse ist eine Gallerte, welche entsteht, wenn man 2 Teile Wasserglas mit 3 Teilen verdünnter Salzsäure mengt. Die Anwendung der Trockenelemente ist weniger ökonomisch, wie die der vorangegangenen nassen Elemente, weil eine Wiederherstellung dieser Elemente nach gänzlicher Ausnützung unmöglich ist. Sie werden daher auch nur dort verwendet, wo eine Wartung der Batterie nicht möglich ist und die Kosten der Neuanschaffung nicht in Betracht kommen.

Im Übrigen ist ihre Anwendung möglich, wo ein Leclanché-element zur Stromabgabe genügen würde.

Das Hauck'sche Trockenelement besteht aus einem zylindrischen Zinkgefäß und einem Kohlenstab. Der Zwischenraum wurde mit einer Mischung von Gips, Salzwasser und Chlorkalk ausgegossen, das Element nach oben durch einen Gipsaufguß geschlossen.

In diesem Elemente wirkt als Depolarisator der Chlorkalk, welcher ungemein leicht Chlor abgibt, das sich mit dem freiwerdenden Wasserstoff zu Chlorwasserstoff verbindet.

Sekundärelemente.

Die in den Primärelementen auftretende Erscheinung, das durch den Elektrolyten ein „Umpolen“ der Elektroden stattfindet, wodurch der Strom geschwächt bzw. ganz aufgehoben wurde, findet seine nützliche Anwendung in verschiedenen Richtungen zum Teil als Stromquellen, (Akkumulatoren) zum Teile aber auch zur Verhinderung des Induktionsfunken an den Kontakten (Polarisationszellen). Letztere bestehen aus Glasfläschchen, welche durch einen Gummi oder Korkstöpsel solide verschlossen sind. Durch den Stöpsel führen zwei kleine Platinbleche, die mittels zweier Drähte nach außen eine leitende Verbindung erhalten. Die Flaschen sind mit angesäuertem Wasser gefüllt. (Fig. 17). Verbindet man die beiden Pole mit den Leitungsdrähten eines Elementes, so wird eine Zersetzung der Flüssigkeit vor sich gehen, wobei sich Wasserstoff an der einen Elektrode der Polarisationszelle ansetzt und einen Gegenstrom hervorruft. Dieser wächst und wird nach und nach so stark, daß er den ursprünglichen Strom des Elementes ganz aufhebt. Diese Eigenschaft macht die Polarisationszelle sehr wertvoll, indem man sie zur Aufhebung des Induktionsfunken an den Kontakten verwendet. Die Art ihrer Schaltung und Anwendung wird im Kapitel Kontakte ausführlich behandelt.



Fig. 17.

Schließt man von der Polarisationszelle die beiden Elementdrähte ab und verbindet die beiden Pole der Zelle, so wird der Zustand der Zelle eine neue Veränderung erfahren, indem die chemische Wirkung des zersetzten Elektrolyten neuerdings

eine Bewegung der Elektronen in der Zelle hervorruft, worauf in der Verbindungsleitung ein Strom zirkuliert, der dem Ladestrom der Polarisationszelle entgegengesetzt gerichtet ist. Hierbei geht die Rückformung des Elektrolyten der Polarisationszelle in seine ursprüngliche chemische Gestalt vor sich.

Von dieser Erscheinung wird in der heutigen Elektrotechnik eine ausgedehnte Anwendung gemacht.

Derartige Elemente welche in ihrer ursprünglichen Gestalt keinen Strom abzugeben vermögen, weil in dieser Zusammensetzung keinerlei chemische Veränderung vor sich geht, heißen Akkumulatoren, weil sie elektrische Energie in chemischer Arbeit aufspeichern können und durch die chemische Rückbildung wieder elektrischen Strom abgeben.

Da die Art der Polarisationszellen dem praktischen Bedarf als Akkumulator (Fig. 18) nicht genügt, so werden eigene Elemente gebaut, bei welchen die Elektroden nicht durch die an Metallplättchen angesetzten Gase hergestellt werden, sondern durch die Umwandlung von Metalloxyden, welche in einem Elektrolyten stehen, der keine schädlichen Nebenwirkungen auszuüben vermag.

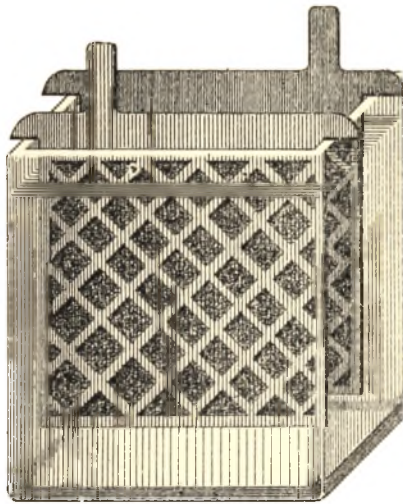


Fig. 18.

Der von Planté erfundene Akkumulator besteht aus zwei Bleioxydplatten, welche sich in verdünnter Schwefelsäure befinden. Bei Stromdurchgang geht der Sauerstoff der einen

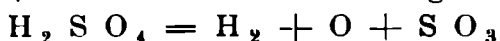
Platte auf die andere über, diese in Bleisuperoxyd verwandelnd, während die erste Platte zu reinem Blei reduziert wird.

Zwischen dem Bleisuperoxyd und der Bleiplatte besteht eine bedeutende Potentialdifferenz, welche infolge ihrer Spannkraft die kräftige Scheidung der Elektrizitätsteilchen hervorruft, wenn durch eine leitende Verbindung diesen die Bewegungsmöglichkeit geboten wird.

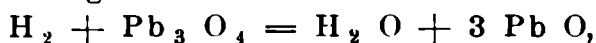
Die Spannkraft eines solchen Sekundärelementes beträgt durchschnittlich 2 Volt, also ungefähr das doppelte eines Primärelementes.

Die Bleioxydakkumulatoren werden aus zwei gegitterten Bleiplatten hergestellt, deren Zwischenräume mit Mennige einem Gemenge von Bleioxyd Pb O und Bleisuperoxyd (Pb O_2) welches mit der Formel $\text{Pb}_3 \text{O}_4$ bezeichnet wird, ausgefüllt sind.

Der elektrische Vorgang, welcher sich bei der ersten Ladung abspielt, besteht in einer Zersetzung der Schwefelsäure.

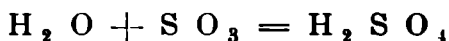


Der frei werdende Wasserstoff bindet sich mit einem Teil Sauerstoff der negativen Platte zu Wasser.

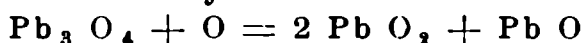


wobei die negative Elektrode zu Bleioxyd reduziert wird.

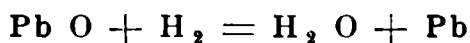
Die Atomgruppe S O_3 kann für sich nicht bestehen, sondern zieht aus der verdünnten Schwefelsäure Wasser heraus, mit welchem es sich zu Schwefelsäure verbindet.



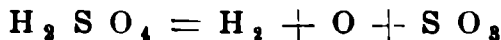
Es bleibt also das freie Atom Sauerstoff, welches den Weg zur positiven Elektrode nimmt und sich mit den Mennige zu Bleisuperoxyd und Bleioxyd verbindet.



Bei der ununterbrochenen Fortsetzung der Elektrolyse gehen neue Wasserstoffatome zur negativen Elektrode, die das Bleioxyd vollständig zu Blei reduzieren, wobei wieder Wasser gebildet wird.



Die dabei erfolgte Zersetzung der Schwefelsäure war wie vorhin:

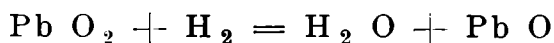


Während sich nun die Atomgruppe S O_3 durch Entziehung von Wasser aus dem Elektrolyten wieder in Schwefelsäure verwandelte, diese dadurch immer mehr und mehr konzentrierend, geht der Sauerstoff zur positiven Elektrode und verwandelt das restliche Bleioxyd dort in Bleisuperoxyd.

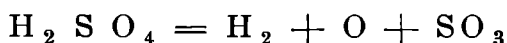


Die Entladung geht unter Bildung von Bleisulfat vor sich. Nach der vorhin beschriebenen Formierung des Elementes hat sich die Mennige an der einen Elektrode in grauen, porösen Bleischwamm verwandelt, während die zweite Elektrode zu Bleisuperoxyd mit bräunlicher Farbe umgebildet wird. Die elektrolytische Lösung, aus verdünnter Schwefelsäure bestehend, ist dabei bedeutend konzentrierter geworden. Wir haben also bei der chemischen Rückbildung wenn das Element zur Stromabgabe geschlossen wurde, mit folgenden chemischen Verbindungen zu rechnen: Bleisuperoxyd als positive Elektrode, Schwefelsäure als Elektrolyt und reines Blei als negative Elektrode.

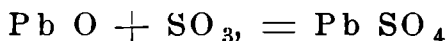
Die Rückbildung erfolgt in der Art, daß sich der aus den Elektrolyten ausscheidende Wasserstoff an die Bleisuperoxydplatte ansetzt und unter Bildung von Wasser diese zu Bleioxyd reduziert.



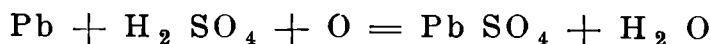
Die Schwefelsäure ist demnach zerlegt worden in die Atomgruppe S O_3 , freiem Sauerstoff und Wasserstoff:



Die Atomgruppe S O_3 , die nicht frei bestehen kann, verbindet sich mit dem Bleioxyd und bildet sich zu Bleisulfat um.



Der Sauerstoff wandert zur reinen Bleiplatte, an welcher sich unter Einfluß der Schwefelsäure ($\text{H}_2 \text{ S O}_4$) Bleisulfat und Wasser bildet.



Das Bleisulfat geht nicht in die Lösung über, sondern bedeckt die beiden Bleiplatten, wobei dann die Stromabgabe nach und nach aufhört.

Die neuerliche Ladung findet dann so wie die folgenden statt. Zu bemerken ist, daß durch die Bildung von Bleisulfat, die Konzentrierung der Schwefelsäure geringer geworden ist.

Der Ladeprozeß ist nun ein umgekehrter, indem sich durch die Elektrolyse, der an der positiven Elektrode auftretende Sauerstoff mit dem Bleisulfat und Wasser zu Schwefelsäure und Bleisuperoxyd verbindet, der Wasserstoff an der negativen Elektrode aber für das ausscheidende Blei im Bleisulfat einsetzt, so daß an dieser Elektrode reines Blei entsteht und Schwefelsäure.

Die verdünnte Schwefelsäure wird daher durch Zuschuß von Schwefelsäure konzentrierter.

Bei der Ladung ist die positive Platte des Akkumulators mit dem positiven Pole der Ladestromquelle zu verbinden und die negative Platte (reines Blei) mit dem negativen Pole der Stromquelle. Akkumulatoren selbst herzustellen ist nicht empfehlenswert, da hierzu reiche Erfahrungen gehören und von deren richtigen Anwendung eben die Qualität dieser Stromquellen abhängt. Die Erzeugung derselben wird in größeren Fabriken gepflogen, denen alle wissenschaftlichen und technische Hilfsmittel zu Gebote stehen, das Beste zu erreichen. Trotzdem sollen im Nachfolgenden die Hauptmomente der inneren Einrichtung gegeben werden, um im Falle einer Reparatur das nötige Verständnis vermitteln zu können.

Für die Brauchbarkeit eines Akkumulators ist es Grundbedingung, daß das Herausfallen des schwammigen Bleisuperoxydes und Bleies aus den Platten verhindert wird, weil dadurch Kurzschluß zwischen den Platten entsteht, der den Akkumulator stark beschädigt. Die verschiedenen Fabriken haben daher durch die Wahl einer geeigneten Form diesen Übelstände abzuhelpen versucht.

Der Correns Akkumulator besitzt Bleiplatten, welche eine gitterförmige Form haben und aus je zwei miteinander verbundenen Platten bestehen, deren Gitter nach innen zu schmal-

kantig werden, so daß die dazwischen eingezwängte aktive Masse nicht herausfallen kann. (Fig. 19)

Die positiven Platten werden mit Mennige, die negativen Platten mit Bleiglätte formiert. Die Platten besitzen oben, links und rechts je einen Ansatz, mit dem sie auf dem Glasgefäß aufliegen. Die Platten werden so eingestellt, daß jede

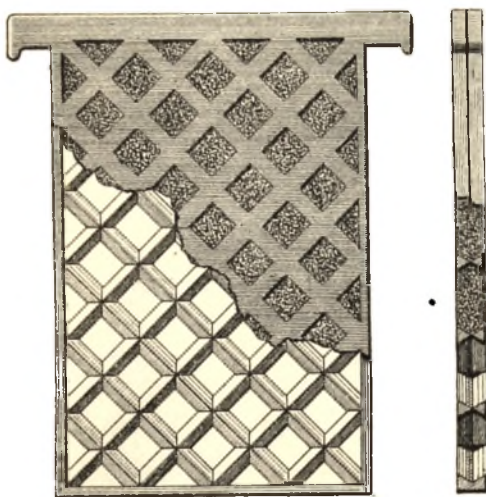


Fig. 19.

positive Platte von zwei negativen umgeben ist, zwischen je zweien ist ein isolierendes mit Paraffin imprägniertes Brettchen dazwischen gelegt, um die Berührung und den damit auftretenden Kurzschluß zu verhindern. (Fig. 20 und 21.) Die Tudor-Akkumulatoren besitzen Bleiplatten, die, um eine möglichst große Oberfläche zu erhalten, mit tiefen, zahlreichen Keilnuten versehen sind. Das Verfahren der Formierung wird bei den Platten wie im Plantéprozeß vorgenommen, indem durch öfteres Laden und Entladen die positive Bleiplatte in Bleisuper-oxyd überführt wird. Da dieser Prozeß ein ungemein langsamer ist, wird er nicht vollständig fertig geführt, sondern in die Nuten aktive Masse eingestrichen, welche in der Zwischenzeit als Elektrode dient. Durch den öfteren Lade- und Entlade-prozeß formiert sich die unter der Masse befindliche Bleiplatte in genügender Tiefe und kann nach dem in einiger Zeit vor

sich gehenden Herausfallen der künstlichen Masse, für diese die Funktion übernehmen.

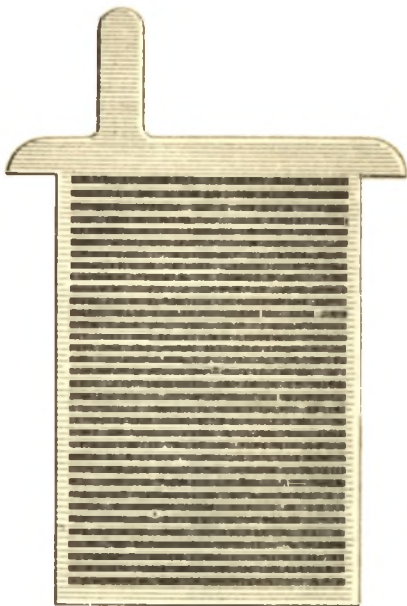


Fig. 20.

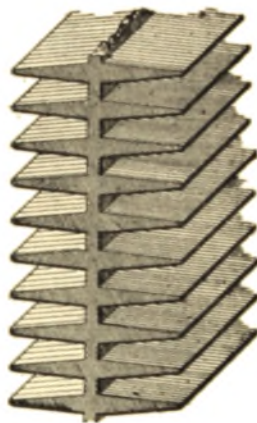


Fig. 21.

Eine ähnliche Form zeigen auch die positiven Platten der Hagener Akkumulatoren (Fig. 22), während die negativen Platten aus einem weitmaschigen Gitter bestehen, dessen Zwischenräume mit Bleischwamm ausgefüllt sind. Um das Herausfallen des Bleischwammes zu verhindern, der mit der Zeit sein Volumen vermindert, werden ihm Stoffe beigemischt, welche ein Quellen verursachen. Die negative Platte erhält außerdem noch einen Schutz durch eine aufgelegte perforierte Bleiplatte.

Wo eine Akkumulatorenbatterie in Verwendung kommt, ist bei den Revisionen ein stetes Augenmerk auf die Formierung der Platten zu richten, damit von hier aus keine größere Störung eintreten kann. Elemente, in welchen die Masse der Platte lose geworden ist, müssen unverzüglich abgeschaltet und die Neuformierung vorgenommen werden. Daher ist es notwendig, bei Verwendung von Sekundärelementen stets eine Reservebatterie vorzusehen.

Die Platten selbst müssen derart in den Standgefäßen untergebracht werden, daß sie den Boden nicht berühren,

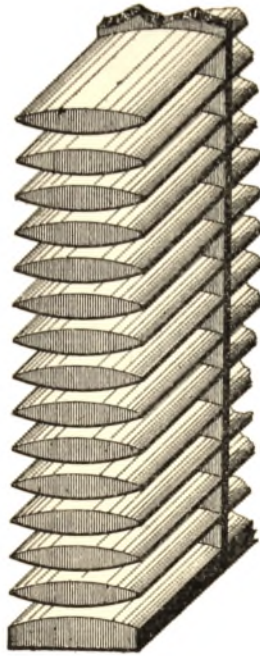


Fig. 22.

sondern noch einen reichlichen Zwischenraum zwischen ihrem unteren Ende und dem Boden des Gefäßes lassen, damit die eventuell herausfallende Masse keine leitende Verbindung herstellen kann.

Aus diesem Grunde werden an den Platten oben zwei Ansätze angegossen, welche am Rande des Gefäßes aufliegen, und die Platten schwebend erhalten. Um das Berühren und einen dadurch hervorgerufenen Kurzschluß zu verhindern, werden die einzelnen Platten entweder durch Glas, Hartgummi oder Holzstäbe, die mit Paraffin imprägniert sind, auseinandergehalten.

Ein wesentlich einfacher chemischer Prozeß findet im Edison-Akkumulator statt. (Fig. 23.)

Die beiden Elektroden dieses Sekundärelementes bestehen aus Briketts, die aus pulverisiertem Eisenoxydul Fe O bzw.

pulverisiertem Nickeloxyd $\text{Ni}_2 \text{O}_3$ bestehen. Da die Briketts allein nicht haltbar wären, werden sie in gepreßte Formen aus

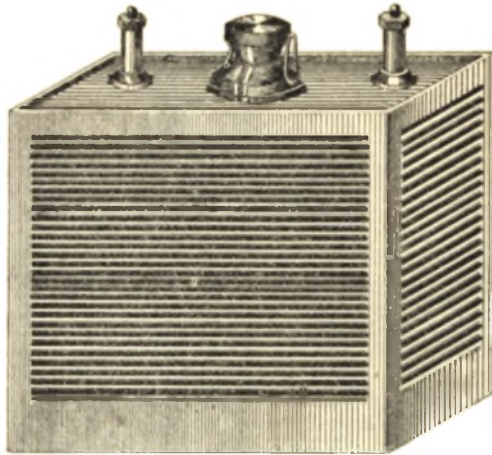


Fig. 23.

dünnem Stahlblech eingelegt (Fig. 24) und unter großem Drucke mit diesen verbunden.

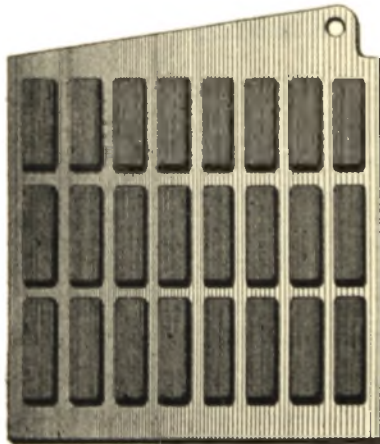


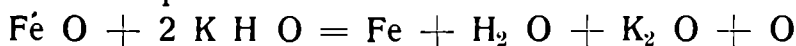
Fig. 24.

Der Elektrolyt ist Kalilauge K O H (21%), die durch den Stromdurchgang zersetzt wird, wobei sich der Sauerstoff an der Nickelelektrode mit dieser zu Nickelsuperoxyd verbindet. Das Eisenoxydul an der Eisenelektrode wird reduziert, wobei der Sauerstoff wieder in den Elektrolyten eintritt und diesen herstellt.

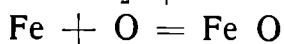
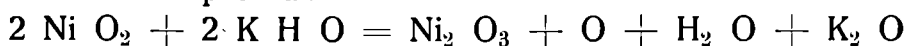
Der Elektrolyt bleibt also unverändert und die Veränderung beschränkt sich auf die beiden Elektroden.

Bei der Entladung wird durch die Zersetzung der Kalilauge das Eisen oxydiert, während die Reduktion des Nickelsuperoxydes den Elektrolyten wieder herstellt.

Ladeprozeß:



Entladeprozeß:



Die Spannung der Edisonakkumulatoren ist kleiner als jene der Bleiakkumulatoren, sie beträgt 1.25 Volt. Der Nutzeffekt steht mit ersteren auf ungefähr derselben Höhe, wird aber häufig als kleiner bezeichnet.

Das Gewicht der Edisonelemente ist kleiner und die äußere Ausstattung gefälliger. Auch die ganze Bauart ist viel gedrängter gehalten, da die Flüssigkeitsmenge, weil mit ihr keinerlei Veränderung vorgeht, bedeutend geringer sein kann.

Das Laden der Akkumulatoren, ihre Zusammenstellung zu Batterien, werden in einem gesonderten Kapitel, den Stromquellen durchgenommen.



Die Gesetze des elektrischen Stromes.

Verbindet man die beiden Pole eines galvanischen Elementes mit einem guten Leiter, so wissen wir, daß in diesem Momente in dem Elemente Veränderungen vorgehen und solange anhalten, als die leitende Verbindung der beiden Pole dauert und der stoffliche Zustand der Elemente unverändert bleibt.

Daß aber nicht nur im Elemente selbst Veränderungen vorgehen, sondern auch der Leiter seinen ursprünglichen Zustand nicht beibehalten hat, beweist uns der Versuch, den wir früher mit der Magnethnadel gemacht haben.

Die Veränderungen im Elemente haben wir im vorangehenden Kapitel ausführlich kennen gelernt und erfahren, daß sie vornehmlich in der chemischen Umwandlung der Stoffe bestehen, daß aber mit dieser gleichzeitig eine Bewegung der Elektronen erfolgte, als Wirkung der in elektrische Spannkraft umgewandelten chemischen Energie, die eine Scheidung der Elektronen hervorbrachte.

Während aber ein Teil der chemischen Arbeit geleistet werden kann, auch dann, wenn die beiden Elektroden keine Verbindung haben, wird eine Bewegung der Elektronen erst durch diese verursacht.

Die chemische Energie wird durch Umwandlung in elektrische wohl eine Scheidung der Elektronen bewirken, wobei die eine Art derselben in der Platte angesammelt, die andere in die Flüssigkeit gestoßen wird, es kann sogar, wenn die Menge der getrennten Teilchen eine entsprechend große ist, ein Ausgleich unter Wärmeentwicklung von statten gehen (Versuch, Auflösen einer Zinkplatte in Salzsäure), damit ist aber die Bewegungsmöglichkeit schon abgeschlossen.

Verbindet man dagegen die beiden Elektroden mit einem Metalldraht, so werden die gleichnamigen Elektronen, im Bestreben einander zu fliehen, den Weg aus den Metallplatten in den Leiter nehmen, und an der entgegengesetzten Elektrode einen Ausgleich mit den ungleichnamigen eingehen. Da dies an beiden Elektroden der Fall ist, so wird im Leiter eine zweifache Bewegung der Elektronen stattfinden, die sich gegenseitig kreuzen.

Um Komplikationen zu vermeiden, spricht man immer nur von einem Strome und meint damit den vom positiven Pole ausgehenden.

Als nächste Voraussetzung für das Bestehen eines elektrischen Stromes gilt also die Bedingung, den Elektronen einen Weg zur ungehinderten Bewegung, das ist zum gegenseitigen Ausgleich zu bieten.

Ein elektrischer Strom entsteht also dann, wenn in einem geschlossenen Wege von guten Leitern an einer Stelle eine Spannungsdifferenz herrscht.

Die Elektronen werden durch diese Scheidungskraft auseinandergetrieben, wodurch sie über den geschlossenen Leiter wandern und sich am entgegengesetzten Pole mit den ungleichnamigen Elektronen ausgleichen.

Die Spannungsdifferenz stellt uns irgend eine Art von Stromquelle her, der geschlossene Leiter führt durch die Leitungsanlagen, Kontakte und Apparatspulen, in welchen die uns dienliche Umwandlung des elektrischen Stromes in mechanischer Energie erfolgt.

Aus dieser geschlossenen Kette, mit Rücksicht auf den Umstand, daß wir den Strom in ununterbrochener Folge für die Zwecke der Zeitlegraphie nicht verwenden können, ergibt sich, daß jede Zeitlegraphenanlage in ihrer einfachsten Form aus der Stromquelle, den Leitungen, den Kontakten (Unterbrechern) und den Apparaten zur Umwandlung der elektrischen Energie in mechanische bestehen muß.

Die Strömung der Elektronen erfolgt bezüglich ihrer Kraft, ihrer Menge und Geschwindigkeit nach bestimmten Gesetzen.

Die elektromotorische Kraft.

Die Spannung oder elektromotorische Kraft, jene Kraft, die wir bei den Versuchen schon kennen gelernt haben, welche die Bewegung der Elektronen verursacht, hängt von der Größe der Differenz ab, mit welcher die beiden Pole im entgegengesetzten Sinne geladen sind. Da die Elektronen bestrebt sind, durch Vereinigung der ungleichnamigen, den elektrischen Gleichgewichtszustand herzustellen, muß das Bestreben ein umso intensiveres sein, je weiter sie vom Gleichgewichtszustande entfernt sind.

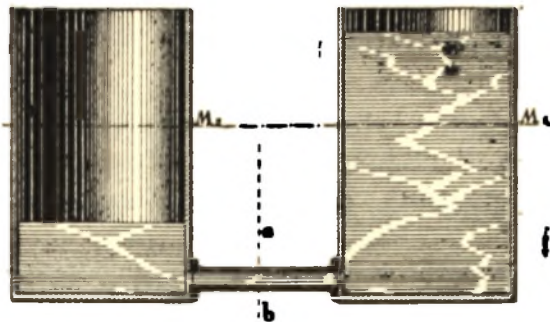


Fig. 25.

Es lässt sich dies sehr leicht an einem einfachen Beispiel zeigen. Wenn wir zwei Wassergefäße nehmen, deren unterer Teil durch eine Röhre verbunden ist, (Fig. 25) und die Gefäße mit Wasser füllen, so zwar, daß in dem einen der Wasserspiegel bedeutend höher steht, als in dem anderen, so wird die Flüssigkeit solange aus dem ersten Gefäße durch das Rohr in das zweite strömen, bis die Wasserspiegel gleiche Höhe erreichen.

Der Druck der im Querschnitte a b des Kommunikationsrohres in der Richtung des fließenden Wassers herrscht, wird im selben Grade abnehmen, als die Höhendifferenz der beiden Wasserspiegel kleiner wird, und in dem Momente null sein, wenn die Niveaus auf gleicher Höhe stehen.

Dies läßt sich einfach wahrnehmen durch die veränderliche Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser steigt, beziehungsweise fällt. Da der Widerstand des Rohres, welcher der Bewegung des Wassers entgegengesetzt wirkt, unter allen Umständen der gleiche bleibt, bei gleichem Drucke also gleiche Geschwindigkeit des strömenden Wassers herrschen müßte, ist die Annahme richtig, daß der fallende Druck des Wassers, welcher den Ausgleich hervorbringt, an der verzögerten Geschwindigkeit desselben schuld ist, also mit Abnahme der Höhendifferenz der Oberflächen kleiner wird.

In diesem Beispiele finden wir Erscheinungen wieder, die uns bei den inkonstanten Elementen schon vorgekommen sind.

Vergleichen wir die Höhenlagen der Wasserspiegel mit dem Potential der Elektroden und verfolgen die Stärke der Spannung, die wir mit dem Drucke des fließenden Wassers in dem Rohre vergleichen, so läßt sich bei beiden eine Abnahme feststellen, die

mit der Dauer der Bewegung zunimmt und schließlich gleich null wird.

Die Ursache dieser Erscheinungen liegt bei den kommunizierenden Wassergefäßen in dem Steigen des Wasserspiegels auf der einen Seite, wodurch der Gegendruck dieser Flüssigkeitssäule immer wächst und schließlich so groß wird, daß er dem Drucke der anderen Säule entspricht, und die Bewegung des Wassers aufhört. Dies geschieht in dem Momente, in welchem die Oberflächen beider Flüssigkeitssäulen die gleiche Höhe erreicht haben.

Beim inkonstanten Elemente werden durch die gemeinsame Bewegung der Elektronen Teilchen des zersetzten Elektrolyten an die Elektroden abgelagert, woselbst sie eine elektrische Erregung hervorrufen, die dem ursprünglichen Strom entgegengesetzt gerichtet ist. Also auch hier wird ein stets wachsender Gegendruck erzeugt, der wie im analogen Beispiele die Größe des erst vorhandenen Druckes erreicht und dann das Strömen der Elektrizität verhindert. Würde man an dem einen Gefäße einen regulierbaren Auslauf anbringen, so daß der Wasserspiegel trotz des zuströmenden Wassers in gleicher Höhe bleibt, ferner das Wasser in dem Gefäße mit hohem Wasserstand im Maße des ablaufenden Wassers ergänzen, so wird, trotz steter Bewegung des Wassers der Druck in dem Verbindungsrohre gleich bleiben.

Damit ist uns ein Bild der Vorgänge in den konstanten Elementen gegeben, da in letzteren auch die auftretende Zersetzungsprodukte welche Polarisationserscheinungen hervorrufen würden, unschädlich gemacht werden.

Verändert man das Niveau der Wasserflächen, so wird mit dem Steigen der Differenz der Druck größer, mit dem Fallen derselben der Druck kleiner und wird sich solange konstant erhalten, als die Differenz beibehalten bleibt.

Macht man also die Differenz zweimal so groß, so wird auch der Druck des fließenden Wassers zweimal so groß werden.

Versuchen wir dies an unseren Elementen und schließen zwei Elemente zusammen, indem wir den positiven Pol des einen mit dem negativen des andern verbinden, und schalten zwischen den beiden freien Polen ein Messinstrument ein, so findet sich, dass die Spannkraft jetzt zweimal so groß ist, als sie früher war.

Es werden unter der Scheidungskraft der negativen Elektrode die positiven Elektronen durch die Flüssigkeit des Elementes zur positiven Elektrode wandern. Dortselbst herrscht neuerdings eine Scheidungskraft zwischen der Flüssigkeit und der positiven Elektrode, so daß die positiven Elektronen aus der positiven Elektrode durch den Kraftstoß der von der negativen Platte ausgeht, vermehrt um die Scheidungskraft zwischen Flüssigkeit und positiver Platte in dem Verbindungsleiter zum anderen Elemente wandern.

Der Spannungsunterschied zwischen dem negativen Pole des Elementes und dem Verbindungsleiter ist — wenn wir vorläufig von den Widerständen absehen — daher gleich der Spannungsdifferenz zwischen der negativen Elektrode und der Flüssigkeit, vermehrt um die Spannungsdifferenz zwischen der Flüssigkeit und der positiven Elektrode. Die Summe dieser beiden Spannungsdifferenzen ist nun jene Kraft, mit welcher die positiven Elektronen durch den Verbindungsdraht in die negative Elektrode des zweiten Elementes gelangen. Da hier eine neuerliche Scheidungskraft wirkt, so werden die positiven Elektronen, welche ohne das Vorhandensein derselben, mit einer vom ersten Elemente verliehene Kraft durch das zweite Element gewandert wären, mit einer um die Scheidungskraft des negativen Poles vermehrten Kraft ihren Weg durch die Flüssigkeit zum positiven Pole nehmen. Hier besteht neuerdings eine Spannungsdifferenz zwischen Flüssigkeit und Elektrode, weshalb auch hier eine Kraftvermehrung eintritt. Die Höhe des Spannungsunterschiedes zwischen dem freien negativen Pole des ersten Elementes und dem freien positiven Pole des zweiten, beträgt daher das zweifache von jenem, eines einzelnen Elementes.

Schließt man daher eine Batterie von mehreren Elementen in der vorherbeschriebenen Weise hintereinander, so wird die Spannungsdifferenz der beiden freien Pole das so Vielfache betragen, als Elemente hinter einander geschlossen wurden.

Diese Schaltungsart, bei welcher immer zwei ungleichnamige Pole der Elemente verbunden werden (Fig. 26), so daß die freien Pole des ersten und letzten Elementes wieder ungleichnamig sind, heißt Schaltung auf Spannung, Hintereinanderschaltung oder Serienschaltung.

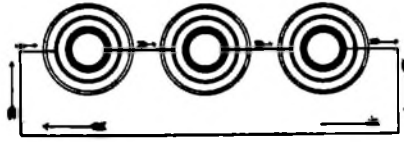


Fig. 26.

Anders verhält es sich, wenn wir zwei Elemente mit den gleichnamigen Polen verbinden. (Fig. 27.) Wir messen die Spannung und finden, daß sie die gleiche Größe beibehalten als jedes einzelne Element für sich gemessen zeigte.

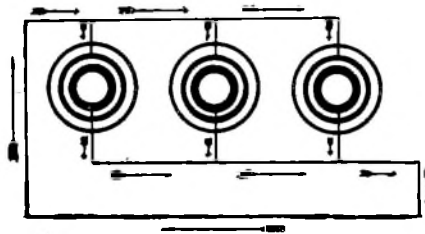


Fig. 27.

Man versinnbildlicht sich dies an zwei Gefäßen, welche durch ein Verbindungsrohr mit zwei anderen Gefäßen kommunizieren (Fig. 28). Wenn wir analog unserem ersten Beispiele den Druck des strömenden Wassers in seiner Bewegungsrichtung im Verbindungsrohre messen, finden wir, daß er bei gleicher Niveaudifferenz nicht größer ist, als wenn man das eine Gefäß durch Hähne verschließt.

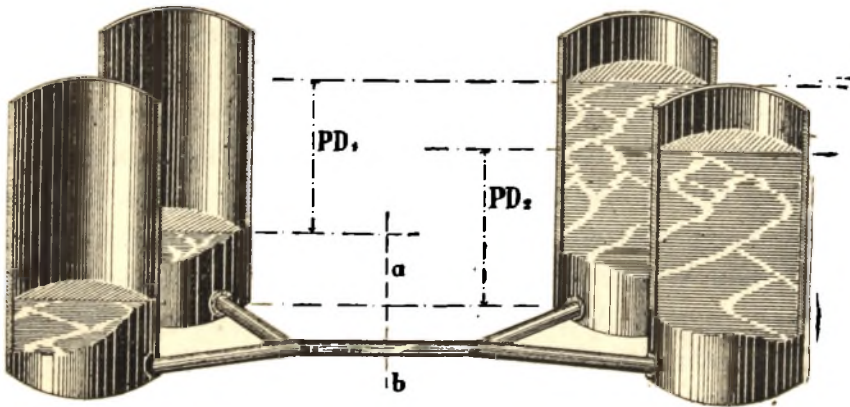


Fig. 28.

In den Elementen werden durch die Scheidungskraft die positiven Elektronen von der negativen Platte ab- und in die Flüssigkeit gestossen, wo sie zur positiven Elektrode wandern. Hier wird also die Spannung noch dieselbe sein, wie an der

negativen Elektrode. Diese Spannung bewirkt die Weiterbewegung der Elektronen, wird aber noch um die zwischen der positiven Elektrode und der Flüssigkeit wirkenden Spannkraft vermehrt. Bis hierher stimmt der neue Fall mit dem zuerst erläuterten vollständig überein. Die Elektronen werden also in den Verbindungsleitern mit einer Spannkraft bewegt, die eben der Spannungsdifferenz der beiden Elektroden entspricht.

Während aber im ersten Falle, bei Hintereinanderschaltung die Spannung vor der nächstfolgenden Elektrode des zweiten Elementes schon diejenige des ersten war, sich also im zweiten Elemente vermehren mußte, ist bei der zuletzt angeführten Schaltung die Spannung hinter der zweiten Elektrode gleich der Elementenspannung und führt die Elektronen zu dem zweiten Pole mit der niederen Spannung zurück. Es werden also auch bei der Parallelschaltung von x Elementen, alle x Verbindungsdrähte zu dem Pole niederer Spannung zurückkehren, wodurch die Spannungsdifferenz nicht größer werden kann.

Stromstärke (Strommenge).

Anders verhält es sich mit der Menge der Elektronen. Und hier stimmt unser Beispiel wieder mit der Analogie, den Wassergefäßen überein.

Der Druck in dem Verbindungsrohre ist, wie wir schon festgestellt haben, der gleiche geblieben, auch wenn das Wasser aus beiden Gefäßen durch dasselbe rann. Da nun die Menge des durchströmenden Wassers von dem Drucke abhängt, so ist es natürlich, daß auch die durchfließenden Wassermengen dieselben geblieben sind. Ein Rückschluß lehrt uns nun, daß, da die Wassermenge aus zwei Gefäßen kam, die jedem einzelnen Gefäße entnommene Wassermenge die Hälfte des Quantums ausmachen muß, als wenn das Wasser nur aus einem Gefäße gefloßen wäre.

Hier stimmt das Verhalten der Elemente mit dem herangezogenen Beispiel vollständig überein. Die Mengen der Elektronen werden zwei Elementen entnommen, weshalb die Hälfte der Menge jedem einzelnen Elemente zukommt.

Man kann daher bei dieser Schaltung die zu entnehmende Elektrizitätsmenge mit der Zahl der Elemente vervielfachen, bezw. die Lebensdauer von Elementen bei Entnahme geringerer Strom-

stärken, wenn deren Verwendungsdauer von den entnommenen Strommengen abhängt, um das Vielfache verlängern als die Zahl der parallel geschlossenen Elemente beträgt.

Diese Art der Schaltung wird als Parallelschaltung bezeichnet.

Widerstand.

Verbinden wir die beiden Wassergefäße durch ein überall gleichweites Rohr, dessen innerer Querschnitt größer ist als der des früheren Rohres, so wird bei gleichem Drucke in der gleichen Zeit mehr Wasser durchlaufen als früher. Wir können uns das im Rohre befindliche Wasser aus unzähligen Wasserfäden kleinsten Querschnittes zusammengesetzt vorstellen. Von diesen Wasserfäden gehen natürlich in ein weites Rohr mehr als in ein enges, und da auf die Einheit des Querschnittes eine bestimmte Anzahl solcher Wasserfäden kommen, wird sich die Zahl derselben in verschiedenen Rohren wie ihre Querschnitte verhalten.

Die Geschwindigkeit der Fortbewegung dieser Wasserfäden ist bei gleichem Wasserdruck dieselbe, und hängt nicht vom Querschnitte ab, dagegen wächst sie wenn der Druck stärker wird und nimmt ab wenn der Druck kleiner wird.

Die Menge des ausströmenden Wassers in einer bestimmten Zeit hängt also von der Zahl der Wasserfäden und deren Geschwindigkeit, beziehungsweise deren Druck ab. Dieselben Verhältnisse finden wir bei der Fortpflanzung des elektrischen Stromes im Leiter. Bei gleicher Spannung (Druck) wird sich im Leiter mit größerem Querschnitte die größere Strommenge (Zahl der Wasserfäden) fortbewegen, im gleichartigen Leiter mit kleinerem Querschnitte auch die kleinere. Das Verhältniß der Stromstärke — die bewegliche Elektrizitätsmenge wird mit Stromstärke oder Intensität bezeichnet — ist dasselbe wie das der Querschnitte bei Leitern aus gleichem Material, d. h. mit gleichen spezifischen Leitungsvermögen und bei gleicher Spannung in derselben Zeit.

Da die Stromstärke sowie die Zahl der Wasserfäden kleiner werden, wenn der Querschnitt des bezüglichen Leiters geringer wird, so sagt man, rücksichtlich des Elektrizitätsleiters, sein Widerstand gegen die Fortpflanzung der Elektrizität wächst, wenn sein Querschnitt kleiner wird.

Der Widerstand eines Leiters hängt aber auch von seiner stofflichen Beschaffenheit und seiner Länge ab. Er wird größer mit der Länge, und nimmt auch mit derselben ab.

Den Widerstand, welcher durch die stoffliche Beschaffenheit des Leiters hervorgerufen wird, heißt man spezifischen Widerstand. Er stellt das reziproke Leitungsvermögen dar.

Wir haben bereits am Anfange dieses Teiles des Buches von der Eigenschaft verschiedener Materialien, die Elektrizität fortzupflanzen, gesprochen und gefunden, daß diese Eigenschaft nicht allen Stoffen zukommt. Einige Stoffe wie Glas, Harz, Hartgummi etc. leiten den Strom nicht, weil die Elektronen zwischen den Molekülen fest eingelagert sind. Andere Stoffe, wie z. B. Metalle und manche Flüssigkeiten haben die Eigenschaft den Elektronen die größte Bewegungsmöglichkeit zu gestatten, indem sich dieselben zwischen den Molekülen ihren Weg suchen können.

Auch diese Bewegungsfreiheit ist nicht in allen Leitern die gleiche. Z. B. wird ein Kupferleiter eine größere Bewegungsmöglichkeit gestatten als ein Nickelleiter.

Ebenso leitet Eisen besser als Neusilber. Die Härte des Materiales spielt bei der Leitungsfähigkeit gleichfalls eine besondere Rolle.

Je größer die Leitungsfähigkeit, desto mehr Strom wird unter sonst gleichen Bedingungen durch den Leiter fließen und umgekehrt. Man sagt daher, je größer die Leitungsfähigkeit, desto kleiner ist der spezifische Widerstand, je kleiner die Leitungsfähigkeit, desto größer ist derselbe.

Der spezifische Widerstand steht also im umgekehrten Verhältnis zur Leitungsfähigkeit. Durch praktische Messungen, denen die Einheit des Querschnittes und der Länge zu Grunde gelegt wurden, sind die Werte der sogenannten Widerstandstabellen bestimmt worden, so daß es dem Praktiker beim Gebrauch derselben sehr leicht fällt, ohne spezielle Messungen den Widerstand von Leitungen zu bestimmen. Die weiter unten stehende Tabelle I enthält außer den Durchmessern, die Querschnitte und den Widerstand per 1 m. Leitung, ferner die Länge des Leiters, per 1 Ohm Widerstand. Ferner das Gewicht für 1 m. Länge des Drahtes in Gramm. Als Leitungsmaterial

wurde Kupfer angenommen, weil dies das gebräuchlichste Mittel zur Stromübertragung bildet.

Da jedoch auch andere Materialien, insbesondere für bestimmte Zwecke, wie Vorschaltwiderstände etc. zur Verwendung kommen, folgt eine zweite Tabelle, welche die spezifischen Leitungskoeffizienten für verschiedene Materialien, ferner deren Widerstand für die Längen- und Querschnittseinheit bringt, so dass eine Umrechnung für alle vorkommenden Fälle leicht möglich ist.

Um die Anwendung der Tabellen klar zu machen, werden wir von jedem Fall einige Beispiele anführen.

Als Einheit für die Widerstandsmessungen nimmt man den Widerstand einer Quecksilbersäule von 106,3 cm Länge und einem Querschnitt von 1 mm² an.

Die früher in Deutschland gebräuchliche Widerstandseinheit war der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt.

Dieses mit „Siemensseinheit“ bezeichnete Maß entspricht 0,9407 Ohm des heutigen Maßsystems, 1 Ohm daher 1.063 der alten Siemensseinheit.

Um den Gebrauch der Tabellen zu erläutern, führen wir im Nachstehenden einige Beispiele an, wie sie sich in der Praxis ergeben:

1. Es wäre der Widerstand einer Kupferleitung zu berechnen, wenn der Drahtdurchmesser 1.5 mm und seine Länge 1245 m. beträgt. (Hierbei ist zu beachten, daß sich der Ausdruck „Drahtdurchmesser“ stets auf die metallische Seele des Leiters bezieht und nicht auf den über die Isolierung gemessenen Gesamtdurchmesser.)

Man schlägt daher die Tabelle I auf und sucht in der Spalte Durchmesser die Zahl 1.5, worauf man in derselben Zeile unter der Spalte „Widerstand in Ohm für 1 m“ den entsprechenden Wert herausschreibt.

Derselbe gibt den tatsächlichen Widerstand des Kupferdrahtes in Ohm für die Länge eines Meters an, so daß wir nur die Länge unserer Leitung in Meter mit dieser Zahl multiplizieren müssen, um den Gesamtwiderstand der Leitung zu erhalten.

$$1245 \times 9.009845 = 12.257$$

derselbe ist also 12.26 Ohm.

Wäre diese Widerstandsberechnung für eine erst auszuführende Leitung zu machen gewesen, würde uns zur Beschaffung des Materiales, auch das Gewicht desselben interessieren. Dieses findet man, wenn man in derselben Zeile aus der Spalte „Gewicht eines Meters in Gramm“ die entsprechende Zahl herausschreibt und mit der Meterzahl multipliziert.

$$15.73 \times 1245 = 19583.85 \text{ Gramm}$$

oder 19.58 Kg.

Hierzu muß man aber je nach der Gattung der Isolierung einen gewissen Zuschlag machen, der für Wolleisolierung mit Wachsimprägnierung cka. 10⁰/₀, für Gummiisolierung und Compoundtränkung 20 — 60⁰/₀ ausmacht.

Umgekehrt läßt sich aus einem gemessenen Widerstand und der Drahtstärke die Länge und das Gewicht der Leitung bestimmen.

2. Es wäre der gemessene Widerstand in Ohm = 45, die Drahtstärke (Seele) sei 1.2 m/m.

Wir suchen uns also aus der Spalte für Drahtstärke die Zahl 1.2 und gehen auf diese Zeile in die Spalte „Länge in Meter für 1 Ohm Widerstand“, wo wir die Zahl 65 finden. 65 m Kupferleitung von dem angegebenen Durchmesser besitzen also einen Widerstand von 1 Ohm. Da unsere Leitung 45 Ohm Widerstand besitzt, müssen wir also 45 mit 65 multiplizieren um die Länge der Leitung zu erhalten.

$$45 \times 65 = 2925 \text{ m.}$$

Diese beträgt also 2925 m.

Das Gewicht dieser Leitung wäre also dann

$$2925 \times 10.07 = 29454.75 \text{ Gramm}$$

oder 29.45 Kg.

Von besonderem Werte sind diese Tabellen bei der Berechnung der Magnetspulen.

Hier wäre aber noch die Berechnung der Windungszahl und Drahtlänge nach den räumlichen Verhältnissen der Magnetspule durchzunehmen.

Tabelle I.

Widerstandstabelle für Kupferdrähte.

Durchmesser des Drahtes in Millimeter	Querschnitt des Drahtes in Quadrat- millimeter.	Gewicht eines Meters in Gramm.	Widerstand eines Meters in Ohm (Ω).	Länge des Drahtes für einen Ohm Widerstand in Metern.
0.09	0.00636	0.057	2.735	0.3657
0.10	0.00785	0.070	2.315	0.4514
0.18	0.0254	0.227	0.684	1.462
0.20	0.0314	0.280	0.554	1.807
0.30	0.0707	0.629	0.247	4.063
0.40	0.126	1.118	0.138	7.223
0.45	0.159	1.416	0.1094	9.141
0.50	0.196	1.748	0.0886	11.28
0.55	0.238	2.115	0.07333	13.66
0.60	0.283	2.510	0.06154	16.25
0.65	0.332	2.954	0.05243	19.08
0.70	0.385	3.426	0.04525	22.12
0.80	0.503	4.474	0.03463	28.90
0.90	0.636	5.663	0.02635	36.57
1.00	0.785	6.991	0.02135	45.14
1.1	0.950	8.459	0.01831	54.62
1.2	1.131	10.07	0.01539	65.00
1.3	1.327	11.81	0.01311	76.29
1.4	1.539	13.70	0.01131	88.48
1.5	1.767	15.73	0.009845	101.6
1.6	2.011	17.90	0.008653	115.6
1.7	2.270	20.20	0.007665	130.5
1.8	2.545	22.65	0.006836	146.2
1.9	2.835	25.24	0.006136	163.0
2.0	3.142	27.96	0.005538	180.5
2.5	4.909	43.69	0.003544	282.1
3.0	7.07	62.92	0.002162	406.3
3.5	9.62	85.64	0.001809	553.0
4.0	12.57	111.80	0.001385	772.3

Tabelle II.

Widerstandskoeffizienten, spezifische Leitungsfähigkeit, Widerstandszunahme und Länge für die Widerstandseinheit.

Metall	spezifische Leitungsfähigkeit bei 0° l. bezogen auf Quecksilber.	Widerstand in Ohm eines Meters vom Durchmesser 2mm bei 15° C.	Widerstandszunahme in Prozent bei einer Temperaturerhöhung v. 1° C.	Länge in Meter für den Widerstand 1 Ω bei 2mm. Drahtdurchmesser u. 15° C
Aluminium	32.35	0.009794	0.388	102.14
Blei	4.8	0.066017	0.387	15.15
Eisen	9.75	0.0312276	0.48	32.90
Kupfer	57.—	0.005533	0.38	181.81
Neusilber	3.14	0.095718	0.036	10.52
Nickelin	2.2	0.1446	0.028	6.91

Tabelle III.

Innerer Widerstand und Spannung einiger Elemente.

Element	Innerer Widerstand in Ohm.	Spannung a. d. Klemmen in Volt.
Daniellelement	1.0	0.98—1.0
Meidingererelement	4—10	0.98—1.0
Deutsches Reichstelegraphenelement	3—4	1.0—1.1
Leclanchéelement mit Tonzelle	0.5	1.4
Leclanchéelement mit Gespinstbeutel	0.15	1.5
Brickettelement	0.4—0.6	1.4
Trockenelement	0.3—0.8	1.4
Kupronelement	0.0075—0.06	0.8
Wedekindelement	—	0.8—1.1

Die in der Zeitlegraphie gebräuchlichste Form der Magnetspulen ist die zylindrische und zwar stellt das Massiv der Drahtwicklung einen zylindrischen Hohlkörper dar, der den zylindrischen Eisenkörper (Vollkörper) umschließt.

Der Durchmesser des letzteren ist ein Drittel des Durchmessers der ganzen Spule. Fig. 29.

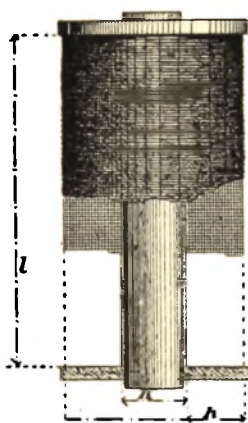


Fig 29.

Die einzelnen Drahtgänge liegen so enge neben und übereinander, daß wir dieselben näherungsweise, ohne wesentlichen Fehler, als kreisförmige Drahtringe bezeichnen können. Die Zahl der nebeneinander liegenden Drahtringe wird erhalten, wenn man den äußeren (über die Isolierung gemessenen) Durchmesser des Drahtes in die Länge des freien Raumes der Spule dividiert (l , in Fig. 29). Die Zahl der übereinander liegenden Ringe entspricht dem Quotienten des Bruches Drahtstärke (volle) in die Breite des freien Raumes der Spule (h in Fig. 29). Das Produkt dieser beiden Zahlen ergibt die Gesamtwindungszahl.

Die Länge des Drahtes findet sich aus der Summe der Längen der einzelnen Windungen. •

Da die Länge jeder einzelnen Windung einer Lage (alle nebeneinanderliegenden Windungen geben eine Lage) dieselbe ist, braucht man nur die Länge einer mittleren Lage mit der Zahl der Lagen, oder die Länge einer Schichte (alle übereinanderliegenden Windungen geben eine Schichte) mit der Zahl der Schichten zu multiplizieren. Die Schichtlänge ergibt sich aus der Summe der

einzelnen Windungsringe, die aus ihrem mittleren Durchmesser durch multiplizieren mit der Ludolfischen Zahl erhalten werden.

Da die mittleren Durchmesser (Figur 30)

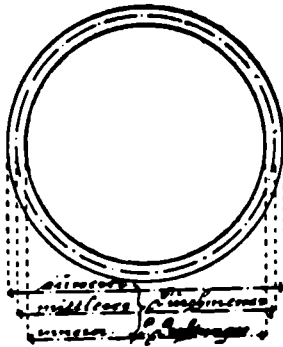


Fig. 30.

um stets gleiche Stücke größer werden, so erhält man die Summe aller Ringlängen auch, wenn man die Länge des mittleren Ringes mit der Anzahl der Ringe multipliziert. Um die mittlere Ringlänge zu erhalten, addiert man zum Durchmesser des äußersten Ringes den Durchmesser des innersten, dividiert durch 2 und multipliziert die erhaltene Zahl mit 3.14.

3. Zu berechnen wäre die Drahtlänge einer Spule, deren äußerer Durchmesser 60 m/m, deren innerer 20 m/m betragen würde, die Höhe der Spule (innen) ist 120 m/m, wenn die volle Drahtstärke (mit Isolierung) 1 m/m Durchmesser hätte.

Die Länge einer mittleren Windung ist:

$$\begin{array}{r} 60 \\ 20 \\ \hline 80 \end{array} \qquad \frac{80}{2} = 40$$

•

$$40 \times 3.14 = 125.60 \text{ m/m.}$$

Die Zahl der Drahtwindungen einer Schichte ist:

$$\frac{\text{Äußerer} - \text{innerer Durchmesser des freien Raumes}}{2 \text{ Drahtstärken}} = \frac{60 - 20}{2} = 20$$

Die Länge einer Schichte daher:

$$20 \times 125.60 = 251200 \text{ m/m}$$

Die Anzahl der Schichten sind:

$$\frac{\text{Länge des freien Raumes}}{\text{Drahtstärke}} = 120 : 1 = 120$$

Die Gesamtlänge des Drahtes daher:

$$120 \times 2512.00 = 301440 \text{ m/m}$$

oder 301.44 m.

Zur Berechnung des Widerstandes ist es nötig, den Durchmesser der blanken Kupferseele zu ermitteln. Dies geschieht, wenn der Draht vorhanden ist, durch Abmessen mit einem Mikrometermaße, sonst durch Reduzierung des vollen Durchmessers, um die durch Abmessung gefundenen mittleren Verhältnisswerte.

Diese sind:

Für Emaildraht	(Azetatdraht)	0.02 — 0.03 cm
Wolle einfach umspinnen		0.07 — 0.12 cm
Wolle doppelt umspinnen		0.1 — 0.15 cm
Seide einfach umspinnen		0.05 — 0.09 cm
Seide doppelt umspinnen		0.09 — 0.15 cm

Die angeführten Zahlenwerte geben die Stärke der Isolierung an, es müssen für Drähte mit geringerem Durchmesser die niederen Werte in Abzug gebracht werden.

Wir finden deshalb die Drahtstärke für unser letztes Beispiel, wenn wir von dem vollen Durchmesser, — unter der Annahme die Isolierung sei „Seide doppelt umspinnen,“ 0.10 abziehen.

Die Kupferseele hat demnach einen Durchmesser

$$1.0 - 0.10 = 0.9$$

Der Widerstand wird sein:

$$0.02635 \times 301.44 = 7.9 \text{ Ohm.}$$

Das Gewicht des Kupferdrahtes

$$301.44 \times 5.663 = 1707.05 \text{ Gr.}$$

oder 1.707 Klg.

In unserer Widerstandstabelle I sind die Widerstände der Drähte für einen Meter Länge, in den kleineren Durchmessern um 0.05 ansteigend, später um 0.1 und bei den größeren Drahtstärken um 0.5 steigend angeführt. Für die meisten Fälle der Praxis wird damit das Auslangen zu finden sein. Es kommen trotzdem bisweilen Fälle vor, bei denen es sich um Zwischendimensionen handelt. Hier kann durch einfache Zwischenrechnung die erforderliche Größe festgestellt werden.

Hierzu dient uns als Grundlage der Lehrsatz, daß sich die Widerstände umgekehrt verhalten, wie die Querschnitte, bei gleicher Länge und gleicher stofflicher Beschaffenheit der Leiter.

Da sich die Tabelle I auf die gebräuchlichsten Leiter aus Kupfer bezieht, die Widerstände für die Längeneinheit 1 m angegeben sind, so finden wir den gesuchten Widerstand eines Kupferdrahtes von 1 m Länge und einem Querschnitt = g durch eine Proportion, in welcher wir aus der Tabelle irgendeinen Querschnitt und den für dessen Längeneinheit geltenden Widerstand als bekannte Größen einsetzen.

Die Proportion lautet dann:

$$x : m = n : y \text{ oder in anderer Schreibweise:}$$

$$\frac{x}{m} = \frac{n}{y}$$

wobei x der gesuchte Widerstand, m der bekannte Widerstand n dessen Querschnitt, y der Querschnitt des gesuchten Widerstandes ist. Betrachten wir uns das zweite Verhältnis dieser Proportion, indem wir die einzelnen Glieder desselben zerlegen, so läßt sich durch Kürzung eine rechnerische Vereinfachung finden.

Beide Glieder dieses Verhältnisses bestehen aus den Querschnitten der beiden Leiter, deren Durchmesser uns bekannt sind.

Der Querschnitt wird aber gefunden, wenn man das Quadrat des Halbmessers mit der Ludolfischen Zahl multipliziert. Das Verhältnis kann also auch geschrieben werden:

$$\frac{r_1^2 \cdot 3.14}{r_2^2 \cdot 3.14}$$

wobei r_1 der Halbmesser für den Draht vom Querschnitte n und r_2 der Halbmesser des Drahtes vom Querschnitte y ist.

Durch Abstreichen der im Zähler und Nenner dieses Bruches vorkommenden Ludolfischen Zahl vereinfacht sich dieses Verhältnis auf

$$\frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Die Proportion lautet daher

$$X : m = r^2 : r_2^2$$

Nehmen wir für alle diese Zwischenrechnungen aus der Tabelle die Werte des Drahtes mit einem Durchmesser von

2 m/m, so wird sich eine neuerliche Vereinfachung ergeben, indem der Halbmesser dieses Drahtes = 1 und sein Quadrat gleichfalls = 1 sein muss.

Sein Widerstand für 1 m Länge ist nach der Tabelle = 0.005538, so findet sich der Widerstand 1 m Drahtes für irgend einen Halbmesser eines Kupferdrahtes, wenn man die Zahl 0.005538 durch das Quadrat dieses Halbmessers dividiert.

Denn $r^2 = 1^2 = 1$

$$m = 0.005462$$

$$X : 0.005538 = 1^2 : r^2$$

$$X = \frac{0.005538 \times 1}{r^2}$$

Beispiel.

4. Es sei der Widerstand eines Kupferdrahtes von 4 m/m Durchmesser und 1 m Länge zu berechnen, der Halbmesser = 2 m/m

$$2^2 = 4$$

$$X = 0.005538 : 4 = 0.001385 \text{ Ohm}$$

Ein Blick in die Tabelle belehrt uns über die Richtigkeit dieser Formel.

5. Es sei der Widerstand eines Kupferdrahtes von 1.6 m/m Durchmesser und 1 m Länge zu berechnen.

$$r = \frac{1.6}{2} = 0.8$$

$$r^2 = 0.8^2 = 0.64$$

$$X = 0.005538 : 0.64 = 0.008653 \text{ Ohm}$$

Da sich die Gewichte der Kupferleitungen gleicher Länge wie die Quadrate der Querschnitte verhalten, so erhalten wir das Gewicht eines Kupferdrahtes von 1 m Länge, wenn wir das Gewicht eines Kupferdrahtes von dem Halbmesser = 1 mit dem Quadrate des Halbmessers des zu berechnenden Drahtes multiplizieren.

Das Einheitsgewicht des Drahtes mit dem Halbmesser = 1 ist: 27.96 Gramm.

6. Das Gewicht eines Kupferdrahtes von 1 m Länge und einem Durchmesser von 4.0 m/m ist daher:

$$\begin{aligned}r &= 2.0, \\r^2 &= 2.0^2 = 4.0 \\X &= 27.96 \times 4 = 111.84 \text{ Gramm.}\end{aligned}$$

Die Längen zweier Drähte von verschiedenen Durchmessern und gleichem Widerstand verhalten sich wie die Querschnitte.

Die Ergänzungsrechnungen unserer Tabellen führen wir also durch, wenn wir die Länge eines Leiters von bestimmten Durchmesser für den Widerstand von einem Ohm suchen, indem wir die Länge des Drahtes von 2 m/m Durchmesser bei einem Widerstand von einem Ohm mit dem Quadrate des Halbmessers des zu berechnenden Drahtes multiplizieren.

Die Länge des Drahtes von 2 m/m Durchmesser für einen Ohm Widerstand beträgt 180.5 m.

7. Es ist die Länge eines Drahtes vom Durchmesser = 4 m/m für den Widerstand von 1 Ohm zu berechnen:

$$\begin{aligned}r &= 2.0 \text{ m/m} \\r^2 &= 4 \\X &= 180.5 \times 4 = 722.0 \text{ m.}\end{aligned}$$

Die Bestimmung der Länge eines Drahtes für einen gegebenen Widerstand ist in der Regel nur dort zu machen, wo es die Herstellung eines Vorschaltwiderstandes oder eines Widerstandes für besondere Zwecke erheischt. Da nimmt man für gewöhnlich aber nicht Kupferdrähte, weil deren Leitungsfähigkeit eine gute ist, also zuviel Material verwendet werden müßte, sondern Drähte mit besonders niedriger Leitungsfähigkeit. In der Tabelle 2 sind solche, wie auch Drähte aus anderem Material, die zeitweise zu Leitungen in Verwendung genommen werden, angeführt.

Da es zu umfangreich wäre, für jedes Material Tabellen nach Art der Tabelle I anzulegen, wird die Umrechnung der Größen in einigen Beispielen erklärt.

8. Es wäre der Widerstand einer Neusilberdrahtspule mit einer Drahtlänge von 100 m und einem Durchmesser von 0.4 m/m zu berechnen.

Da in der Tabelle 2 die Widerstände der verschiedenen Materialien für den Durchmesser = 2m/m und die Länge = 1 m angegeben sind, finden wir den Widerstand eines Neusilberdrahtes von 0.4 m/m Durchmesser und 100 m Länge, wenn wir den Tabellenwert für Neusilber 0.096

durch das Quadrat des Halbmessers des zu berechnenden Drahtes dividieren und mit der Zahl 100 (Länge in Metern) multiplizieren.

$$\begin{aligned} r &= 0.2 \\ r^2 &= 0.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.096 : 0.04 &= 2.4 \\ 0.24 \times 100 &= 240 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Einhundert Meter Neusilberdraht 0.4 m/m Durchmesser haben also 240 Ohm Widerstand.

9. Um die Länge eines Widerstandsdrahtes für den Widerstand von 51 Ohm zu finden, wenn der Durchmesser mit 1.2 m/m festgelegt ist, das Material Neusilber sein soll, multipliziert man die in der Tabelle enthaltene Zahl der Meter für einen Ohm Widerstand des Nickeldrahtes (6.91) mit dem Quadrate des Halbmessers unseres Widerstandsdrahtes und mit der Zahl der Ohme.

$$\begin{aligned} r &= 0.6 \\ r^2 &= 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6.91 \times 0.36 &= 2.487 \text{ m} \\ 2.487 \times 50 &= 124.35 \text{ m.} \end{aligned}$$

Der Widerstandsdraht würde eine Länge von 124.35 m bekommen. Da sich diese Werte auf die Temperatur von 0° Celsius beziehen, die Widerstände mit der zunehmenden Temperatur aber wachsen, so ist in der vorletzten Spalte die Widerstandszunahme für jeden Grad Celsius in Prozenten ausgedrückt.

10. Will man z. B. den Widerstand für 30° berechnen, wenn er bei 0° Celsius 50 Ohm beträgt (Material Kupfer), so hat man die Widerstandszunahme für 1° = 0,38%, für 50° also $0.38 \times 50 = 19.0\%$ Der Widerstand wird also bei 30° um 19% höher sein, das ist

$$50 + \frac{50 \times 19}{100} = 59.5 \text{ Ohm.}$$

Umgekehrt hat man bei der Berechnung der Länge eines Leiters für einen bestimmten Widerstand, bei einer bestimmten Temperatur, die Tabellenwerte um den Zuschlag zu vergrößern, beziehungsweise zu vermindern, bevor man die Rechnung ausführt.

11. Es sei die Länge eines Neusilberdrahtes von 10 Ohm Widerstand bei einem Durchmesser von 4 m/m und einer Temperatur von 25° Celsius zu bestimmen:

Temperaturerhöhung 1° = Widerstandserhöhung v. 0.036%

Temperaturerhöhung 25° = $0.036 \times 25 = 0.9\%$ Widerstandserhöhung.

Länge des Drahtes von 2 m/m Durchmesser bei 0° C. für 1 Ohm = 10.417.

Verminderung der Länge bei 25° = 0.936 m.

Länge des Drahtes bei 25° also 10.417

$$\begin{array}{r} - 0.936 \\ \hline 9.481 \end{array}$$

$$r = 2.0 \text{ m/m}$$

$$r^2 = 4.0 \text{ m/m}^2$$

Länge des Drahtes für 10 Ohm bei einem Durchmesser von 4 m/m daher:

$$9.481 \times 4 = 37.924 \text{ m.}$$

$$37.924 \times 10 = 379.24 \text{ m.}$$

Bei einer Temperatur von 25° C. wird die Länge des Drahtes 377.24 m. sein.

Der Widerstand im zusammengesetzten Leiter.

Es wurde früher gesagt, daß eine vollständige elektrische Zeittelegraphenanlage aus der Stromquelle, der Leitung, den Kontakten, und den Magnetspulen mit der Vorrichtung zur Uebertragung der elektrischen Energie in mechanische bestehen muß.

Da wir vorläufig als Stromquelle nur mit galvanischen Elementen arbeiteten, so setzt sich der geschlossene Leiter zusammen aus den Elektrolyten, den Elektroden, dem Leitungsdrahte, der Berührungsstelle des Kontaktes, ferner der Bewicklung der Magnetspulen.

Gewöhnlich wird jeder Teil der Leitung einen anderen Widerstand aufweisen. Um nun den Gesamtwiderstand zu ermitteln, sind sämtliche Einzelwiderstände zu berechnen oder zu messen und ihre Summe ergibt dann den Gesamtwiderstand.

Die Tabelle III. gibt uns die inneren Widerstände der Elemente, der Widerstand des Kontaktes muss aber durch geeignete Bauart so klein gehalten werden, daß er praktisch gleich null

ist. Es bleibt also noch die Berechnung der Widerstände in Leitung und Spule. Fig. 31 gibt uns das Schema einer solchen Schaltung.

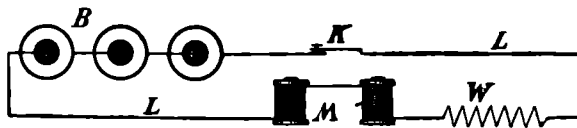


Fig. 31.

12. Der Strom läuft durch drei hintereinandergeschaltete Leclanché-Elemente mit Kohlenbeutel, von welchen jedes einen inneren Widerstand von 0.15 Ohm besitzt. Die Leitung besteht aus Kupferdraht von 80 m Länge und einem Seelendurchmesser von 1 m/m. Der Vorschaltwiderstand (W) besteht aus Nickelindraht von 0.5 m/m Durchmesser und einer Länge von 30 m.; die zwei hintereinandergeschalteten Magnetspulen (M) sind mit Kupferdraht bewickelt, dessen Seelendurchmesser 0.5 m/m und dessen Gesamtlänge 200 m beträgt. Der Widerstand des Kontaktes (K) ist zu vernachlässigen.

Da jedes der drei Elemente 0,15 Ohm Widerstand hat, der Strom nacheinander den Widerstand aller drei Elemente überwinden muß, ist der Gesamtwiderstand der Stromquelle der dreifache jedes einzelnen Elementes, also

$$3 \times 0.15 = 0.45 \text{ Ohm.}$$

Unter Benützung der Tabelle I finden wir den Widerstand der Kupferleitung in bekannter Weise.

Nach der Tabelle I ist der Widerstand des Kupferdrahtes von 1 m/m Durchmesser für einen Meter Länge = 0.02135 Ohm.
für 80 m daher:

$$0.02135 \times 80 = 1.70800 \text{ Ohm}$$

Der Vorschaltwiderstand wird aus der Tabelle II berechnet, der Widerstand des Nickelindrahtes von 2 m/m Durchmesser und 1 m Länge

$$= 0.1446 \text{ Ohm}$$

Der Widerstand des Nickelindrahtes von 0.5 m/m Durchmesser 1 m Länge

$$= 0.1446 : 0.5^2 = 0.1446 : 0.25 = 0.5784$$

Für 30 m Länge also

$$0.5784 \times 30 = 17.3520 \text{ Ohm}$$

Die Temperatur ist hierbei vernachlässigt worden.

Der Spulenwiderstand ist nach Tabelle I zu bestimmen.

Länge des Drahtes = 200 m

Durchmesser 0.5

Der Widerstand daher

$$0.0886 \times 200 = 17.72 \text{ Ohm.}$$

Der Gesamtwiderstand der Anlage ist daher

Innerer Widerstand der Stromquelle = 0.45

Widerstand der Leitung = 1.708

Vorschaltwiderstand = 17.35

Widerstand der Magnetspulen = 17.72

Gesamtwiderstand = 37.228 Ohm.

Werden die Elemente und Spulen parallel geschaltet, tritt eine Verminderung des Widerstandes ein, weil eine Querschnittvergrößerung stattfindet, indem, wenn die Elemente, beziehungsweise Spulen untereinander gleichen Widerstand haben, der Querschnitt so oft mal größer wird, als Elemente, beziehungsweise Spulen parallel geschaltet wurden.

13. Es wäre der Gesamtwiderstand einer Anlage zu finden, wenn die Stromquelle aus 4 parallel geschalteten Meidinger-elementen bestände, die Leitung eine Länge von 1400 m und einen Drahtdurchmesser von 0.8 m/m besitzt. Das Leitungsmaterial ist Kupfer. In diese Leitung sind 4 parallel geschaltete Magnetspulen angeschlossen (Fig. 32), von denen jede eine Kupferdrahtbewicklung von 140 m Länge und einem Durchmesser von 0.4 m/m besitzt.

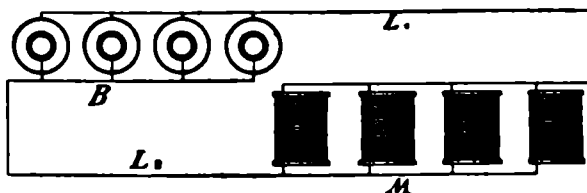


Fig. 32.

Der innere Widerstand eines Meidinger-Elementes ist nach Tabelle III 6 Ohm.

Da wir 4 Elemente parallel schalten, so wird der Querschnitt des elektrolytischen Leiters vervierfacht, der Widerstand aber auf $\frac{1}{4}$ herabgesetzt.

$$6 : 4 = 1.5 \text{ Ohm ist daher}$$

der Widerstand in der Stromquelle.

Der Widerstand in der Leitung ergibt sich aus deren Länge und dem Tabellenwert für die Längeneinheit aus Tabelle I, er ist deshalb:

$$0.03463 \times 1400 = 48.48 \text{ Ohm.}$$

Der Widerstand einer Einzelspule ist bei der Drahtlänge von 140 m und Drahtstärke von 0.4 m/m aus derselben Tabelle berechnet.

$$0.138 \times 140 = 19.32 \text{ Ohm.}$$

Da wir aber 4 solche Spulen parallel schalten, wird der Querschnitt auf das 4fache erhöht, der Widerstand daher auf $\frac{1}{4}$ herabgesetzt, weshalb er $19.32 : 4 = 4.87 \text{ Ohm}$ beträgt.

Der Gesamtwiderstand der Anlage ist: Innerer Widerstand der Stromquelle

$$= 1.5 \text{ Ohm}$$

Leitungswiderstand

$$= 48.48 \text{ „}$$

Widerstand der Magnetspulen

$$= 4.87 \text{ „}$$

$$\text{Gesamtwiderstand } 54.85 \text{ Ohm}$$

Innerer Widerstand der Stromquellen bei gemischter Schaltung.

Schaltet man sich drei Batterien aus je zwei hintereinandergeschalteten Elementen parallel (Fig. 33.),

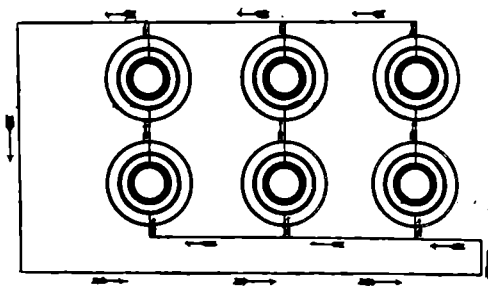


Fig. 33.

so ergibt sich der innere Widerstand, wenn man von jeder dieser drei „Serien“ den Widerstand berechnet und durch die Anzahl dieser Serienbatterien dividiert.

14. Bestünde die Gesamtbatterie aus Leclanchéelementen, von denen jedes einen inneren Widerstand von 0.15 Ohm besitzt, so ist derselbe bei jeder Einzelbatterie, da jede aus 2 hintereinandergeschalteten Elementen besteht, das zweifache

$$\text{also } 0.15 \times 2 = 0.30 \text{ Ohm.}$$

und der Gesamtwiderstand der ganzen Batterie, da diese aus drei parallel geschalteten Einzelbatterien besteht, ein drittel des Widerstandes jeder Einzelbatterie, daher:

$$0.30 : 3 = 0.10 \text{ Ohm.}$$

Diese Berechnung läßt sich auch in Bruchform anschreiben, wobei der Zähler dieses Bruches aus dem Produkte der Zahl der hintereinandergeschalteten Elemente der Einzelbatterien und dem inneren Widerstand eines Elementes besteht und der Nenner durch die Zahl der parallel geschlossenen Einzelbatterien angegeben wird.

Der Bruch lautet für unser letztes Beispiel:

$$\frac{0.15 \times 2}{3} = 0.1 \text{ Ohm.}$$

15. Schalten wir zwei, aus je drei in einer Serie geschlossenen Elementen bestehende Batterie parallel (Fig. 34), so ist der innere Widerstand unter der Annahme der Elemente des letzten Beispiels

$$\frac{0.15 \times 3}{2} = 0.225 \text{ Ohm.}$$

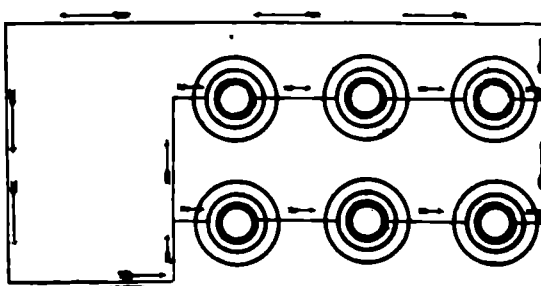


Fig. 34.

Beziehungen zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand.

Wie schon früher dargelegt wurde, hängt die Stromstärke in einem Leiter von dessen Widerstand und der Spannungsdifferenz, welche die elektrischen Teilchen beim Ausgleiche überwinden müssen, ab. Je höher diese Scheidungskraft, desto grösser ist die Stromstärke oder Intensität (siehe Beispiel mit den Wassergefäßen), ebenso nimmt aber auch letztere mit der ersteren ab.

Je größer aber der Widerstand im Leiter ist, desto kleiner wird die Intensität und umgekehrt sein.

Während also die Stromstärke im direkten Verhältnis zur elektromotorischen Kraft steht, steht sie im umgekehrten Verhältnis zum Widerstand des Leiters.

Diese Grundsätze, welche nach ihrem Entdecker als Ohm'sches Gesetz bezeichnet werden, geben den Schlüssel zur Berechnung je einer dieser drei Funktionen, wenn zwei von ihnen bekannt sind.

Diese Formeln lauten

$$\text{Intensität} = \frac{\text{Elektromotorische Kraft}}{\text{Widerstand}} \quad \text{oder} \quad i = \frac{e}{w}$$

Die Stromstärke findet man, wenn die Spannung durch den Widerstand dividiert wird.

$$\text{Elektromotorische Kraft} = \text{Intensität} \times \text{Widerstand} \quad \text{oder} \\ e = i \times w$$

Die Spannung ist gleich der Stromstärke multipliziert mit dem Widerstand.

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Elektromotorische Kraft}}{\text{Intensität}} \quad \text{oder} \quad w = \frac{e}{i}$$

Der Widerstand ist gleich der elektromotorischen Kraft dividiert durch die Stromstärke.

Aus den beiden letzten Formeln geht hervor, daß von zwei Leitern, in denen gleiche Stromstärke herrscht, an dem die größere Spannung wirkt, welcher den größeren Widerstand besitzt und umgekehrt, ferner: daß von zwei Leitern, in denen gleiche Stromstärke herrscht, derjenige den größeren Widerstand besitzt, an demjenigen die größere elektromotorische Kraft wirkt und umgekehrt.

Die elektrischen Maßeinheiten für die Stromstärke und die Spannung.

Die Einheit der Stromstärke nennen wir 1 Ampère und bezeichnen damit jene Stromstärke, bei welcher in der Zeiteinheit (1 Sekunde) ein Coulomb durch den Querschnitt eines Leiters fließt, oder die aus einer wässrigen Lösung von Silbernitrat (AgNO_3) 0.001118 Gramm Silber in einer Sekunde niederschlägt.

Die Einheit der Spannung bezeichnen wir mit Volt und bringen sie in Beziehung zu den Einheiten für Widerstand und Stromstärke, indem wir jene elektromotorische Kraft damit bezeichnen, welche in einem Leiter, dessen Widerstand ein Ohm beträgt, eine Stromstärke von einem Ampère hervorruft.

$$1 \text{ Volt} = 1 \text{ Ampère} \times 1 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ohm}}$$

$$1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère.}}$$

16. Es sei in einem Leiter die Stromstärke zu berechnen, wenn der Widerstand 20 Ohm und die Spannung 10 Volt beträgt.

$$i = \frac{e}{w} = \frac{10}{20} = 0.5 \text{ Ampère}$$

Die Stromstärke ist 0.5 Ampère.

17. Der Widerstand einer Leitung zeigt gemessen 15 Ohm; wie groß muß man die Spannung wählen um eine Stromstärke von 0.3 Ampere zu erhalten?

$$e = i \cdot w = 0.3 \times 15 = 4.5 \text{ Volt}$$

Die Spannung muß 4.5 Volt betragen.

18. Die Spannung eines Leiters zeigt gemessen 10 Volt an, die Stromstärke 0.5 Ampère; wie groß ist der Widerstand dieses Leiters?

$$w = \frac{e}{i} = \frac{10}{0.5} = 20 \text{ Ohm}$$

Der Widerstand ist 20 Ohm.

19. Wie groß ist die größte Stromstärke, welche zwei hintereinandergeschaltete Meidingererelemente geben können (im Kurzschluß).? Nehmen wir den inneren Widerstand des

Meidingereslementes mit 5 Ohm an, die Spannung mit 0.95 Volt, so erhalten wir nach den vorangehenden Lehrsätzen eine Spannung von 1.90 Volt und einen inneren Widerstand von 10 Ohm.

Die Stromstärke ist deshalb im Kurzschluß:

$$i = \frac{e}{w} = \frac{1.90}{10} = 0.19 \text{ Ampère}$$

20. Nehmen wir von denselben Elementen 4 in Hintereinanderschaltung, so ist die Spannung 3.80 Volt und der innere Widerstand = 20 Ohm, die Stromstärke aber:

$$i = \frac{e}{w} = \frac{3.8}{20} = 0.19 \text{ Ampère}$$

Hierin findet sich auch der Beweis, daß die Stromstärke bei der Serienschaltung unverändert bleibt.

21. Es wäre die Stromstärke zweier parallel geschlossener Elemente (Leclanché), im Kurzschluß zu berechnen, wenn der innere Widerstand eines Elementes 0.15 Ohm, und die Klemmenspannung 1.5 Volt beträgt.

Der innere Widerstand der Batterie ist
 $0.15 : 2 = 0.075 \text{ Ohm.}$

Die Spannung ist 1.5 Volt,

$$\text{daher } i = \frac{e}{w} = \frac{1.5}{0.075} = 20 \text{ Ampère.}$$

22. Es wäre die Stromstärke im Kurzschluß einer Batterie in gemischter Schaltung zu berechnen, wenn je drei Elemente hintereinander und drei solche Serien parallel geschaltet sind. Der Widerstand einer Serie ist, wenn man den inneren Widerstand des Elementes mit 0.15 Ohm annimmt:

$$\frac{0.15 \times 3}{3} = 0.15 \text{ Ohm.}$$

Die Spannung der ganzen Batterie ist die einer Serie also
 $1.5 \times 3 = 4.5 \text{ Volt.}$

Die Stromstärke einer Serie ist jene eines einzelnen Elementes

$$\text{also } i = \frac{e}{w} = \frac{1.5}{0.15} = 10 \text{ Ampère}$$

Die Stromstärke der ganzen Batterie, die dreifache einer Serie also

$$10 \times 3 = 30 \text{ Ampère.}$$

23. Es wäre die Stromstärke im Leiter einer Anlage zu berechnen, wenn die Batterie aus 2 parallel geschalteten Serien je 3er Meidinger Elementen besteht, wenn man den inneren Widerstand eines Elementes mit 4,0 Ohm annimmt, dessen Spannung 0,95 Volt beträgt. Die Leitung besteht aus Kupferdraht von 1560 m Länge, 1,2 m/m Durchmesser des blanken Drahtes, einem Vorschaltwiderstand (W) aus Neusilberdraht von 0,5 m/m Durchmesser und 20 m Länge, ferner 4 parallel geschaltete Magnetspulen (M), deren Bewicklung aus Kupferdraht besteht, dessen blanke Seele 0,5 m/m Durchmesser, und dessen Isolierung eine Dicke von 0,1 m/m besitzt. Das Schema dieser Anlage ist in Fig. 35 zu sehen.

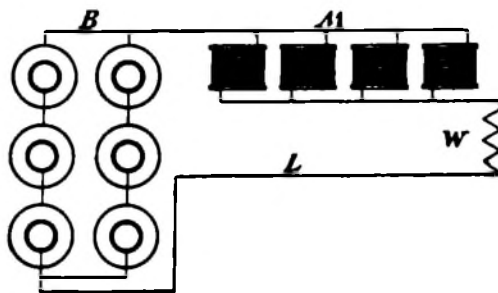


Fig. 35.

Die Dimensionen der Magnetspulen sind in Fig. 36 ersichtlich und betragen Kernstärke einschließlich Spulenhals 20m/m



Fig. 36.

äußerer Durchmesser 56 m/m freie Höhe der Spule 120 m/m. Die Stromstärke in einem zusammengesetzten Leiter ist an allen Stellen desselben gleich, wie beispielsweise die Wassermenge welche durch ein Rohr mit verschiedenen Querschnitten läuft, in jedem Querschnitte in derselben Zeit dieselbe sein muß. Es hängt daher die Stromstärke nur von dem Gesamtwiderstand des ganzen Leiters ab. Zur Berechnung der Stromstärke an irgend einer Stelle eines zusammengesetzten Leiters haben wir die Polspannung (Klemmenspannung der Stromquelle) durch den Gesamtwiderstand zu dividieren. Wir suchen uns also die Widerstände der einzelnen Teile der Leitung und finden:

Widerstand der Batterie:

Innerer Widerstand eines Elementes = Zahl der hintereinandergeschalteten Elemente dividiert durch die Zahl der parallel geschalteten Serien, in unserem Falle also:

$$\frac{4 \times 3}{2} = 6 \text{ Ohm.}$$

Der Widerstand der Leitung nach Tabelle I, in einer Länge von 1 m. mal Anzahl der Meter oder Leitung

$$0.01639 \times 1560 = 24 \text{ Ohm}$$

Vorschaltwiderstand nach Tabelle II.

Widerstand eines Neusilberdrahtes des Halbmessers = 1 m/m und einer Länge von 1 m dividiert durch das Quadrat des Halbmessers des Widerstandsdrahtes multipliziert mit der Länge in Meter,

$$0.096 : 0.25 = 0.384$$

$$0.384 \times 20 = 7.68 \text{ Ohm}$$

Um den Widerstand einer Spule zu berechnen, ist zuerst die Länge des Drahtes zu ermitteln.

Anzahl der Schichten sind:

$$\frac{\text{freie Höhe}}{\text{voller Drahtdurchmesser}}$$

$$\text{daher } 120 : 06 = 200$$

Anzahl der Lagen sind: äußerer Spulendurchmesser weniger der Kernstärke dividiert durch die zweifachen Drahtdicke =

$$\begin{array}{r} 56 \\ - 20 \\ \hline 36 : 12 = 3,0 \end{array}$$

Umfang eines mittleren Drahringes ist gleich dem Durchmesser eines mittleren Ringes multipliziert mit der Ludolfischen Zahl.

Der mittlere Durchmesser wird gefunden, wenn man von der Summe des äußersten und innersten Durchmessers die Hälfte nimmt, also

$$\begin{array}{r} 56 \\ + 20 \\ \hline 76 \\ 76 : 2 = 38 \end{array}$$

Der Umfang ist daher $38 \times 3.14 = 119.32 \text{ m/m}$.

Die Länge des Drahtes ist gleich dem Produkte aus den drei Faktoren; mittlerer Ringumfang, Schichtzahl und Lagenzahl, daher:

$$\begin{array}{l} 119.32 \times 30 \times 200 = 715920.0 \text{ m/m} \\ \text{oder } 715.92 \text{ m.} \end{array}$$

Der Widerstand wird nun mit den Werten der Tabelle I. berechnet.

Widerstand eines Drahtes von 1 m Länge bei 0.5 Durchmesser = 0.0886. Anzahl der Meter 715.9
der ganze Widerstand daher

$$0.0886 \times 715.9 = 63.07 \text{ Ohm.}$$

Da wir in unserer Anlage 4 solcher Spulen parallel geschaltet haben, wird der Querschnitt viermal so groß, der Widerstand aber $\frac{1}{4}$ des Widerstandes einer Spule.

Der Widerstand der 4 parallelen Spulen ist daher:

$$63.07 : 4 = 15.77 \text{ Ohm}$$

Der Gesamtwiderstand der ganzen Anlage besteht in der Summe der Einzelwiderstände und ist deshalb:

Widerstand der Stromquelle	= 6.0 Ohm
Widerstand der Leitung	= 24.0 Ohm
Vorschaltwiderstand	= 7.68 Ohm
Widerstand der Magnetwicklung	= 15.77 Ohm
<hr/>	
Gesamtwiderstand	= 53.45 Ohm

Die Stromstärke in der Anlage ergibt sich aus der Klemmenspannung der Stromquelle dividiert durch den Gesamtwiderstand.

Die Klemmenspannung der Stromquelle ist jener einer Einzelserie gleich, deshalb :

$$0.95 \times 3 = 2.85 \text{ Volt.}$$

Die Stromstärke ist :

$$i = \frac{e}{w} = \frac{2.85}{53.45} = 0.053 \text{ Ampère.}$$

Spannungsverlust im Leiter, Stromstärke und Widerstand im verzweigten Leiter.

Bekanntlich läßt sich aus dem Ohm'schen Gesetz die Formel ableiten, nach welcher die Spannung dem Produkt aus Widerstand und Stromstärke gleich ist.

Wie die praktischen Messungen erwiesen haben, ist die Stromstärke an allen Stellen eines Leiters dieselbe. Da aber die andere Funktion, z. B. der Widerstand nicht gleich bleibt, sondern in dem Maße wächst, als man sich vom Ausgangspunkte der Messung entfernt, ist es nur natürlich und damit im Zusammenhang, daß auch die Spannung eine veränderliche Größe darstellt.

Der Spannungsunterschied zwischen irgend zwei Punkten einer stromdurchflossenen Leitung wird also um so kleiner sein, je kleiner der Widerstand des von den zwei Punkten eingeschlossenen Leiterstückes sein wird und um so größer, je größer letzteres ist.

Daher ist es erklärlich, daß die Spannung an den Klemmen der Stromquelle am größten ist.

An einem Punkte eines Leiters kann keine Spannungsdifferenz bestehen, da der Widerstand null und das Produkt aus Widerstand und Stromstärke, welches die Größe der Spannungsdifferenz angibt, auch null ist.

Die beiden folgenden Diagramme Fig. 37 und Fig. 38 geben ein anschauliches Bild des Spannungsfalles

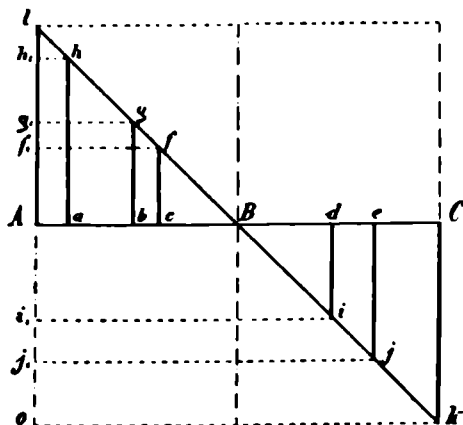


Fig. 37.

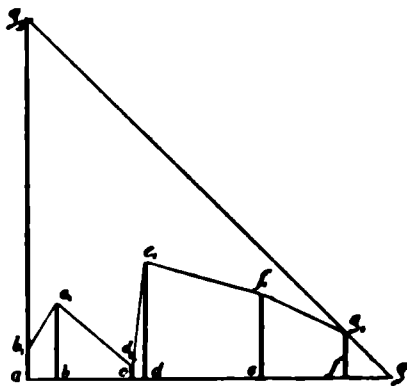


Fig. 38.

Die Stromstärke ist an allen Punkten eines Stromdurchflossenen Leiters dieselbe. Dieser Grundsatz wurde in der Fig. 37 verwendet, woselbst die Stromstärke = 1 Ampère angenommen wurde, so daß die Spannung (Produkt aus Stromstärke und Widerstand) dem Widerstande gleich ist.

Die Strecke A C stellt einen Leiter dar, dessen Endpunkte durch die Pole einer Stromquelle gebildet sind. Dieser Leiter, welcher aus verschiedenen Widerständen zusammengesetzt ist, wurde graphisch derart gebildet, daß die Widerstandseinheit einer Längeneinheit entspricht. Die Einteilung des Leiters in Widerstände, bezw. Längenabschnitte ist so getroffen, daß Widerstand und Länge des Leiters $A B = B C$ ist, ferner $A a + a b + b c + c B = A B$, und $B d + d e + e C = B C$.

Die Spannung ist in unserem Falle gleich dem Widerstand, da die Stromstärke 1 Ampère ist, weshalb sie als Senkrechte zu A B in A nach unten und oben aufgetragen wird. Die Gesamtlänge entspricht der Länge A C, da wir dieselben Längeneinheiten für die Einheit der Spannung nehmen, (1 Volt = 1 Ohm in diesem Falle) die Endpunkte heißen l und O, $A l = A O = A B$.

Errichten wir auch in C eine Senkrechte und projizieren uns den Punkt O hinüber, erhalten wir die Strecke C K nach abwärts, so daß uns l A die positive Spannung des einen Poles zu null, die Strecke C K die negative Spannung des Poles zu null gibt.

Da die Größe der Spannung positiv von null aufwärts und negativ von null abwärts angegeben wird, der Nullpunkt aber naturgemäß dort liegen muß, wo der Widerstand zum positiven wie zum negativen Pole derselbe ist, in unserem Diagramme im Punkte B, findet man graphisch die Spannung irgendeines Punktes auf null, wenn man das Produkt von Stromstärke und Widerstand, in unserem Diagramme Widerstand allein, in dem betreffenden Punkte aufwärts, wenn die Spannung positiv, nach abwärts, wenn die Spannung negativ ist, aufträgt.

Die Größe der Spannungsdifferenz der Punkte A und B ist daher durch die Strecke A l, die der beiden Punkte a B durch a h, von c b durch b g, von c B durch c f dargestellt.

Vom Nullpunkte zum negativen Pole ist die Spannungsdifferenz der zwei Punkte B d des Leiters durch d i, von B c durch c j, von B C endlich durch C K ausgedrückt.

Verbindet man die Punkte L, h, g, f, B, d, j, K, so erhält man eine gerade Linie, wodurch sich mit Hilfe der Lehrsätze über die Aehnlichkeit, der Dreiecke auch geometrisch der Beweis für die Richtigkeit der eingangs aufgestellten Formel erbringen läßt. Da aber nicht immer die Spannungsdifferenz auf dem Nullpunkte des Leiters gesucht wird, häufiger aber die Spannungsdifferenz des Endpunktes der Leitung mit irgend einem Punkte, oder überhaupt nur der Spannungsabfall zweier beliebiger Punkte, so projiziert man sich die Endpunkte dieser Strecke auf die Linie l k, und von dieser auf die Strecke l O, wo die Entfernung der beiden Punkte den Spannungsverlust angibt.

Einfacher geschieht dies in Fig. 38. Auch hier nehmen wir die Stromstärke mit 1 Ampère an, so daß die Spannung zwischen zwei Punkten des Leiters gleich dem Widerstande des eingeschlossenen Stückes des Leiters wird. Die Widerstandseinheit ist gleich irgend einer Längeneinheit gemacht, dieselbe Längeneinheit mißt auch die Spannungseinheit.

Der Leiter ist in Widerstände abgeteilt und zwar a b, b c, d e, e f, und f g.

Diesen Widerständen bzw. Leiterabschnitten entsprechen die Spannungen a b₁, b c₁, c d₁, d e₁, e f₁ und f g₁. Die Spannung des ganzen Leiters A G, aber der Strecke a g₂.

Etwas weniger einfach gestalten sich alle diese Verhältnisse, wenn der Strom statt durch einen einfachen Leiter, durch einen verzweigten fließt.

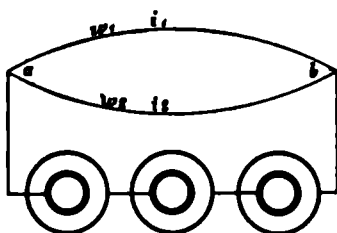


Fig. 39.

In Schema Fig. 39 ist ein derartiger Fall dargestellt, in welchem der Strom seinen Weg aus der Stromquelle in dem Leiter bis zum Punkte a nimmt, sich dort verzweigt, indem er durch die Leiter $w_1 i_1$ und $w_2 i_2$ fließt und sich im Punkte b vereinigt und zur Stromquelle zurückkehrt.

Die Stromstärke ist in diesem Falle nur in den unverzweigten Leitern gleich der Klemmenspannung dividiert durch den Gesamtwiderstand, in jedem der beiden Einzeleiter i_1 und i_2 ist sie geringer. Die Summe der Stromstärken in den beiden Einzeleitern aber wieder gleich der Stromstärke im übrigen Teil des Leiters.

Das ist ohne weitere Beweisführung erklärlich, weil ja der Strom sich in a teilt, ein Teil des Stromes über $w_1 i_1$, der andere über $w_2 i_2$ geht. Da am Wege nichts vom Strome verloren gehen kann, so muss er vereinigt wieder die frühere Stärke zeigen, bzw. die Summe der beiden Zweigstromstärken dieselbe Größe haben.

Das Stärkenverhältnis der beiden Ströme zueinander ist aber durch die Widerstände in den Zweigleitern gegeben und zwar auch hier nach dem Grundsatz, daß durch den Leiter mit größerem Widerstande der schwächere Strom fließt, durch den Leiter mit geringerem Widerstande aber der stärkere Strom. Siehe Beispiel mit den Wassergefäßen — Seite 57.

Die Stromstärken in beiden Leitern verhalten sich also umgekehrt wie die Widerstände.

Bezeichnen wir die Gesamtstromstärke mit J , den Gesamtwiderstand mit W , die Stromstärke in den beiden Zweigleitern

mit i_1 und i_2 , die Widerstände der betreffenden Leiter mit w_1 und w_2 , die Klemmenspannung mit E , so ist nach dem vorangehenden:

$$I = \frac{E}{W} \quad 1.)$$

$$I = i_1 + i_2 \quad 2.)$$

$$i_1 = \frac{i_2 \cdot w_2}{w_1} \quad 3.)$$

$$i_2 = \frac{i_1 \cdot w_1}{w_2} \quad 4.)$$

$$i_1 = I - i_2 \quad 5.)$$

$$i_2 = I - i_1 \quad 6.)$$

und wenn wir für i_2 in Formel 5, den gleichen Wert der Formel 4 einsetzen

$$i_1 = I - \frac{i_1 w_1}{w_2}$$

und indem wir diese Gleichung ordnen.

$$i_1 = \frac{I \cdot w_2}{w_2 + w_1}$$

$$i_1 = I - \frac{i_1 w_1}{w_2}$$

$$\frac{i_1 w_2 + i_1 w_1}{w_2} = I$$

$$i_1 w_2 + i_1 w_1 = I w_2$$

$$i_1 (w_2 + w_1) = I w_2$$

$$i_1 = \frac{I w_2}{w_2 + w_1}$$

Dasselbe ergibt sich auch, wenn wir in die Formel 6 für i_1 den gleichen Wert der Formel 3 substituieren.

Darnach erhalten wir nach Ordnung dieser Gleichung

$$i_2 = \frac{I w_1}{w_2 + w_1}$$

Mit Worten, man findet die Stromstärke in einem Zweige, wenn man die Gesamtstromstärke mit dem Widerstand des anderen Zweigstromkreises multipliziert und durch die Summe der Widerstände beider Zweigstromkreise dividirt.

24. Es wäre die Stromstärke eines Zweiges im zweifach verteilten Leiter zu berechnen, wenn die Gesamtstromstärke 2 Ampère, die Widerstände der Zweigleitungen w_1 , 15 Ohm und w_2 , 3 Ohm betragen.

$$i_1 = \frac{I \cdot w_2}{w_2 + w_1}$$

$$i_1 = \frac{2 \cdot 3}{18} = 0.333 \text{ Ampère}$$

$$i_2 = \frac{I \cdot w_1}{w_2 + w_1}$$

$$i_2 = \frac{2 \cdot 15}{18} = 1.666 \text{ Ampère.}$$

Die Stromstärke im Zweigleiter mit 3 Ohm ist daher 1.67 Ampère, im Leiter mit 15 Ohm dagegen 0.33 Ampère, zusammen also wieder 2 Ampère.

Wir wissen, daß das Leitungsvermögen im umgekehrten Verhältnis zum Widerstand steht. Das Leitungsvermögen ist also die reziproken Größe, des Widerstandes und wird ausgedrückt:

$$\text{Leitungsvermögen} = \frac{1}{\text{Widerstand}}$$

Aus dem Ohm'schen Gesetze ergibt sich daher, daß die Stromstärke gleich ist der Spannung mal dem Leitungsvermögen oder nach unserer letzten Feststellung

$$I = E \cdot \frac{1}{w}$$

Hätten wir nun in einem verzweigten Leiter die Gesamtstromstärke zu berechnen, so darf dies nicht geschehen, indem wir die Spannung durch die Summe aller Einzelwiderstände dividieren, weil der Widerstand der beiden Leitungszweige nicht aus der Summe beider besteht, sondern infolge der Querschnittvergrößerung kleiner als der einer einzelnen Leitung sein wird.

Anders ist es, wenn wir den Widerstand aus den Leitungsvermögen berechnen.

Das Gesamtleitungsvermögen der beiden Zweigleitungen ist gleich der Summe der einzelnen, daher auch die Summe der einzelnen reziproken Widerstände, also:

$$\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} \text{ oder:}$$

$\frac{w_2 + w_1}{w_1 w_2}$, der Widerstand ist aber gleich dem reziproken Leistungsvermögen und daher

$$\frac{w_1 w_2}{w_2 + w_1}$$

Bezeichnen wir zur Vereinfachung den Widerstand des außerhalb der Verzweigung liegenden Leiters mit W_3 ,

$$W_2 + W_1 = W_3$$

so bekommen wir die Gesamtstromstärke durch die Formel

$$I = \frac{E}{W_3 + \frac{w_1 w_2}{w_2 + w_1}}$$

oder wenn man dieselbe reduziert

$$I = \frac{E \cdot (w_2 + w_1)}{W_3 (w_2 + w_1) + w_1 w_2}$$

Ver mehrt man die Zahl der Stromabzweigungen, so lautet die Formel (unter der Annahme, daß die Zahl der Zweigstromleitungen 4 ist und die Widerstände jeder einzelnen mit w_1, w_2, w_3, w_4 bezeichnet werden):

$$\frac{E}{W_3 + \frac{w_1 w_2 w_3 w_4}{w_2 w_3 w_4 + w_1 w_3 w_4 + w_1 w_2 w_4 + w_1 w_2 w_3}}$$

und reduziert:

$$\frac{E (w_2 w_3 w_4 + w_1 w_3 w_4 + w_1 w_2 w_4 + w_1 w_2 w_3)}{W_3 (w_2 w_3 w_4 + w_1 w_3 w_4 + w_1 w_2 w_4 + w_1 w_2 w_3) + w_1 w_2 w_3 w_4}$$

Die Schreibweise dieser Formel sieht recht kompliziert aus und läßt sich in dieser Form auch schwer merken, weshalb wir für das häufig vorkommende Produkt aller Zweigwiderstände den Buchstaben n setzen.

$$w_1 w_2 w_3 w_4 = n$$

deshalb ist:

$$w_2 w_3 w_4 = \frac{n}{w_1}$$

$$w_1 w_3 w_4 = \frac{n}{w_2}$$

$$w_1 w_2 w_4 = \frac{n}{w_3} \text{ und}$$

$$w_1 w_2 w_3 = \frac{n}{w_4}$$

Die neue Schreibweise ist dann :

$$I = \frac{E \left(\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4} \right)}{W_3 \left(\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4} \right) + n}$$

In Worten :

Die Gesamtstromstärke im verzweigten Stromkreise ist gleich dem Produkte aus der Klemmenspannung mal der Summe aus dem Produkte sämtlicher Zweigwiderstände gebrochen durch den Widerstand des ersten Zweiges plus dem Produkte aller Zweigwiderstände gebrochen durch den Widerstand des zweiten Zweiges plus usw., das ganze dividiert durch die Summe aus dem Produkte des Widerstandes im unverzweigten Leiter mal der Summe aus dem Produkte sämtlicher Zweigwiderstände gebrochen durch den Widerstand des ersten Zweiges plus dem Produkte der Zweigwiderstände, gebrochen durch den zweiten Zweigwiderstand plus, usw., vermehrt um das Produkt der Zweigwiderstände.

Diese Formel ist ziemlich langwierig weshalb man sich den Gesamt Widerstand der Zweigleitung separat berechnet und den anderen Widerstand hinzuaddiert.

Bezeichnen wir den Gesamt widerstand der Zweigleitung mit W_n dann die unverzweigte Leitung mit W_1 , den Gesamt widerstand der Leitung mit W so ist:

$$W_n = \frac{w_1 w_2 w_3 w_4}{w_2 w_3 w_4 + w_1 w_3 w_4 + w_1 w_2 w_4 + w_1 w_2 w_3}$$

$$\text{oder } W_n = \frac{n}{\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4}}$$

$W = W_1 + W_n$ und endlich:

$$I = \frac{E}{W}$$

Für die Berechnung der Stromstärke in den einzelnen Zweigleitungen, wenn deren mehr als zwei sind, gilt als Grundlage

daß die Stromstärken sich verhalten wie die Leitungsvermögen der einzelnen Leitungszweige.

Daher ist die Stromstärke in einem Leitungszweig gleich der Gesamtstromstärke mal dem Leitungsvermögen dieses Zweiges dividiert durch das Produkt der Leitungsvermögen aller Zweige.

Nachdem das Leitungsvermögen nichts anderes ist, als der reziproke Widerstand, schreibt man diesen Satz mit Bezug auf die Stromstärke i_1

$$i_1 = \frac{I \cdot \frac{1}{w_1}}{\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} \text{ u. s. w.}}$$

reduziert heißt die Formel dann

$$i = \frac{I \cdot w_1 \cdot w_2 \cdot w_3}{w_1 (w_1 w_2 + w_1 w_3 + w_2 w_3)}$$

und bezeichnen wir das Produkt der Zweigleitungswiderstände wieder mit n , ist

$$i_1 = \frac{I \cdot n}{w_1 \left(\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} \right)} \text{ oder in Worten:}$$

Die Stromstärke in einem Zweigleiter ist gleich dem Produkte aus Gesamtstromstärke mal sämtlicher Zweigwiderstände, dividiert durch den Widerstand des zu berechnenden Zweiges mal der Summe aus dem Produkte aller Zweigwiderstände gebrochen durch den Widerstand des ersten Zweiges plus dem Produkte der Zweigwiderstände gebrochen durch den zweiten Zweigwiderstand plus dem Produkte aller Zweigwiderstände gebrochen durch den dritten Zweigwiderstand u. s. w.

25. Es wäre die Gesamtstromstärke in einem verzweigten Leiter zu berechnen, wenn die Klemmenspannung 200 Volt, die unverzweigten Widerstände der Zu- und Ableitung 20 und 15 Ohm die einzelnen Zweigwiderstände 10, 20 und 30 Ohm betragen.

Der Gesamtwiderstand im verzweigten Leiter ist:

$$W_n = \frac{n}{\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3}}$$

$$n = 10 \times 20 \times 30 = 6000$$

$$W_n = \frac{6000}{600 + 300 + 200}$$

$$W_n = \frac{6000}{1100} = 5.45 \text{ Ohm.}$$

$$\begin{aligned} W &= W_1 + W_n \\ &= (20 + 15) + 5.45 \\ &= 40.45 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

$$I = \frac{E}{W} = \frac{200}{40.45} = 4.9 \text{ Ampère}$$

Die Gesamtstromstärke ist 4.9 Ampère.

26. In einem Stromkreis sind 4 Magnete parallel angeschlossen Fig. 32. Der Widerstand der Leitung beträgt 20 Ohm, der Widerstand der 4 Magnetbewicklungen ist 20, 60, 50 und 40 Ohm, die Klemmenspannung ist 15 Volt. Es soll die Gesamtstromstärke berechnet werden und die Stromstärke in jedem einzelnen Magneten.

$$W_n = \frac{n}{\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4}}$$

$$W_n = \frac{2 \cdot 400 \cdot 000}{268000} = 8.96 \text{ Ohm.}$$

$$W = W_1 + W_n$$

$$W = 20 + 8.96 = 28.96 \text{ Ohm}$$

$$\begin{aligned} \text{und } I &= \frac{E}{W} \\ &= \frac{15}{28.96} = 0.52 \text{ Ampère.} \end{aligned}$$

Die Gesamtstromstärke ist 0.52 Ampère.

Bezeichnen wir die Widerstände der Magnetbewicklung mit w_1 , w_2 , w_3 und w_4 , die ihnen zukommende Stromstärke mit i_1 , i_2 , i_3 und i_4 , so erhalten wir:

$$i_1 = \frac{I \cdot n}{w_1 \left(\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4} \right)}$$

$$i_1 = \frac{0.52 \cdot 20 \cdot 50 \cdot 60 \cdot 40}{29 (120000 + 48000 + 40000 + 60000)}$$

$$i_1 = \frac{1.248.000}{5.360.000} = 0.233 \text{ Ampère}$$

$$i_2 = \frac{I \cdot n}{w_2 \left(\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4} \right)}$$

$$i_2 = \frac{1.248.000}{50.268.000}$$

$$i_2 = \frac{1.248.000}{13.400.500} = 0.093 \text{ Ampère}$$

$$i_3 = \frac{I \cdot n}{w_3 \left(\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4} \right)}$$

$$i_3 = \frac{1.248.000}{60.268.000}$$

$$i_3 = \frac{1.248.000}{16.080.000} = 0.0776 \text{ Ampère}$$

$$i_4 = \frac{I \cdot n}{w_4 \left(\frac{n}{w_1} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_4} \right)}$$

$$i_4 = \frac{1.248.000}{406.268.000}$$

$$i_4 = \frac{1.248.000}{10.720.000} = 0.117 \text{ Ampère}$$

Die Stromstärken sind :

0.233, 0.093, 0.0776 und 0.117 Ampère

Die Summe aller dieser Stromstärken gibt wieder die Gesamtstromstärke nämlich 0.52 Ampère, nachdem

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + i_4.$$

Die Messungen des elektrischen Stromes und die wichtigsten Meßapparate.

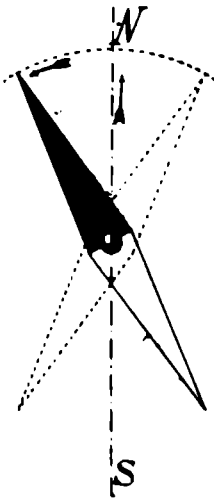
Bei allen vorangehenden Rechnungen mußten wir einige Größen als gegeben betrachten, mit deren Hilfe wir dann die übrigen bestimmen konnten. Sind diese Größen nicht von vorneherein bekannt oder gegeben, so müssen sie durch Messungen bestimmt werden, wozu in der Praxis äußerst genaue und zweckmäßig konstruierte Instrumente in Verwendung kommen.

Die Messungen werden auf verschiedene Art vorgenommen, und zwar die Stromstärke nach der von ihr geleisteten Arbeit, durch die chemische Zersetzung eines Elektrolyten oder durch ihre dynamische Wirkung.

In beiden Fällen ist die Stromstärke direkt zu erhalten, da das Gewicht der im elektrolytischen Prozesse ausgeschiedenen Stoffe im direkten Verhältnisse zur Stromstärke steht und zwischen der dynamischen Wirkung und Stromstärke dasselbe Verhältnis herrscht. Für unsere Zwecke in der Praxis kommen aber lediglich die Meßapparate des letzten Prinzipes in Betracht, da die chemischen Prozesse längere Zeit dauern, auch eine größere Anzahl Nebenapparate hierzu erforderlich sind, wie Präzisionswagen etc.

Als einfachstes Prinzip eines Meßinstrumentes ist das Galvanometer zu betrachten, welches wir in Fig. 6, zur Darstellung brachten. Dasselbe besteht aus einer Magnetnadel, welche dem Einflusse des elektrischen Stromes unterworfen ist, indem ein Metallbügel dieselbe einschließt durch den der Strom geführt wird. Dieses Instrument wird gewöhnlich nur zum Nachweise des

Fig. 40.



Stromes und zur Bestimmung der Stromrichtung verwendet. Figur 40 gibt eine schematische Darstellung seiner Wirkung.

Ist N der Nordpol und S der Südpol der Magnetnadel, so fließt der Strom in der Richtung des Pfeiles. Allgemein sagt man daher:

Liegt der Draht über der Magnetnadel und ist die Stromrichtung jene vom Südpol zum Nordpol, so wird der Nordpol der Nadel nach links vom Drahte abgelenkt.

Auf diese Art läßt sich die Polarität bestimmen.

Um das Vorhandensein sehr schwacher Ströme nachzuweisen, muß die Wirkung derselben auf die Magnetnadel vervielfacht werden, weshalb man die Zahl der Drahtwindungen vermehrt. Ein derartiges Galvanometer stellt uns die Fig. 41 dar.

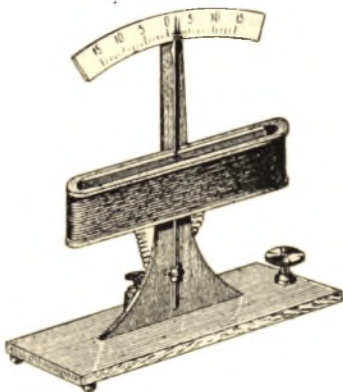


Fig. 41.

In der Spule, welche aus vielen und dünnen Drahtwindungen besteht, schwingt eine kräftige Magnetnadel, welche häufig, um die Wirkung zu verstärken, aus einem magnetischen Magazin von mehreren zusammengesetzten Nadeln besteht.

Ein nach aufwärts gerichteter Zeiger spielt an einer Gradtheilung. Das Zeigergewicht ist nach unten durch ein kleines Laufgewicht möglichst ausgeglichen, die Nadel selbst schwingt auf Schneiden fast reibungslos.

Zum Anzeigen der Stromstärke werden die Instrumente anders gebaut. Ihre Konstruktion hängt im wesentlichsten von der zu messenden Stromstärke, in erster Linie aber von der Gattung des Stromes ab.

Für Gleichstrom verwendet man Instrumente, in welchen die Ablenkung einer Magnetnadel durch den Strom, die Ablenkung einer stromdurchflossenen Spule von einem Elektromagneten, für

Wechselstrom die Abstoßung zweier Spulen oder die durch Erwärmen beim Stromdurchgang hervorgerufene Längenveränderung eines Drahtes zur Strommessung benützt werden. Natürlich kann man die beiden letzten Instrumente auch für Gleichstrommessungen verwenden.

Die Instrumente in welchen die Magnetnadel verwendet wird, nennt man allgemein Boussolen, bzw. nach ihrer speziellen Konstruktion entweder Sinus oder Tangentenboussolen.

Die Sinusboussole Fig. 42 besteht aus einer mit Windungen versehenen kreisförmigen Spule, welche um die vertikale Achse durch einen Knopf drehbar ist.

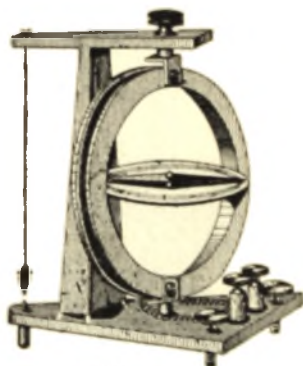


Fig. 42.

In der Mitte dieser Drahringe schwingt eine Magnetnadel über einer Skala. Bei den Messungen wird der Apparat so eingestellt, daß die Magnetnadel auf 0 zeigt. Die Drahringe werden durch den geränderten Knopf gleichfalls gedreht und in eine solche Stellung gebracht, daß sie sich mit der Magnetnadel decken, die vertikale Ebene der Drahringe also gleichfalls in der Meridianebene liegt, die Richtung von Süd nach Nord einnehmend.

Am Apparat selbst ist eine Wasserwage oder auch ein Lot mit Spitze angebracht, damit die genaue Vertikalstellung der Drahringe kontrolliert werden kann. Zur Einstellung dienen 2 Schrauben an den drei Füßchen.

Schaltet man die Drahringe in den zu messenden Stromkreis ein, so wird die Magnetnadel abgelenkt. Darauf dreht man die Spule der Nadel nach, wobei diese neuerdings flieht. Die Spule wird nun so lange der Nadel nachgedreht, bis diese in Ruhe verharnt wenn die Drahringe dieselbe decken.

In diesem Falle ist die Anziehung der erdmagnetischen Kraft gleich der abstoßenden Kraftwirkung der Spule, weil die von beiden im entgegengesetzten Sinne beeinflussten Nadel in dieser Stellung im Gleichgewichtszustande, also in Ruhe verharret.

Da die Spule unmittelbar über der Nadel steht, wirkt sie mit ihrer ganzen Kraft. Der Ausschlag der Nadel ist daher größer als bei der nachfolgenden Tangentenboussole, an welcher die Spule feststeht die Einwirkung der letzteren auf die Nadel nach Ablenkung derselben geringer wird, weshalb auch der Ausschlag der Nadel kleiner bleibt als bei der Sinusboussole.

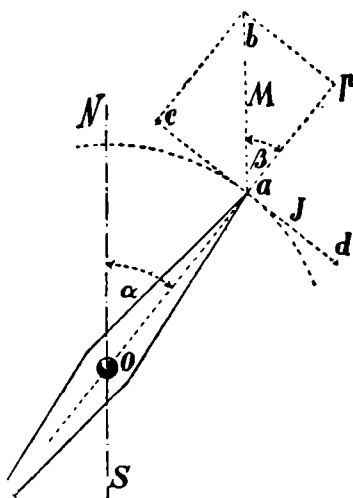


Fig. 43.

Fig. 43 gibt eine Darstellung des Kräfteparallelogrammes in welchem die abgelenkte Magnetnadel die Richtung o a p einnimmt, in welcher Stellung ihre Symetrale mit der, der Drahtwindungen zusammenfällt. Die Kraft (J) der letzteren wirkt daher vom Punkte a aus und ist in ihrer Richtung und Größe durch die Strecke a d gegeben.

$$J = a d.$$

Hierdurch bildet a. d. eine Komponente der Kraftwirkung auf die Nadel und es muß, da sich diese in Ruhe befindet, durch den Gleichgewichtszustand der beiden auf sie einwirkenden Kräfte (erdmagnetische Kraft M und Stromstärke J) auch die entgegengesetzte Komponente a c gleichgroß sein.

$$\text{Daher } J = a c.$$

b a ist parallel zu N S, weshalb $\sphericalangle \alpha$ dem $\sphericalangle \beta$ gleich ist.

Winkel β und $\sphericalangle c b a$ sind als Wechselwinkel gleich und daher auch $\sphericalangle \alpha = \sphericalangle c b a$

Im Dreiecke a c b ist $a c = M \sin c b a$, oder wenn wir die gleichen Werte einsetzen, für $a c = J$ und für $\sphericalangle c b a = \sphericalangle \alpha$

$$J = M \sin \alpha$$

Da es uns darum zu tun ist, den Wert für J zu finden müssen wir uns vor Gebrauch des Instrumentes die Instrumentkonstante M suchen. Diese ist für ein Instrument und einen bestimmten Orte eine unveränderliche Größe und wird am Instrumente selbst gefunden, wenn man den Ausschlagswinkel der Nadel für die Einheit der Stromstärke abliest und ihren reziproken Wert nimmt.

$$\text{denn } M = \frac{1}{\sin \alpha}$$

Mit dieser gefundenen Konstante hat man bei den folgenden Messungen die aus den trigonometrischen Tabellen für den erhaltenen Ausschlagswinkel herausgeschriebenen Wert zu multiplizieren, wodurch man die Stromstärke erhält.

Die Tangentenboussole ist einfacher konstruiert (Fig 44) und

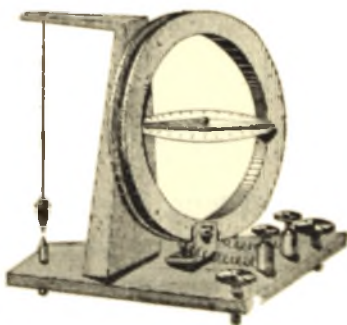


Fig. 44.

besteht aus einem vertikalen Drahtringe der im Gegensatz zu dem der Sinusboussole nicht beweglich sondern fest angeschraubt ist. Die übrige Einrichtung ist dieselbe.

In den vertikalen Drahtringen, deren Ende natürlich mit zwei Klemmschrauben zum Anschlusse an das Leitungsnetz verbunden sind, schwingt in der horizontalen Ebene eine Magnetnadel über einem Zifferblatte mit Gradeinteilung. Dasselbe ist

Als Drehkräfte wirken die beiden Komponenten $a b$ und $a c$. Da die Strecke $a c$ parallel zu $S N$ liegt, sind die beiden Winkel α und β gleich.

$$\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \beta.$$

Da die beiden Kräfte M und J in ihrer Richtung auf einander senkrecht stehen, ist $\sphericalangle \beta + \sphericalangle m = 90^\circ$.

Die Strecke $a f$ steht auf $b e$ gleichfalls senkrecht, weshalb auch $\sphericalangle \delta + \sphericalangle m = 90^\circ$

Es folgt daraus, daß

$$\sphericalangle \beta + \sphericalangle m = \sphericalangle \delta + \sphericalangle m$$

und

$$\sphericalangle \beta = \sphericalangle \delta$$

daher auch

$$\sphericalangle \alpha = \sphericalangle \beta$$

Errichten wir die Senkrechte $C b$ von C aus auf $a b$, ferner die Senkrechte $d e$ von e aus auf $a e$, so erhalten wir zwei rechtwinkelige Dreiecke $a b c$ und $a d e$.

Im ersteren ist der Winkel γ als Wechselwinkel dem Winkel β , und dadurch auch dem Winkel α gleich.

Im Dreiecke $a b c$ wird die Strecke $a b$ nach der Formel gefunden.

$$a b = M \sin \alpha$$

im Dreiecke $a d e$ die Strecke $a e$ nach der Formel

$$a e = J \cos \alpha$$

In beiden Fällen bezieht sich die Formel auf den Ausschlagswinkel der Magnetnadel. Da die Strecken $a b$ und $a e$ gleich sein müssen, weil ja keine Drehung stattfindet und die Nadel in Ruhe verharrt, so ist:

$$J \cos \alpha = M \sin \alpha$$

$$\frac{J}{M} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \text{ und nachdem}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg.} \alpha \text{ ist}$$

$$\frac{J}{M} = \operatorname{tg.} \alpha.$$

Weil M für einen bestimmten Ort stets gleich ist, kann bei der ersten Messung, wenn man einen Strom von der Stärke einer Einheit durch den Apparat schickt, die zur Berechnung der Strom-

stärke bei den Messungen notwendige Instrumentskonstante gefunden werden. Demnach ist die letzte Formel:

$$M = \frac{J}{\operatorname{tg} \alpha}$$

M ist nun die Konstante des Instrumentes und bei jeder folgenden Messung erhält man die Stromstärke nach der Formel

$$J = M \operatorname{tg} \alpha$$

In die zweite Gruppe der Gleichstrommeßapparate gehört das von Deprèz konstruierte Instrument, welches heute wesentlich verbessert und in einer Ausführungsform in Fig. 46 und 47 dargestellt ist.

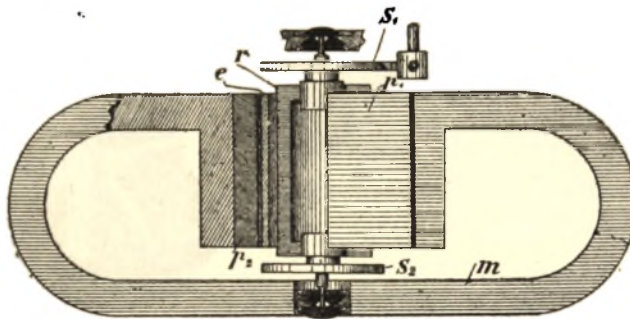


Fig. 46.

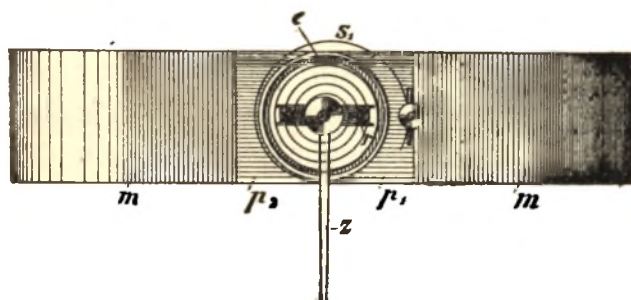


Fig. 47.

Die Hauptbestandteile dieses Instrumentes sind:

Ein permanenter Magnet m, welcher so gebogen ist, daß seine Pole einander gegenüberstehen. Diese tragen die beiden Polschuhe p₁ und p₂, welche innen zylindrisch ausgebohrt werden, so daß sich in der Mitte der beiden Magnetenden ein aus den eisernen Polschuhen gebildeter Hohlzylinder befindet, dessen Achse senkrecht auf dem neutralen Teil des Magneten steht. In diesem

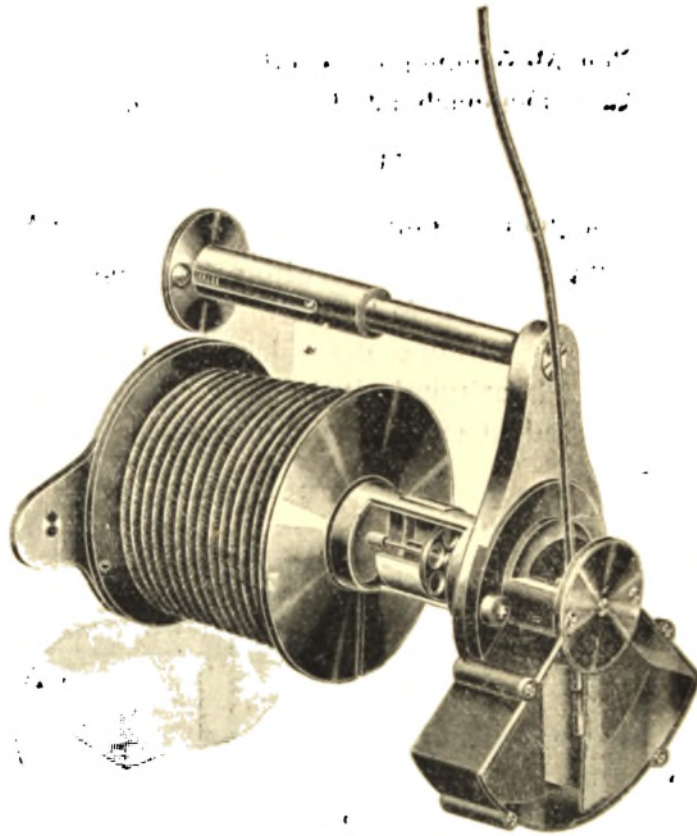


Fig. 49.

Hohlzylinder befindet sich ein Eisenrohr e , welches etwa ein und einhalb Millimeter rings von der Innenwand des Zylinders absteht und hier einen Luftraum schafft.

Innerhalb dieses Eisenrohres befindet sich eine flache rechteckige Spule r , welche gewöhnlich aus sehr leichtem Metalle, Aluminium angefertigt wird. Dieser Metallrahmen ist mit einem feinen isolierten Draht umwickelt und in der Achse des Zylinders drehbar, indem sich an seinen beiden Schmalseiten in deren Mitte Wellenenden befinden, die in feinen Steinlöchern gelagert sind. An dem oberen Wellenende stecken auf isolierten Rollen, zwei entgegengesetzt gewundene Spiralfedern S_1 und S_2 , deren innere Enden leitend mit den beiden Drahtenden der beweglichen Spule, und deren äußere Enden (Klötzchen) mit den Instrumentklemmen verbunden sind. Die Spiralen sind so eingestellt, daß sie den Drahtrahmen in der Richtung vom Süd- zum Nordpol halten. Das obere Wellenende des Rahmens trägt noch einen Zeiger, welcher über einer Skala schwingt.

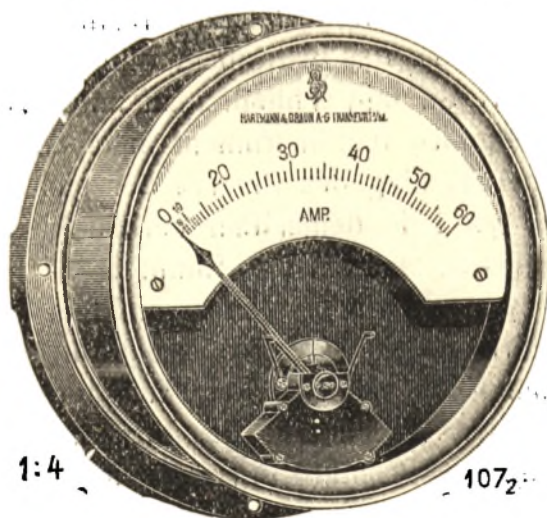


Fig. 50.

Schaltet man das Instrument in den zu messenden Stromkreis, so werden die Drahtwindungen von dem Strom umflossen und haben das Bestreben, sich auf die Richtung der magnetischen Kraftlinien senkrecht einzustellen. Diesem Bestreben entgegen wirken die beiden Spiralfedern, weshalb in irgend einer Stellung der Gleichgewichtszustand eintritt, da mit der Entfernung von der Ruhelage die Kraftäußerung der Spule kleiner wird, mit der Drehung jedoch die Spannkraft der Spiralen wächst.

Die Drehkraft welche die Spule innerhalb der magnetischen Felder gegen die Spiralen auszuüben vermag, wächst mit der Stromstärke, weshalb, wenn das Instrument geacht ist, die Stromstärke direkt abgelesen werden kann.

Dieses Instrument wird gewöhnlich als Milliampèremeter ausgeführt und um sein Meßbereich zu vergrößern, das heißt, um es zu ermöglichen, daß auch stärkere Ströme damit gemessen werden können, gibt man dem Instrumente sogenannte Nebenschlußwiderstände oder Shunts bei. Diese werden so zwischen den beiden Apparatklemmen eingeschoben, daß der eintretende Strom sich teilt und ein zum Nebenschlußwiderstand umgekehrt proportionaler Strom durch das Instrument geht.

Da die Nebenschlußwiderstände und der Widerstand des

Apparates in bestimmten Verhältnissen zu einander stehen, läßt sich aus diesen die Stromstärke leicht berechnen.

Zeigt beispielsweise das Instrument ohne Shunt eine Stromstärke von 1 Ampère an und schließt man unter Verwendung des Nebenschlußwiderstandes das Instrument in einen anderen Stromkreis ein, wo der Ausschlag des Zeigers der gleiche ist, so steht diese Stromstärke zu 1 in demselben Verhältnis wie der Widerstand des Instrumentes zu dem des Shunt's.

Bezeichnen wir die im ersten Stromkreis ohne Shunt gemessene Stromstärke von 1 Ampère mit J , die gesuchte Stromstärke des zweiten Kreises mit i , den Widerstand des Nebenschlusses mit w , den Widerstand des Instrumentes mit W und die Stromstärke im Nebenschluß mit i_1 , so ist

$$J = i + i_1$$

$$\text{und: } i : i_1 = w : W.$$

$$i_1 = \frac{i \cdot W}{w} \text{ und}$$

$$J = i + \frac{i \cdot W}{w} \text{ oder}$$

$$J = \frac{iw + i \cdot W}{w} \text{ und reduziert}$$

$$J = i \left(\frac{w + W}{w} \right).$$

Der Widerstand des Shunts und des Instrumentes ist eine gegebene, konstante Größe und wenn $W = 9 \text{ Ohm}$, $w = 1 \text{ Ohm}$ ist, so lautet diese Konstante

$$\frac{1 + 9}{1} = 10$$

Die mit dem Instrumente unter Verwendung des Nebenschlusses gemessene Stromstärke ist daher das Zehnfache der angezeigten.

Durch die Wahl von Nebenschlußwiderständen, die entsprechend kleiner sind als der Instrumentenwiderstand, kann der Meßbereich nach oben außerordentlich erweitert werden.

Eines der einfachsten Instrumente für die Praxis, wenn mindere Genauigkeit verlangt wird, ist in Fig. 48 abgebildet.

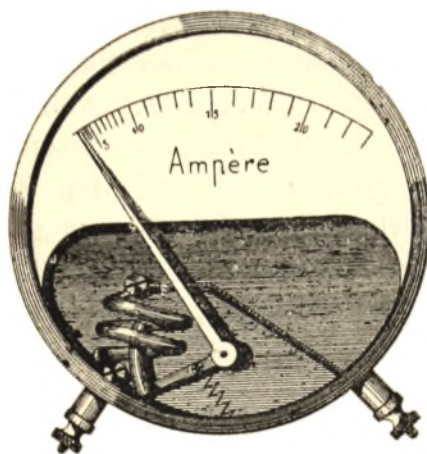


Fig 49.

Der um die Drehungsachse des Zeigers konzentrisch gebogene Eisenkern, schwingt durch einige dicke Drahtwindungen. Eine Feder übt einen Zug auf den Kern aus, der dem, von den stromdurchflossenen Drahtwindungen ausgeübten, entgegengesetzt gerichtet ist.

Je größer der letztere ist, desto weiter wird der Kern in die Drahtspirale hineingezogen und da der Zeiger die Bewegung mitmacht, zeigt sein Ausschlag die Größe der Stromstärke an.

Für schwächere Ströme eignet sich dieses Instrument nicht, weil der Genauigkeitsgrad nach unten geringer wird.

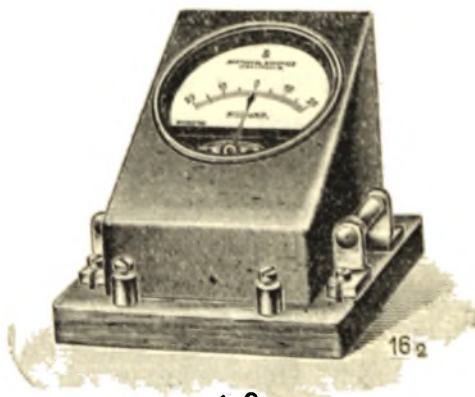
Bei allen besseren Instrumenten kommt eine Dämpfer-Vorrichtung zur Anwendung, welche ein rasches Beruhigen des vibrierenden Zeigers ermöglicht.

Gewöhnlich verwendet man einen leichten Flügel auf der Welle des Zeigers, welcher zur Schwingungsebene senkrecht steht, und durch Ueberwinden des Luftwiderstandes den Zeiger in seiner Vibration bremst, oder man läßt zwischen den Polen eines permanenten Magneten eine an der Zeigerwelle angebrachte Aluminiumscheibe schwingen, welche dieselbe Wirkung hervorbringt, indem durch den Einfluß des Magnetfeldes in der Scheibe Ströme induziert werden, die hemmend auf die Bewegung einwirken.

Das in Fig. 49 und 50 dargestellte Instrument von Hartmann & Braun besteht aus einer fest angeordneten Spule, in deren Hohlraume ein Eisenkern in der Form eines hohlen Halbzylinders angebracht ist. Diesem gegenüber befindet sich ein entsprechend kleinerer Halbzylinder aus Eisen, der in sehr feinen Steinlagern drehbar gelagert ist und den Zeiger trägt. Beide Eisenstücke werden von dem Solenoid in gleicher Weise polarisiert, so daß sie sich gegenseitig abzustößen suchen; es wird also dem beweglichen Segment, das sich unter dem Einfluß seiner Schwere im entgegengesetzten Sinne bewegen würde, ein Drehmoment erteilt, daß von der Stromstärke abhängig ist.

Bei diesem Instrument ist eine eigene Luftdämpfung angebracht, indem der mit dem Zeiger verbundene Flügel in einem möglichst knapp schließenden Gehäuse schwingt, so daß der Luft zum Ausweichen nur ein sehr geringer Raum übrigbleibt, die Zeigernadel daher ohne Vibration schwingt. Infolge der kurzen magnetischen Achsen eignet sich dieses Instrument auch für Wechselstrommessungen.

Ein aperiodisches (vollständige Aufhebung der Vibration des Zeigers durch Astatisierung) Milliampéremeter derselben Firma, das sich besonders für den Gebrauch bei elektrischen Uhrenanlagen eignet, ist in Fig. 51 abgebildet. Dieses Instrument ist



1:3
Fig. 15.

auch noch mit seitlich angebrachten Sicherungen versehen, welche eine Beschädigung desselben, beim Durchgang zu hoher Stromstärken, durch rechtzeitiges Unterbrechen des Stromkreises verhindern.

Zu den Instrumenten, welche sich auch zum Messen von Dreh- oder Wechselströmen eignen, zählt das Torsions-Dynamometer von Siemens & Halske. (Fig. 52.)

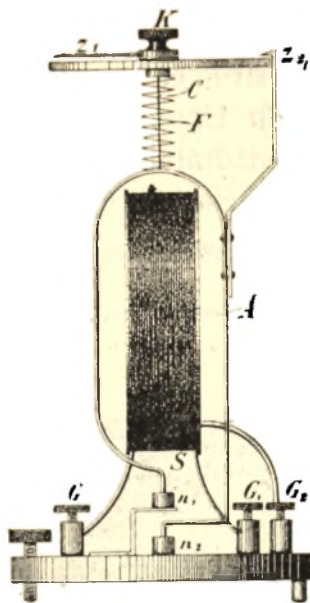


Fig. 52.

Es besteht aus einer festen Spule S, welche von einer drehbaren (A,) aus einer Windung bestehenden, umgeben ist, deren Stromzuführung in die Drehachse durch kleine Quecksilbernäpfe und die darinnen eintauchenden Enden n_1 und n_2 der drehbaren Spule hergestellt wird. Die drehbare Spule hängt an einem Faden F und steht unter der Einwirkung einer Torsionsfeder C, welche durch einen ränderierten Knopf K mit Zeiger Z_1 gespannt werden kann.

Die feste Spule ist zweiteilig, wovon der eine Teil wenige dicke, der andere viele dünne Drahtwindungen besitzt. Die Spulen können jede für sich angeschlossen werden.

Durch diese Einrichtung kann man schwache und auch stärkere Ströme messen.

Ein an der beweglichen Windung befindlicher Zeiger Z_2 schwingt vor einem Zifferblatt mit der Einteilung.

Vor der Messung wird mittels des Knopfes an der Torsionsfeder die bewegliche Windung so eingestellt, daß sowohl der Zeiger an der Feder, als jener an der beweglichen Windung, auf 0 einspielt.

Beim Durchfließen des Stromes üben beide Spulen, die feste und die bewegliche, eine dynamische Wirkung aufeinander aus, so daß die bewegliche sich drehen und die Torsionsfeder spannen wird. Der Ausschlagswinkel des Zeigers gibt die Stromstärke an.

Als transportables Instrument von guter Qualität eignet sich das Hitzdrahtinstrument für Untersuchungen auswärtiger Anlagen.

Der Erfinder des Hitzdrahtinstrumentes ist Cardew. Dasselbe (Fig. 53) besteht aus einem ungemein dünnen Draht, irgend



Fig. 53.

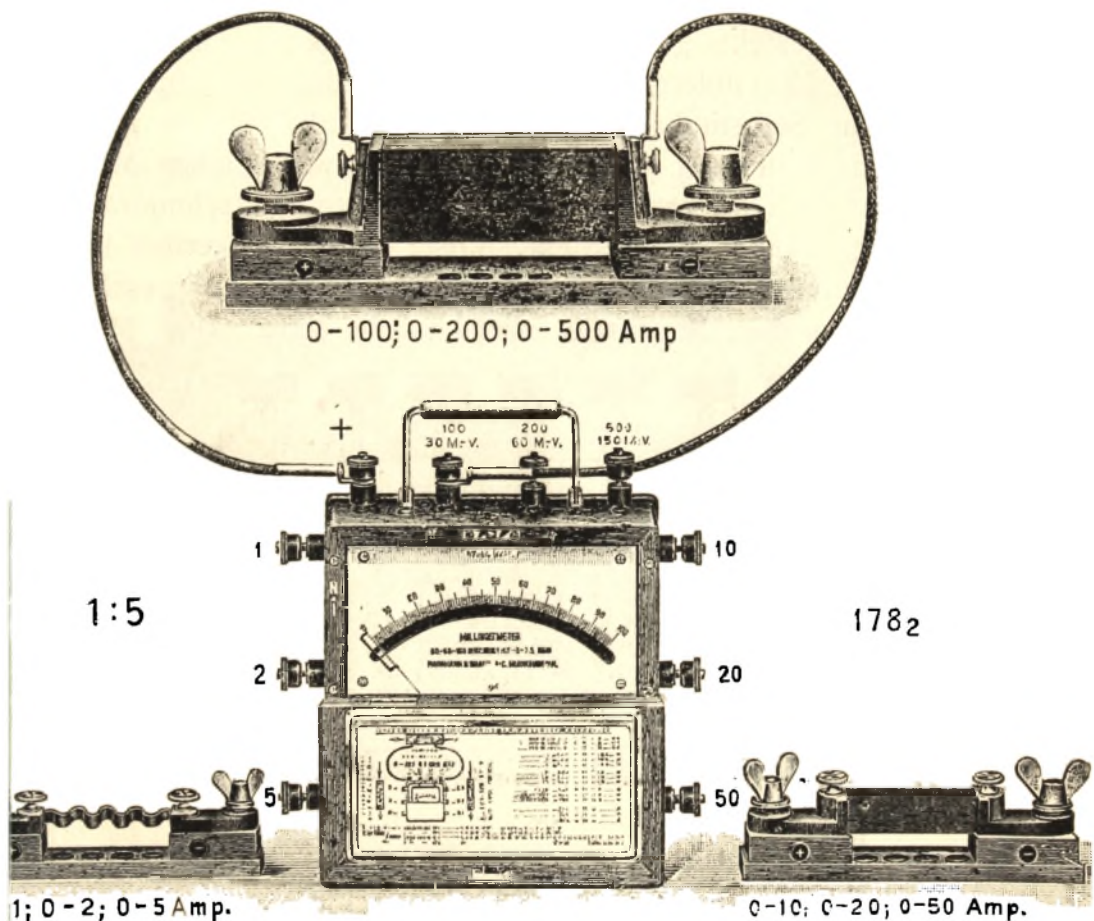
einer Platinlegierung oder auch aus Silber, der zwischen den beiden Abschlußklemmen a, b des Instrumentes gespannt ist. In der Mitte des Hitzdrahtes ist ein zweiter gleichfalls sehr feiner Draht c von äußerst geringem Biegungswiderstand befestigt und führt von diesem senkrecht nach abwärts, bis K. Ein dritter dünner Draht wird in ungefähr seiner Mitte befestigt, wo er über die Rolle der Zeigerwelle geschlungen und in einem Winkel von 90° abgelenkt an eine Spannfeder F geschraubt ist. Letztere übt daher durch die Verbindungsdrähte einen Zug auf den Hitzdraht aus, welcher ihn zum Abbiegen zwingt, wenn er durch den Strom beim Durchfließen desselben erwärmt und ausgedehnt wird.

Durch die daraus erfolgende Bewegung, gibt der Verbindungsdraht dem Zug der Feder nach und bewegt die Rolle mit dem Zeiger, welcher die Größe der Ausdehnung und damit der ihr proportionalen Stromstärke angibt. Die Bremsung bewirkt an diesem Instrumente eine Aluminiumscheibe, welche zwischen den Polen eines permanenten Stahlmagneten schwingt.

Auch die Anwendung dieser Instrumente muß bei der Messung stärkerer Ströme unter Verwendung des Nebenschlußwiderstandes vorgenommen werden, weil die Erwärmung so groß werden könnte, daß der Draht abschmilzt.

Die Spannungsmesser (Voltmeter) sind von gleicher Konstruktion wie die Ampèremeter, haben jedoch entweder einen hohen eigenen Widerstand oder werden aus dem Ampèremeter durch Vorschalten von Widerständen dem Zwecke verwendbar gemacht.

Die Spannung wird im Nebenschluß gemessen, weshalb der Widerstand der Nebenschlußleitung entweder durch den hohen Widerstand des Instrumentes oder durch vorgeschaltete Widerstände so groß gemacht werden muß, daß die Stromstärke in der



Hauptleitung nicht wesentlich beeinflusst wird. Deshalb zeigt das Instrument eigentlich die Stromstärke des Nebenschlusses. Da aber der Widerstand desselben bekannt ist, so findet man die Spannung nach dem Ohm'schen Gesetz:

$$e = i \cdot w.$$

w, der Widerstand des Instrumentes ist in dem Falle ein konstanter Faktor, weshalb dasselbe auch direkt in Volt geacht werden kann, da die Veränderungen von i und e proportional erfolgt.

Fig. 54 stellt ein aperiodisches Millivoltmeter der Firma Hartmann & Braun dar, mit den beigelieferten Shunts. Die Schaltung des Nebenschlusses geht aus der Abbildung hervor. Das Instrument ist tragbar und eignet sich daher zur Kontrolle auswärtiger Anlagen.

Zu den Widerstandsmessungen ist ein Vergleichswiderstand erforderlich.

Dieser besteht gewöhnlich aus mehreren in einem Kasten (Fig. 51 und 52) untergebrachten Widerständen, die bifilar gewickelt (ohne Selbstinduktion, siehe diese) und außen an Metallschienen angeschlossen sind. Zwischen je zwei solchen Metallschienen ist ein Luftraum zur Isolierung und eine holzylinderartige Erweiterung, welche durch Metallstöpsel ausgefüllt werden kann, wodurch die dazwischen liegende Widerstandsspule kurzgeschlossen, bezw. aus dem Stromkreis ausgeschaltet wird. (Fig. 55.)

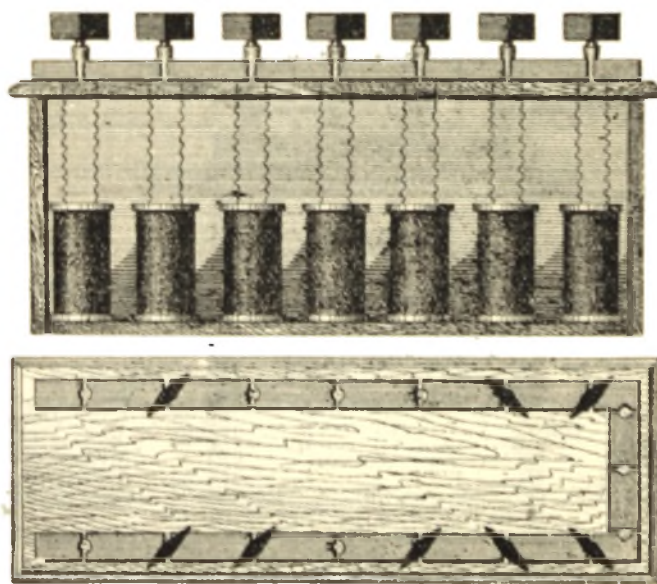


Fig. 55.

Um innerhalb eines gewissen Messbereiches alle Widerstände kombinieren zu können, bestehen die Spulen aus Widerständen in folgender Reihe 1, 2, 2, 5, 10, 10, 20, 50, 100, 100, 200, 500, 1000, 1000, 2000, 5000. Diese Kombination erlaubt Widerstandsvergleichen bis zu 10.000 Ohm, wobei jeder innerhalb der Grenzen 1 bis 10.000 liegende Widerstand hergestellt werden kann.

Außer Gebrauch befinden sich die Stöpsel alle in den Bohrungen, so daß sämtliche Widerstände kurzgeschlossen sind. Will man mit dem Rheostaten beispielsweise einen Widerstand von 5487 Ohm herstellen, so zieht man die Stöpsel am Widerstand 5000, ferner an beiden Widerständen 200, dann von Widerstand 50, 20, 10, 5 und 2 Ohm. Diese sämtlichen Widerstände sind nun hintereinander geschaltet und summieren sich:

$$5000 + 200 + 200 + 50 + 20 + 10 + 5 + 2 = 5487 \text{ Ohm}$$

So läßt sich auch jede beliebige Kombination zusammenstellen. Diese Widerstände haben den Nachteil, daß sie nicht allmählich eingeschaltet werden können, sondern sprungweise.

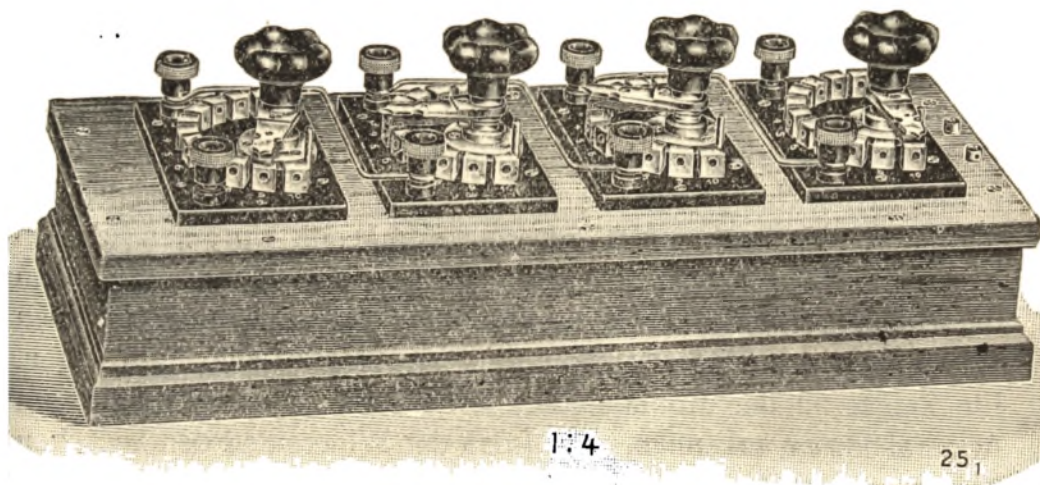
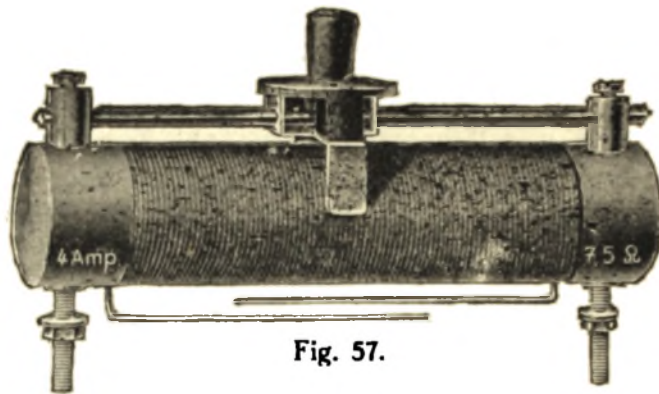


Fig. 56.

Aus diesem Grunde werden für manche Zwecke die Dekadenwiderstände mit Kurbelschaltung der Firma Hartmann & Braun verwendet. (Fig. 56.) Diese bestehen aus mehreren gleichen Widerständen in den Abstufungen von 0,1, 1, 10, 100, 1000, oder 10000, so daß die Widerstandsänderung in regelmäßiger

Stufenfolge ohne Unterbrechung ganz allmählich in den Intervallen der Einheit jeder Dekade ausgeführt werden kann.

Eine andere Art von Vergleichswiderständen bilden die Gleitwiderstände von Abrahamson in Berlin. (Fig. 57.)



Der Widerstanddraht dieses Apparates liegt in Spiralnuten eines Isolators, gewöhnlich eines zylindrischen emaillierten Stahlrohres, dessen Umfang ein Schraubengewinde bildet. In diesen Vertiefungen liegt der Draht, von dem ein Ende mit einer Anschlußklemmschraube verbunden ist. Die zweite Klemme steht mit einer Feder in leitender Verbindung. Diese Feder läßt sich auf einer prismatischen Führungsstange parallel zur Spule verschieben und liegt mit ihrem freien Ende an dem Widerstandsdrahte auf. Um einen sicheren Kontakt mit demselben zu ermöglichen, ist der Länge nach an dem Isolierkörper eine Nute vorgesehen, so daß die einzelnen Windungen des Widerstandsdrahtes an dieser Stelle hohl liegen. Ein Zeiger an der Kontaktfeder, ferner eine geaichete Skala am Apparat lassen erkennen, wie gross der Widerstand der zwischen Klemmen und Feder eingeschlossenen Drahtringe ist.

Diese Widerstände eignen sich auch als Regulierwiderstände zur Variierung der Stromstärken im Netze und können daher als Schalttafelwiderstände Verwendung finden, da sie ihrer kompakten Bauart wegen äußerst wenig Platz beanspruchen.

Einen Universalgleitwiderstand dieser Art zeigt hier Fig. 58. Er besteht aus einer Kombination zweier Gleitwiderstände von verschiedenen großen Widerständen und verschiedener Belastungs-

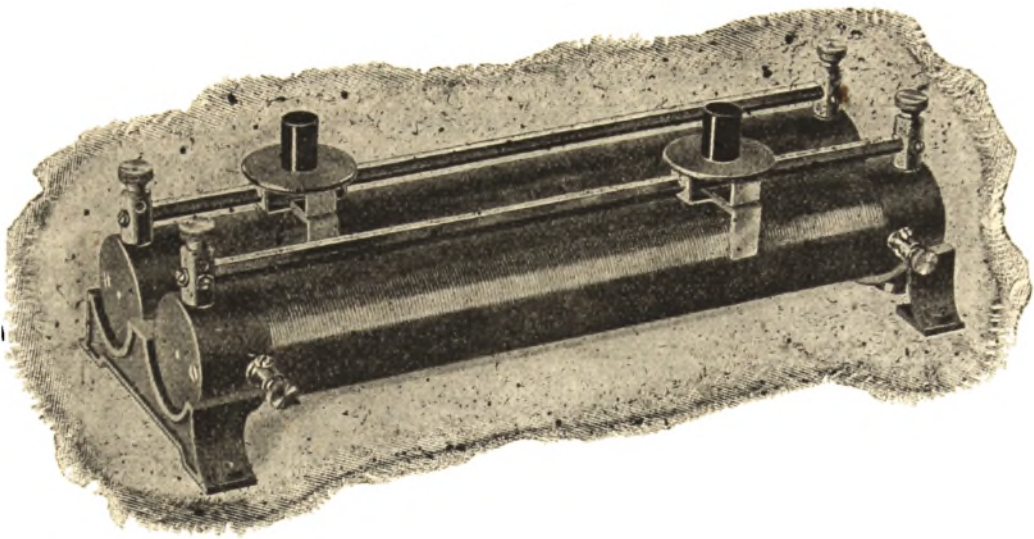


Fig. 58.

fähigkeit, die mittelst einer Verbindungsclasse nach Bedarf in verschiedener Schaltung, hintereinander (Serie), parallel (Nebenschluß) oder Separatschaltung jedes einzelnen Widerstandes benützt werden können.

Diese Widerstände ermöglichen die präziseste Feinstellung des zu regulierenden Stromwertes und erlauben durch ihre Vielseitigkeit die ausgedehnteste Anwendung.

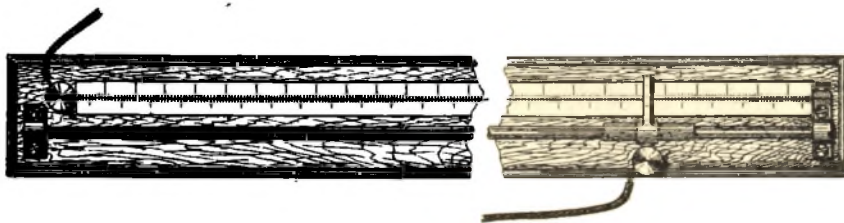


Fig. 59.

Zum Schlusse wäre noch ein Vergleichswiderstand Fig. 59 zu erwähnen, welcher dem vorher besprochenen Widerstand ähnlich ist und aus einem gerade ausgespannten Widerstandsdraht besteht, der über einer Skala liegt. Jedes Ende des Drahtes ist mit einer Klemme verbunden, die dritte Klemme steht mit einem verschiebbaren Messer in Verbindung, das mit seinem kantigen Teil auf dem Drahte aufliegt und den Strom ableitet. Durch Ver-

schieben dieses Messers kann also die Länge des Drahtes und dadurch des Widerstandes verändert werden und läßt sich auf der unter dem Drahte und Messer befindlichen Skala ablesen.

Die Bestimmung des Widerstandes eines Leiters im Vergleichswege durch diese Rheostaten, basiert auf einer Grundlage die im Nachstehenden erläutert werden soll.

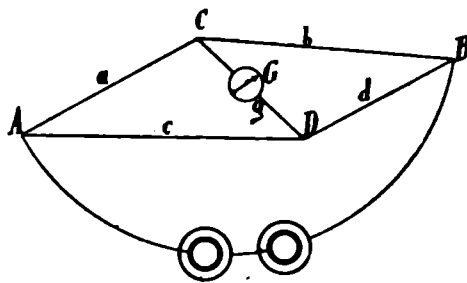


Fig. 60.

Werden an einem verzweigten Leiter die beiden Zweige noch einmal durch einen Leiter verbunden (Fig. 60), so kann das Verhalten des Zwischenleiters, der sogenannten Brücke ein verschiedenes sein. Herrscht zwischen den Endpunkten derselben eine Spannungsdifferenz, so wird sie von einem Strom durchflossen, der in der Richtung von der höheren Spannung zur niederen geht. Die Spannungsdifferenz der beiden Endpunkte der Brücke hängt von den Widerstandsverhältnissen der durch dieselben erhaltenen Abschnitte der Zweige ab, und kann unter einer Bedingung gleich 0 sein, wodurch der Leiter stromlos wird und unterbrochen werden kann, ohne die Stromverhältnisse in dem übrigen Leitungsnetz zu beeinflussen.

Denken wir uns in der Leitung in Fig. 56 eine Gesamtstromstärke von 6 Ampère, die Widerstände der Leitungszweige zusammengesetzt aus den Leitungsabschnitten a und b mit 8 Ohm, die von c und d mit 4 Ohm, so ist das Verhältnis der Stromstärken für den

$$i_1 = \frac{J \cdot w_2}{w_2 + w_1}$$

Leiter a + b

wobei i_1 , die Stromstärke im Leiter a + b, w_1 der Widerstand dieses Leiters, w_2 der Widerstand des Leiters e + d ist.

$$i_1 = \frac{6 \cdot 4}{8 + 4} = 2 \text{ Ampère.}$$

Die Stromstärke im Leiter e + d ist:

$$i_2 = J - i_1 = 6 - 2 = 4 \text{ Ampère.}$$

Denken wir uns, daß der Leiter a einen Widerstand von 6 Ohm, der Leiter b, 2 Ohm, der Leiter c, 2 Ohm und der Leiter d gleichfalls 2 Ohm hat, so ist der Spannungsverlust zwischen A C größer als zwischen A D.

Die Spannung des Punktes D wird also größer sein, als die des Punktes C, weil ihre Differenz zur Spannung A kleiner ist als die des Punktes C.

Der Spannungsverlust e_1 für den Leiter a ist:

$$e_1 = i_1 w_1 = 2 \times 6 = 12 \text{ Volt.}$$

Der Spannungsverlust e_2 für den Leiter c ist:

$$e_2 = i_2 w_2 = 4 \times 2 = 8 \text{ Volt,}$$

so herrscht zwischen den Punkten C und D eine Spannungsdifferenz von

$$12 - 8 = 4 \text{ Volt,}$$

daß heißt der Punkt D hat eine um 4 Volt höhere Spannung als C.

Der Strom wird sich im Punkte D neuerlich teilen und durch den Leiter g zum Leiter b fließen, der andere Teil über d nach B gehen, wo sich beide vereinigen. Im Punkte B herrscht zu allen anderen Punkten der Leitung eine niedrigere Spannung. Der Spannungsverlust im Leiter b ist aber nicht mehr derselbe als er wäre, wenn die Brücke wegbliebe, da sich das Produkt $i \times w$ ändert, indem der Faktor i durch das Hinzutreten des Stromes, welcher über die Brücke fließt, sich vergrößert.

In unserem Falle sind die Widerstände der Leitung b und d gleich, so ist es natürlich, daß jene Strommenge durch die Brücke fließen muß, welche notwendig ist, den durch den Leiter b fließenden Strom auf dieselbe Stärke zu bringen, die er im Leiter d besitzt. Dadurch wird der Spannungsfall im Leiter b dem im Leiter d gleich gemacht.

Um den Leiter g stromlos zu machen, darf an den Punkten C und D keine Spannungsdifferenz herrschen, es muß also der Spannungsabfall von A nach C derselbe sein, als von

A nach D, ferner von C nach B derselbe, wie von D nach B. Mit anderen Worten: Das Produkt aus Stromstärke und Widerstand muß im Leiter a gleich sein dem in e, ferner im Leiter b dasselbe wie im Leiter d.

Da die Stromstärke von a gleich der von b ist, die von c gleich der in d, so erhält man die Formel

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3}{w_4}$$

worin w_1 der Widerstand von a, w_2 der von b, w_3 der von e und w_4 der von d ist.

Sind uns nun drei dieser Widerstände bekannt, so läßt sich mit Hilfe dieser Proportion der vierte bestimmen.

Die Methode der Wheatston'schen Brücke zur Widerstandsbestimmung ist die Anwendung dieses Gesetzes.

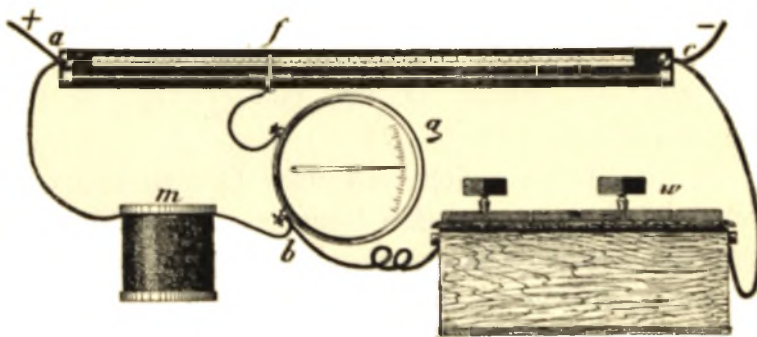


Fig. 61.

Sollte der Widerstand einer Magnetspule (M) gemessen werden (Fig. 61), so schaltet man sie zwischen der Klemme a des Gleitwiderstandes und der Klemme b eines Galvanometers g. Der zweite Draht des Galvanometers ist mit der auf dem Widerstandsdrahte verschiebbaren Feder f verbunden. Von der Klemme b weg führt ein Draht zu einem bekannten Widerstande w, von diesem weg zur Klemme C des Widerstandsdrahtes. Die Klemmen a und c sind ferner mit den Polen einer Stromquelle verbunden, welche eine dem zu messenden Widerstand entsprechende, nicht zu starke Spannung hat.

Damit in die Brücke kein Strom fließe, müssen die Widerstände der einzelnen Leiterteile sich verhalten nach der Proportion

$$m : w = a f : f c$$

Solange dieses Verhältnis nicht erreicht ist, gibt das Galvanometer einen Ausschlag.

Man verschiebt also die Feder f bis die Nadel in Ruhe verharret und hat damit das Widerstandsverhältnis der beiden Abschnitte des Widerstandsdrahtes, dem der Spule und dem bekannten Widerstande gleich gemacht.

E ist also $a f : f c = m : w$
und m daher

$$m = \frac{w : af}{f c}$$

w ist der bekannte Widerstand, die Längen $a f$ und $f c$ können an der Skala abgelesen werden.

Das Resultat wird umso genauer, je geringer der Unterschied zwischen m und w ist, weshalb man die Messung wiederholen soll und den Widerstand w dann der vorhergefundenen Größen von m gleichmacht.

Das Galvanometer muß sehr empfindlich sein, um auch das Vorhandensein der geringsten Brückenströme noch feststellen zu können. Nach welcher Richtung man die Feder am Gleitdrahte verschieben muß, zeigt uns das Galvanometer gleichfalls an, weil die Ausschlagsrichtung seiner Nadel auch von der Stromrichtung bestimmt ist. Die indirekte Widerstandsmessung kann auch mit zwei Instrumenten vorgenommen werden, wenn man Spannung und Stromstärke mißt und hieraus den Widerstand berechnet.

$$w = \frac{E}{i}$$

Hierzu sind genaue Voltmeter und Ampèremeter erforderlich.

In den transportablen Universalmeßinstrumenten Fig. 62, der Firma Hartmann & Braun, sind diese Instrumente vereinigt, besitzen aber noch eine abnehmbare Wheatstonsche Brücke und die nötigen Nebenschluß und Vorschaltwiderstände, so daß man mit ihnen Spannungen, Stromstärken und Widerstände messen

kann, aber auch, da noch das Voltmeter eine Ohmskala für bestimmte Spannungen besitzt, die Isolationswiderstände unter diesen Spannungen bestimmen kann.

Die Instrumente sind aperiodisch ausgeführt und basieren auf dem Deprez'schen Drehspulensysteme.

Bei Vergleichsmessungen mit der Wheatstonschen Brücke dient das Ampèremeter als empfindliches Galvanometer.

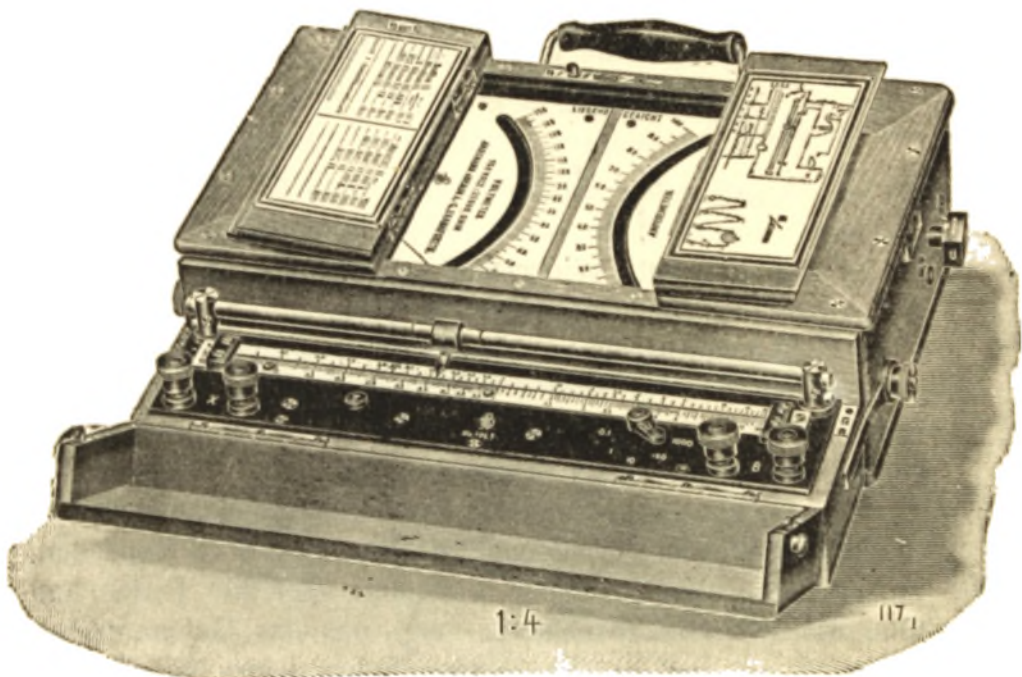


Fig. 62.

Bei den sogenannten Isolationsprüfern, die zur Messung des Widerstandes, welchen die Isolation der Leitungen dem Stromübergange in das die Leitung umgebende Medium entgegensetzen, dienen, befindet sich ein sehr empfindliches Galvanometer in einem Holzetui, in dem auch eine konstante Stromquelle, ein oder zwei Elemente oder auch ein Induktor für Gleichstrom enthalten ist. Nachdem hier die Spannung der Stromquelle bekannt ist, kann das Galvanometer direkt auf Ohm geeicht werden.

Dasselbe ist auch der Fall bei Ohmmetern, welche für bestimmte Spannungen gebaut sind.

Hierzu gehört der Isolationsprüfer zur Verwendung bei der Netzspannung, das heißt eines Instrumentes, das aus einem Galvanometer besteht und für die vorerwähnten Isolationsmessungen unter Zuhilfenahme des im Netze herrschenden Stromes dient.

Eingehender werden diese Instrumente im Kapitel Leitungsstörungen bei ihrer Anwendung besprochen.



Magnetismus und permanente Magnete.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß man hartem Stahl die dauernde Eigenschaft verleihen kann, auf andere Stoffe diesen voran wieder Eisen und Nickel, eine Kraftwirkung zu äußern, ohne daß in der stofflichen Beschaffenheit oder der räumlichen Größe desselben eine Veränderung wahrzunehmen wäre. Auf die Ursache rückzuschließen, fällt außerordentlich schwer, da sie sich nur in ihren Wirkungen beobachten läßt.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen stehen uns Hypothesen zu Gebote, die so verschiedener Art sie auch sein mögen, in ihrer Verfolgung alle dasselbe Resultat ergeben, weil sie eben von diesen ihren Ausgang genommen haben. Einer der Erklärungsversuche bildet die Grundlage der magnetischen Molekulartheorie, die in ihrem Wesen eine große Aehnlichkeit mit der Elektronentheorie aufweist und deshalb hier an erster Stelle besprochen werden soll. Nach dieser Theorie bilden diese Moleküle der magnetisierbaren Körper selbst kleine Magnetchen, die sich in einem latenten magnetischen Zustand befinden, indem sie ungeordnet nebeneinander liegen und sich gegenseitig derart beeinflussen, daß ihre Wirkung nach außen aufgehoben ist.

Diese Annahme wird durch die Tatsache unterstützt, daß die molekulare Beschaffenheit der Stoffe auf die Magnetisierungsfähigkeit einen großen Einfluß ausübt.

Zur näheren Untersuchung ist es nötig, einige der elementarsten Erscheinungen des Magnetismus zu beobachten. Hierzu nehmen wir eine bereits magnetisierte Nadel, welche mit einem Achathütchen auf einer vertikalen Spitze gelagert ist, so daß sie sich in der horizontalen Ebene frei drehen kann. Diese Nadel wird sich stets selbst in einer bestimmten Richtung einstellen, so oft man sie auch aus ihrer Lage entfernen mag. Und zwar zeigt eine ihrer Spitzen nach dem Nordpol der Erde, die andere nach dem Südpol. Ihre Richtung ist daher die meridionale. Die Erde besitzt magnetische Kräfte, welche die Nadel beeinflussen, und stellt deshalb selbst einen Magnet dar, dessen Pole mit den geographischen Polen ziemlich zusammenfallen.

Nähert man dieser Magnetnadel den Pol eines Magnetstabes, so wird ein Ende der Magnetnadel angezogen, das andere aber mit der gleichen Kraft abgestoßen. Durch entsprechende Erweiterung dieser Versuche erkennt man dann, daß sich die gleichnamigen Pole abstoßen, die ungleichnamigen anziehen.

Hierin liegt eine gewisse Uebereinstimmung mit den Erscheinungen der Elektrizität.

Zerbricht man einen Magnetstab und untersucht seine Bruchteile, so findet man, daß jeder einzelne derselben wieder einen Magnet darstellt, bei dem die Polarität der ursprünglichen gleichgerichtet ist. Fig. 63. Ein analoges Verhalten, das auch die einzelnen Metalle der Spannungsreihe in Bezug auf die Polarität zur ganzen Reihe zeigen.



Fig. 63.

Aluminium steht ziemlich am negativen Ende der Spannungsreihe, Kupfer an der positiven Seite, noch höher aber als dieses steht Silber.

Zu einem Elemente vereinigt, wird Kupfer den positiven Pol, Aluminium den negativen ergeben. Schließt man aber Kupfer

und Silber zu einem Elemente, so gibt Kupfer nun den negativen Pol, während Silber positiv bleibt.

Man kann den Magnetstab aber auch mit einer in Serie geschlossenen Batterie vergleichen, wobei die einzelnen Molekularmagnete die Elemente darstellen. An welcher Stelle man auch die Batterie unterbricht, bleibt immer der positive Pol des einzelnen Elementes am Ende, der positive Pol der Batterie und umgekehrt der negative Pol des letzten einzelnen Elementes, der negative derselben.

Bringt man in die Nähe eines Magneten ein Stück weiches Eisen, so kann man an diesem gleichfalls eine magnetische Kraft nachweisen, und zwar besitzt dieses Eisen Pole wie der Magnet, die auch in gleicher Richtung liegen, so daß der ungleichnamige Pol dem Magnetpole zugekehrt, der gleichnamige aber demselben abgewendet ist.

Es besteht also ähnlich wie bei den elektrisch geladenen Körpern eine Influenzwirkung, indem sich die Molekularmagnete richten und dem Magneten den ungleichnamigen Pol zukehren.

Durch den Umstand jedoch, daß jeder Molekularmagnet beide Pole besitzt, ist es nicht möglich, wie bei der influenzierten Elektrizität, die eine Art von Magnetismus abzuleiten, weshalb im influenzierten Magneten stets beide Pole enthalten sein müssen.

Auch der influenzierte Magnet kann auf andere Körper wieder influenzierend wirken und da sich stets die ungleichnamigen Pole gegenüberstehen, findet eine kräftige Anziehung statt. Dies wird am besten ersichtlich, wenn man einen Stahlmagnet in Eisenfeilspäne oder sonstige kleine Eisenstückchen taucht, welche kettenartig an den Polen hängen bleiben und Strahlen bilden. Sie sind einem zweifachen Einflusse der magnetischen Kräfte unterworfen; dem der Anziehung der ungleichnamigen Pole, (Bildung der Kette) und dem der Abstoßung der gleichnamigen Enden der Glieder, (Scheidung in Strahlen. Fig. 64.)

Entfernt man die Eisenstücke vom Magneten, so verlieren sie die ihnen influenzierte Kraft und werden wieder unmagnetisch.

Dagegen bleibt bei influenzierten Stahlkörpern ein Teil des Magnetismus zurück, der umso größer ist, je öfter man sie influenziert. Auch innerhalb der verschiedenen Stahlsorten machen

sich in Bezug auf die Grenze der Magnetisierungsfähigkeit größere Unterschiede geltend. Als für Magnete besonders vorzüglich geeignet, ist der Wolframstahl an erster Stelle zu nennen.



Fig. 64.

Permanente Magnete sollten deshalb stets aus Wolframstahl erzeugt werden.

Der Magnetstab ist eine Form des Magneten, welche sich nicht für alle Zwecke eignet. Es tritt oft die Notwendigkeit ein die Pole möglichst nahe beisammen zu haben. Eine größere magnetische Kraft ist aber nur durch längere Stäbe zu erhalten.

Deshalb biegt man letztere Hufeisenförmig, so daß sich die Pole nähern und beide gleichzeitig auf einen Körper influenzierend wirken können wodurch natürlich ihr Einfluß wesentlich verstärkt wird. (Fig. 65.)



Fig. 65.



Fig. 66.

Bringt man an den Polen eines Hufeisenmagneten ein Eisenstück an, (Anker) (Fig. 66) daß die beiden Pole ganz verbindet, so

ist die Wirkung nach außen eine sehr geringe, man sagt der Magnet sei geschlossen.

Zur Verstärkung der Wirkung eines Stahlmagneten kann man auch mehrere gleichartige Magnete derart miteinander verschrauben, daß die gleichnamigen Pole sich decken. (Lamellen-Magnete). (Fig. 67 u. 68.)



Fig. 67.



Fig. 68.

Die Kraftäußerung ist am intensivsten an den Polen und wird um so geringer, je näher man der Mitte des Magneten kommt, woselbst die Kraftäußerung nach außen gleich null ist. Hier werden eben die Molekularmagnetchen durch ihre influenzierende und sich gegenseitig bindende Wirkung der nach den Enden zu liegenden Molekularmagnetchen derart beeinflußt, daß sie nach außen keine Wirkung ausüben können.

Die Pole eines Magneten beeinflussen sich aber gegenseitig. Sehr anschaulich wird dies klar, wenn man auf einen horizontal gehaltenen Papier Eisenfeilspäne streut und einen Stabmagneten von unten dem Papiere nähert. Erschüttert man das Papier, so ordnen sich die Feilspäne in Linien, welche die einzelnen Punkte der Pole miteinander verbinden, indem sie Kurven bilden. (Fig. 69.)

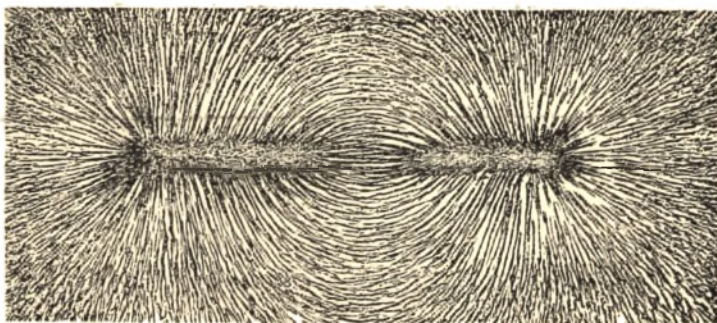


Fig. 69.

In diesen Linien, den Kraftlinien, konzentrieren sich die Kräfte, deren Richtung in irgend einem Punkte einer Kurve die Tangenten an diesem Punkte bestimmt.

Bei ungleichartigen Polen vereinigen die Kraftlinien die Pole, bei gleichartigen Polen streben die Kraftlinien auseinander. (Fig. 70.)

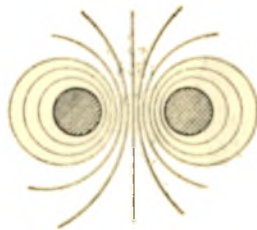


Fig. 70.

Schon vorher haben wir erfahren, daß die Stücke eines zerbrochenen Magneten wieder vollständige Magneten darstellen, also selbst an den in der neutralen Zone der ganzen Magneten gelegenen Enden des zerbrochenen Kräfte wirken, die früher nicht beobachtet werden konnten. Die Kräfte waren also schon vorhanden, aber durch die entgegengesetzten Kräfte gebunden. Beim Zerbrechen des Magneten fällt diese Einwirkung weg, die sich beeinflussenden Kräfte werden frei und können daher nach außen wirken.

Die nach außen wirkende Kraft eines Magneten ist daher freie Kraft und wird als freier Magnetismus bezeichnet.

Die Stärke dieses freien Magnetismus hängt von der Zahl der Kraftlinien ab, diese von der Art des Stoffes des Magneten und der an ihm geleisteten Magnetisierungsarbeit. Es läßt sich also von vornherein durch die Wahl eines geeigneten Stahles (Wolframstahl ist hierzu der beste) das Resultat günstig beeinflussen. Doch ist der Magnetisierungsarbeit eine Grenze gesetzt, in dem jedes Material per 1 cm² Querschnitt nur eine bestimmte Zahl von Kraftlinien aufnehmen kann. Wenn deren Maximalzahl also erreicht ist, hätte auch ein weiteres Magnetisieren keinen Erfolg mehr.

Durch Versuche wurde eine Formel für die Berechnung der Tragkraft von Stahlmagneten gefunden, unter der Voraussetzung, daß diese das Maximum der freien Kraftäußerung erreicht haben.

und zwar ist das Gewicht des Tragsmagneten in der Formel aufgenommen und mit P bezeichnet. Die Last welche man dem Magneten anhängen kann, bezeichnen wir mit Qu so ist

$$Q_u = 1033 \sqrt[3]{V P_2}$$

Das Magnetisieren von Stahlmagneten geschieht durch Streichen mit einem Magneten, wozu sich in bester Weise Elektromagnete eignen, weil diese stärker sind. Das Streichen darf nur mit einem und denselben Pole vorgenommen werden und darf nur in derselben Richtung erfolgen (Fig. 71.)



Fig. 71.

Stahlstäbe und Hufeisenmagnete werden auch sehr kräftig magnetisiert, wenn man sie mit einem Pole in die hohle Spule eines sehr kräftigen Elektromagneten hineinhängt.

Der Stahl muß natürlich gehärtet sein, da er sonst in kürzester Zeit seinen Magnetismus verliert.

Glüht man einen permanenten Magneten aus, so verliert er ebenfalls den Magnetismus, man muß, um ihn wieder zu magnetisieren, zuerst härten und in der beschriebenen Weise neu magnetisieren.

Um einem permanenten Magneten ständig seine Kraft zu erhalten, bezw. diese zu stärken und auf ihre größte Leistungsfähigkeit zu bringen, verbindet man seine Pole durch einen weichen Eisenkern, der in seinen Dimensionen so gewählt ist, daß er die Pole um etwas überragt, so daß möglichst alle Kraftlinien durch den Anker laufen. Durch allmähliches Beschweren, indem man kleine Gewichtchen an den Anker anhängt, kann die Grenze der Tragfähigkeit etwas hinaufgeschoben werden.

Durch wiederholtes plötzliches Abreißen des Ankers von den Polen, wird die Kraft des Magneten geschwächt.

Nach längerer Zeit nimmt dieselbe auch von selbst ab, so daß die Verwendungsdauer der Magnete eine begrenzte ist.

Ein anderer Erklärungsversuch stützt sich auf die Transversalschwingungen eines Stoffes, welcher den Weltraum erfüllt und der um die Achse eines magnetisierten Körpers derart schwingt, daß in Folge der Fliehkraft die Teilchen dieses Stoffes einen Zug an den Polen in achsialer Richtung gegen die Mitte des Magneten zu ausüben, indem sich die Wellen an dieser Stelle nach außen zu erweitern trachten. Dasselbe findet ja auch bei der Rotation der Erde statt, deren Durchmesser am Aequator ein größerer ist, als von Pol zu Pol gemessen.

Diesem Zuge unterliegen manche Stoffe besonders stark, indem sie imstande sind, die Wellenlänge derart zu vergrößern, daß sie den in die Nähe gebrachten Körper einschließen und durch den Zug zur Mitte beeinflussen.

Diese Theorie entstammt dem Bestreben, alle Kräfte einer gemeinsamen Ursache zuzuschreiben, deren Folge eine Konzentration der gesamten Zweige der Wissenschaft wäre.

In ähnlicher Weise existieren mehrere Theorien. Wer sich hierfür interessiert lese J. Zacharias.



Elektromagnete.

Bewickelt man einen Stab aus weichem Eisen mit einem isolierten Draht und schließt letzteren an eine Stromquelle, so zeigt der früher gänzlich unmagnetische Eisenstab, so lange er vom Strome umflossen wird, dieselben Erscheinungen, die man an einem Stahlmagneten wahrnehmen kann.

Mit einer Magnetnadel oder einem anderen Magneten kann man auch nachweisen, daß der Eisenstab Pole besitzt, welche durch die Stromrichtung bestimmt werden, so daß man aus dieser auf die Polarität der Stabenden schließen kann. Dies ermöglicht am einfachsten die Ampèrische Schwimmregel:

Denkt man sich eine Person in der Richtung des Stromes durch den Leiter schwimmen, das Gesicht dem Eisenkerne zugewendet, so liegt der magnetische Nordpol zur linken Hand des Schwimmers.

In seiner Umkehrung läßt sich dieser Lehrsatz auch zur Bestimmung der Stromrichtung verwenden, wenn uns diese unbekannt, aber die Polarität des Eisens gegeben ist.

Die magnetische Kraft eines Eisenstabes kann unter Umständen bedeutend größer sein als die eines Stahlstabes.

Um dies nachzuweisen, steckt man nacheinander zwei in gleichen Dimensionen gleichartige Stäbe aus Stahl und weichem Eisen in eine Magnetspule und magnetisiert jedesmal mit derselben Stromstärke.

Beim Stahlstab ist ein langsames Anwachsen des Magnetismus, bis zur Maximalgrenze seiner Magnetisierungsfähigkeit durch den seine Windungen umfließenden Strom zu beobachten.

Beim Unterbrechen des Stromes bleibt aber der Magnetismus in ziemlich starkem Maße zurück.

Das weiche Eisen wird dagegen beinahe sofort beim Einschalten des Stromes bis an seine, für die Stromstärke geltende Grenze der Magnetisierungsfähigkeit magnetisch, und verliert diese Eigenschaft ziemlich rasch beim Unterbrechen des Stromes.

Ein Vergleich der magnetischen Kräfte ergibt, daß bei gleichen Stromstärken das Eisen bedeutend stärker magnetisch erregt wird als der Stahl.

Da die Stärke der magnetischen Kraft von der Zahl der Kraftlinien abhängt, so läßt sich daraus ableiten, daß durch einen gewissen Querschnitt im Eisen eine größere Zahl von Kraftlinien durchgeht als im gleichen Querschnitte durch den Stahl.

Beziehen wir in unsere Untersuchungen noch das Gusseisen ein, welches unter dem Namen Grauguß verwendet wird, so lehren uns diese, daß das Gußeisen in Bezug auf rasches Magnetisieren, ohne bedeutende Remanenzwirkung dem Weicheisen näher kommt als Stahl, die Grenze seiner Magnetisierungsfähigkeit aber weit hinter der des Weicheisens zurückbleibt.

Auf diese Grenze der Magnetisierungsfähigkeit übt das Material einen gewissen Einfluß aus, so daß die im Allgemeinen angegebenen Werte im besonderen Falle nicht immer stimmen müssen.

Nachdem wir uns in den Kraftlinien den Weg der magnetischen Kraft vorstellen solcher Art, daß beispielsweise ein beweglicher Punkt, dem die Polarität des magnetischen Nordpols zukommen würde (in Wirklichkeit gibt es keinen solchen, da wie erwähnt, selbst der Molekularmagnet zwei Pole besitzt), sich in irgend einer der Kraftlinien in der Richtung vom Nordpol zum Südpol bewegen müßte, weil er vom Nordpol abgestoßen, vom Südpol angezogen wird, müssen wir uns auch wieder die Kraftlinien im Innern des Eisenstabes vom Süd- zum Nordpole zurückkehrend denken.

In diesem Sinne bilden nun die Zahlen der Kraftlinien, welche durch den gleichen Querschnitt verschiedener Stoffe hindurchgehen, wenn die erregende Kraft die gleiche bleibt, Verhältnisswerte der Größe der magnetischen Leitungsfähigkeit des betreffenden Stoffes bei demselben Querschnitte.

Bringen wir alle diese gefundenen Werte in ein Verhältnis zu dem gleichartigen Wert irgend eines Stoffes (z. B. Luft), so erhalten wir die spezifischen Werte, die als magnetische Permeabilität bezeichnet werden.

Das Verhalten der Permeabilität dem Magnetismus gegenüber ist daher das gleiche, wie das des spezifischen Leistungsvermögens der Leiter gegenüber dem elektrischen Strome.

Weitere Versuche ergaben, daß bei gleichem Materiale und gleichen Dimensionen des Eisenstabes die magnetisierende Kraft innerhalb gewisser Grenzen in einem direkten Verhältnis zur Stromstärke und der Zahl der um ihn herumgeführten Drahtwindungen steht.

Nehmen wir an, daß die Windungszahl 200, die Stromstärke aber 2 Ampere sei, so wird die auf ihn einwirkende Kraft zweimal so groß, wenn die Windungszahl zweimal so groß wird, und zweimal so klein, wenn die Stromstärke die Hälfte wird. Dasselbe ist auch umgekehrt der Fall. Bezeichnen wir die magnetische Kraft mit m , die Windungszahl mit n , die Stromstärke mit i , so ist im zweiten Falle:

$$m \propto \frac{n^2 i^2}{2}$$

oder wie im ersten Falle

$$m \propto n \cdot i$$

Die Stärke der magnetisierenden Kraft läßt sich also ausdrücken durch das Produkt: Windungszahl mal der Stromstärke, kurzweg Ampèrewindungen genannt.

Man kann also die beiden Faktoren dieses Produktes beliebig verändern, solange hierdurch das Produkt nicht selbst verändert wird, bleibt die magnetisierende Kraft dieselbe.

Sie wächst mit dem Produkte und wird mit ihm kleiner!

Wir haben bereits beim permanenten Magneten gesehen, daß beispielsweise Eisenkörper, welche in seine Nähe gelangen, gleichfalls magnetisch werden.

Der Magnet wirkt also influenzierend auf das Eisen ein.

Dieselbe Eigenschaft kommt natürlich dem Elektromagneten auch zu, dessen Kraftsphäre ebenfalls in weitem Raume die Pole umgibt.

Den Raum, innerhalb dessen er auf andere Stoffe induzierend wirkt, heißt man sein magnetisches Feld, und dies reicht so weit, als die Kraftlinien des Magneten den Raum durchschneiden.

Da durch die Induktionswirkung in dem dem Magnetpol genäherten Ende des Eisenteiles der entgegengesetzte Pol induziert wird, strömen nicht nur von dem Pole des Magneten Kraftlinien aus, sondern auch von dem induzierten Pole des Eisenstückes. Hierdurch wird die Dichte der Kraftlinien, also die Stärke des magnetischen Feldes wesentlich vergrößert.

Die Zahl dieser von dem induzierten Magneten ausgehenden Kraftlinien heißt man die magnetische Induktion.

Auch sie muß bei der Konstruktion von Magneten berücksichtigt werden.

Unsere Versuche bei der, mittels des elektrischen Stromes vorgenommenen Magnetisierung des Stahlstabes ergaben, daß es längere Zeit dauerte, bis der Stahl die gewisse Grenze seiner magnetischen Kraft erreichte, daß er einen Teil derselben auch dann noch behielt, als der Strom ihn nicht mehr umschloß.

Man nimmt an, daß diese Erscheinung durch die größere Unbeweglichkeit seiner Molekularmagneten hervorgerufen wurde, also in der Lagerung seiner Moleküle liegt.

Diese Eigenschaft tritt bei gutem weichen Eisen nur in geringem Maße auf, immerhin wirken auch hier dem Ausrichten der Molekularmagnete beim Magnetisieren Widerstände entgegen,

gewissermassen Reibungswiderstände gegen das Ausrichten der Molekularmagnete, desgleichen auch dem Entmagnetisieren. Diesen Widerstand heiß man die Koerzitivkraft.

Beim Ueberwinden dieses Widerstandes wird Wärme entwickelt, welche sich bei häufigem Unterbrechen und Schließen des Stromes summierend unter Umständen unangenehm bemerkbar machen kann.

Die Erwärmung im Eisen wird auch durch andere Ursachen hervorgerufen.

Bei häufigem Oeffnen und Schließen des Stromkreises, bei raschem Polwechsel durch Stromwechsel, treten in der Eisenmasse Wirbelströme auf, die nach ihrem Entdecker Foucaultsche Ströme heißen.

Bei Magneten mit pulsierenden Strömen und Wechselströmen mit hoher Frequenz sind die Eisenteile aus dünnen Blechstücken zu machen, die entweder durch den ihnen anhaftenden Zunder voneinander isoliert werden, oder denen man Papierzwischenlagen gibt, wodurch das Auftreten der Wirbelströme verhindert wird.

Die Größe der zwischen dem Pole eines Magneten und einem in seinem Felde befindlichen Eisenkörper herrschenden Kraft hängt von der Feldstärke und der Entfernung des Körpers vom Pole ab, so zwar, daß die Anziehungs, bezw, Abstoßungskraft mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt.

Daher ist die Kraft m

$$m = r\sqrt{F}$$

worin r die Entfernung der beiden Pole und F die Feldstärke ist.

* Die Feldstärke selbst ist, wie wir schon wissen, die Summe der Kraftlinien, welche vom Magnetpole ausgehen.

Die Zahl der Kraftlinien hängt von der magnetisierenden Kraft, das ist die Ampèrewindungszahl, ferner von der Permeabilität des Magnetkörpers und dem Querschnitte der Magnetkörper ab.

Der magnetische Widerstand, dem Leitungswiderstand des elektrischen Stromes entsprechend, hängt von dem Querschnitte und der Länge des Magnetstabes ab.

* Hier tritt eine der elektrischen Influenz ähnliche Erscheinung auf, indem durch die Hervorrufung eines stärkeren Feldes eine erhöhte Induktion, durch diese eine neuerliche Verstärkung des Feldes usw. eintritt, bis eben die Grenze der Feldstärke für den betreffenden Fall erreicht ist.

Hieraus lassen sich nun die Regeln ableiten, nach welchen man einen Elektromagneten zu bauen hat, um die größtmögliche Leistung zu erhalten. Es ist zu achten auf:

a. Eine genügende magnetische Induktion, welche sich ergibt, wenn: 1. der Anker in seinen Dimensionen derart gewählt wird, daß die Kraftlinien des Magneten alle durch ihn hindurchgehen können, ohne zu streuen; aus diesem Grunde muß er etwas größer sein als die Pole des Magneten, um diese vollständig zu decken. 2. bei der Anwendung von Hufeisenmagneten oder Topfmagneten, weil diese eine größere Polstärke besitzen, indem sie sich durch magnetische Induktion gegenseitig beeinflussen und zwar um so mehr, je näher sich die Pole stehen.

b. Auf eine genügende Permeabilität (magnetische Leitungsfähigkeit). 1. durch die Wahl eines geeigneten Eisens, welches vor der Verwendung sorgfältig gegläht und entzündert werden muß, 2. durch die Annahme eines möglichst großen Querschnittes des Magnetstabes und Vermeidung überflüssiger Längen.

c. Durch die Vermeidung von größerer Erwärmung, weshalb bei Magneten, in denen die Erregung durch Wechselstrom (mit hoher Frequenzzahl) erfolgt, Eisenkörper aus dünnen Blättchen mit Papierzwischenlagen gemacht werden müssen.

(Bei gewöhnlichen Magneten, die durch Gleichstrom erregt werden, erübrigt sich diese Maßregel.)

d. Durch eine entsprechend hohe Ampèrewindungszahl, wobei mit Rücksicht auf die Stromquelle und die Kontakte möglichst geringe Stromstärken verwendet werden sollen.

Die Wahl der Stromstärke hängt von verschiedenen Umständen ab und macht eine nähere Erklärung notwendig.

Im allgemeinen haben wir schon festgestellt, daß die Feldstärke mit der Ampèrewindungszahl wächst. Da aber die Grenze der Feldstärke durch die spezifischen Eigenschaften des Magnetmaterials und seinen Dimensionen, ferner durch den Abstand des Ankers vom Pole, der ja auf den magnetischen Widerstand von Einfluß ist, bestimmt wird, ist die Zunahme der magnetischen Kraft nicht in ein direktes Verhältnis zur Ampèrewindungszahl zu stellen.

Graphisch dargestellt würde die erzielte magnetische Kraft eine Kurve ergeben, die anfangs rapid steigt, und später sich abkrümmend gegen das Ende der magnetischen Sättigung fast horizontal bewegt, also an dieser Grenze die Mehraufwendung von magnetisierender Kraft keine merkliche Veränderung der Feldstärke hervorbringen würde und deshalb geradezu eine Energieverschwendung bedeutet. Ueber diese Verhältnisse geben uns einige Versuche Aufschluß.

Denken wir uns den Raum einer Magnetspule mit einem Draht von der Stärke d ausgefüllt, so erhalten wir n Windungen, die mit der Stromstärke i eine Magnetisierungskraft m ergeben. Es ist

$$m = i n.$$

Nehmen wir den Durchmesser des Drahtes mit $d/2$ an, so nehmen den gleichen Raum, den früher eine Drahtwindung bedurfte, 4 Windungen des um die Hälfte dünneren Drahtes ein. Fig. 72.

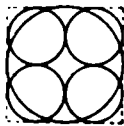


Fig. 72.

Die Länge des Drahtes wird deshalb 4 mal so groß, der Querschnitt 4 mal so klein. Der Widerstand der Spirale, welcher mit der Länge des Drahtes größer, im Verhältnis zu Zunahme des Querschnittes aber kleiner wird, wächst um das 16 fache.

Ist der Widerstand der Drahtspirale w , deren Länge l , deren Querschnitt qu , der spezifische Widerstand S , so ist:

$$w = \frac{l \cdot S}{qu}$$

Wenn also die Länge des Drahtes wie in unserem Beispiele 4 mal so groß wird, weil der Querschnitt 4 mal kleiner wurde, so ist

$$w = \frac{4 \cdot l \cdot S}{\frac{qu}{4}} \quad \text{oder}$$

$$w = \frac{4^2 \cdot l \cdot S}{qu}$$

Im Stromkreise ist $i = \frac{e}{W}$ wobei sich W zusammensetzt aus $w_1 + w$, worin w_1 den äußeren Widerstand im Stromkreis und e die Klemmenspannung an der Stromquelle bezeichnet, w der Widerstand der Spule ist.

Für unsern ersten Fall ist daher

$$i = \frac{e}{w_1 + w} \text{ und daher}$$

$$m = \frac{n \cdot e}{w_1 + w} \text{ oder } m = \frac{n \cdot e}{w_1 + \frac{l \cdot S}{qu}} \text{ bzw.}$$

$$m = \frac{qu \cdot n \cdot e}{qu \cdot w_1 + l \cdot S}$$

Da im zweiten Falle n , viermal so groß ist, qu aber $\frac{1}{4}$, so ist unter gleichzeitiger Berücksichtigung der übrigen veränderten Werte

$$m = \frac{4 n e}{w_1 + \frac{4^2 l S}{qu}} \text{ oder}$$

$$m = \frac{qu \cdot 4 n e}{w_1 qu + 4^2 l S}$$

Bei gleichem Volumen der Magnetspulen wird also die magnetisierende Kraft im selben Verhältnis kleiner wie der Querschnitt des Wicklungsdrahtes kleiner wird, wobei die Voraussetzung gilt, daß der äußere Widerstand im Leiter möglichst klein sei. Ist der Widerstand der Spule kleiner als der des Leiters, so wird dieses Verhältnis in bezug auf die magnetisierende Kraft günstiger, aus welcher Ursache auch bei sehr schwachen Strömen, Spulen mit dünnem Draht und vielen Windungen verwendet werden.

Wenn der Widerstand im Leiter sehr klein ist, so daß man ihn einfach vernachlässigen kann, wird die Stromstärke ausschließlich durch den Widerstand der Magnetspule und der angenommenen, immer gleichen Spannung bestimmt.

Dann tritt bei gleichem Volumen der Spule mit der Vermehrung der Windungszahl im quadratischen Verhältnis die Verminderung der Stromstärke ein, weil der Widerstand zunimmt. Es geht also die Magnetisierungsstärke im selben Verhältnis her-

unter als die Windungszahl zunimmt, bzw. der Querschnitt des Wicklungsdrahtes kleiner wird.

Ist der Widerstand des Leiters sehr groß, so läßt sich die Stromstärke nicht mehr ausschließlich durch die Variation des Spulenwiderstandes bestimmen, dieser spielt hier eine geringere Rolle, so daß eine Vermehrung der Windungszahl sogar ein Steigen der magnetisierenden Kraft hervorrufen kann.

Das günstigste Verhältnis besteht stets dann, wenn der Spulenwiderstand dem Widerstand im äußeren Leiter gleich ist.

Würde man die Windungszahl eines Magneten durch Hinzuwickeln neuer Drahtspiralen von gleicher Stärke vermehren, so bliebe deren magnetisierende Kraft gleich, wenn der Durchmesser der Spulen nicht vergrößert, sondern deren Länge verändert wird.

Und zwar weil im selben Verhältnis zur Länge des Drahtes sein Widerstand wächst, wodurch die Stromstärke im gleichen Verhältnis abnimmt, als die Windungszahl größer wird.

Wäre e die Spannung, i die Stromstärke, w der Widerstand und n die Windungszahl, l die Länge einer Magnetwicklung, so ist:

$$m = i \cdot n$$

$$i = \frac{e}{w}$$

Wird die Windungszahl ohne Vergrößerung des Durchmessers der Spule noch um n vermehrt, also gleich $2n$, so ist dann auch der Widerstand $2w$, die Stromstärke $i/2$ die Länge aber $2l$

$$i = \frac{l}{2w} = \frac{i}{2}$$

$$m = \frac{i \cdot 2n}{2} = i \cdot n, \text{ also gleich}$$

wie früher.

Wird der Draht einfach über die Spule gewickelt, so steht die Länge und damit auch der Widerstand des Drahtes nicht mehr im gleichen Verhältnis zur Vermehrung der Windungszahl, sondern es werden, wegen Vergrößerung des Durchmessers, die Einzelwindungen länger, wodurch der Widerstand wächst, die Stromstärke aber abnimmt und mit ihr auch die Ampèrewindungszahl kleiner wird.

Eine Verstärkung der magnetisierenden Kraft tritt also nur dann ein, wenn man das Volumen der Spule vergrößert und bei gleichbleibendem, eventuell verminderten Widerstand die Windungszahl erhöht.

e. Durch eine Verminderung der Entfernung vom Pol und Anker wird gleichfalls eine sehr günstige Kraftanordnung erhalten.

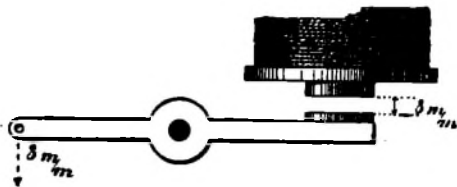


Fig. 73.

Denkt man sich die Bewegung eines Punktes an einem Ankerhebel mit 8 m/m , die an ihm wirkende Kraft gleich 10 Gramm , Fig. 73., wobei wir annehmen, dass dieser Punkt denselben Weg beschreibt als das dem Pole des Magneten gegenüberliegenden Ankerstück bis zur Berührung mit dem Pole, so ist der Hebel gleicharmig und der Zug zum Beginn der Bewegung am Magnetpole ebenfalls 10 Gramm .

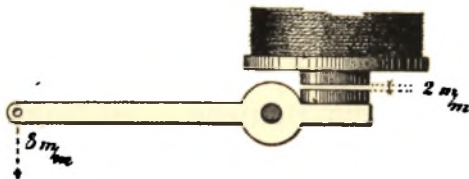


Fig. 74.

Machen wir das Verhältnis der beiden Hebelarme wie $1 : 4$, Fig. 74, wobei am Hebelarm 1 die Kraft des Magneten, am Hebelarm 4 aber die zu bewegendende Last wirkt, so muss um die gleiche Bewegung hervorzurufen, der Arm 1 den vierten Teil der Bewegung des Armes 4 machen, das ist 2 m/m .

Der Abstand des am Arme 1 wirkenden Ankers braucht deshalb vom Pole nur $8/4$ oder 2 m/m sein.

Nachdem die Anziehungskraft mit Abnahme der Entfernung ungefähr im quadratischen Verhältnis zunimmt, beträgt sie nun das 16 fache von früher, also 160 Gramm .

Das Uebersetzungsverhältnis im Hebel ist $1 : 4$, es wirken

jetzt am Ende des Lasthebels 40 Gramm gegen früher 10 Gramm. Die Kraft wächst also im selben Verhältnis als die Entfernung des Ankers vom Pole abnimmt, wenn durch Hebelübersetzung der Weg der Last gleichbleibend erhalten wird.

Auch dieser Punkt ist von besonderer Wichtigkeit und bei der Konstruktion von Magneten stets zu beachten.

Arten der Elektromagneten.

Den einfachsten Elektromagneten stellt das Solenoid dar, die Magnetspule ohne festem Eisenkörper.

Dieselbe wirkt auf ein in ihre Oeffnung gehaltenes Stück Eisen saugend, indem sie dasselbe in sich hineinzieht und unter der Voraussetzung, dass die Kraft genügend ist, in der Mitte der Spule schwebend erhält.

Die Anwendung des Solenoides in der Uhrmacherei erstreckt sich nur auf einige Spezialfälle und zwar dort, wo es sich darum handelt, an Wechselstrom mit höherer Periodenzahl einen Magneten anzuschließen, der möglichst lautlos funktioniert oder wenn man eine Auslösung an irgend einem Apparate stoßfrei elektrisch betätigen will.

Im übrigen ist der Betrieb mit dem Solenoid unökonomisch, weil mit ziemlich hohen Stromstärken gearbeitet werden muß, was schon mit Rücksicht auf die Kontakte vermieden werden soll. Jedenfalls bieten sie zum Betriebe von Turmuhrenzeigerwerken, wenn kein anderer Strom als Wechselstrom zur Verfügung steht, doch einige Vorteile.

Die Eisenkerne, welche in die Spulen eingesaugt werden, müssen bei Wechselstrom gebohrt und der Länge nach aufgeschlitzt sein, damit die Entstehung von Wirbelströmen vermieden wird. Bei 4eckiger Spulenöffnung kann der Kern aus einzelnen dünnen Eisenblechen zusammengesetzt werden, deren je zwei, durch eine Papierzwischenlage isoliert sind. Auch die Spule, die wegen der Führung des Kernes gewöhnlich aus Metall gemacht wird, muß aufgeschnitten sein. Fig. 75.

Der Kern taucht bis zu einem Viertel der Spulenlänge in dieselbe ein, darf aber wenn die Kraft ausgenützt werden soll, bei Wechselstrom nicht viel über die Hälfte in die Spule eingezogen werden, weil mit der Masse des eingesaugten Eisens die

Selbstinduktion in der Bewicklung der Spule wächst, wodurch die Stromstärke auf einen geringen Teil ihrer ursprünglichen Höhe herabsinkt.

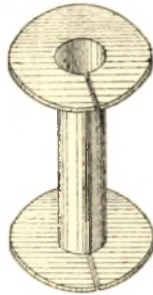


Fig. 75.

Aus diesem Grunde ist bei Wechsel und Drehstrom der Oeffnungsfunke des Kontaktes bedeutend kleiner als bei Gleichstrom.

Bei Gleichstrom kann der Weg des Kernes besser ausgenützt werden, doch liegt keine Veranlassung vor, hier Solenoide anzuwenden, es sei denn zu irgend einer Auslösung, bei welcher ein sanfter Zug auf längerer Bahn ausgeübt werden soll.

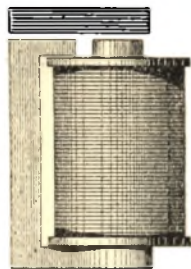


Fig. 76.

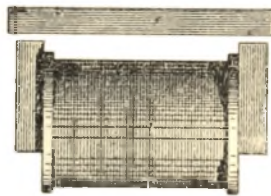


Fig. 77.

Fig. 76 und Fig. 77 zeigen zwei einspulige Magneten, an welchen durch geeignete Formung der Polschuhe die Möglichkeit geschaffen ist, die Kraftlinien zur Erlangung eines dichten Feldes möglichst ohne Streuung durch den Anker zu leiten.

Fig. 78 ist der gewöhnliche hufeisenförmige Elektromagnet, welcher sehr kräftig wirkt und am meisten zur Anwendung kommt.

Der Topfmagnet Fig. 79 besteht aus einem Eisenrohre, das am unteren Ende durch eine Eisenplatte verschlossen ist, in deren

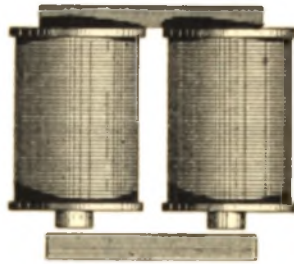


Fig. 78.

Mitte ein runder Eisenstab hinaufragt. Die Spule befindet sich innerhalb des Eisenzylinders auf dem Eisenkerne.



Fig. 79.

Dieser Magnet hat eine ungemein starke Wirkung, die nur noch von der des Magneten in Fig. 80 übertroffen wird.



Fig. 80.

Dieser Magnet hat im allgemeinen die Hufeisenform, seine Kerne bestehen aber aus 4 in einanderstehenden Röhren, deren jede von einer Spule umgeben ist, so daß jeder Schenkel 4 Spulen besitzt.

Bei 15 cm Spulendurchmesser, 17 cm Spulenlänge und einer Spannung von 18 Volt, soll dieser Magnet aus einer Entfernung

von 1 m/m eine Last von 1000 Klg. anziehen, würde also bei Verwendung einer verhältnismäßig schwachen Batterie zum Antrieb selbst großer Turmuhrzeigerwerken genügen.

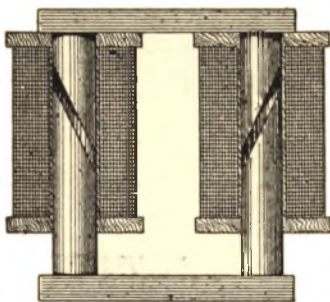


Fig. 81.

Einen dem Solenoid ähnlichen Doppelmagneten stellt uns die Fig. 81 dar. Zwei kurze Eisensäulen die miteinander durch einen eisernen Quersteg verbunden sind, befinden sich unbeweglich in den beiden Magnetspulen, während ein ebensolcher Teil mit nur etwas längeren Säulen beweglich in die Spulen taucht.

Die sich gegenüberliegenden Enden der Magnetfüsse sind abgeschrägt, so dass die Polflächen stark vergrößert sind und auch bei größerer Bewegung voneinander immer nur einen kleinen Abstand aufweisen. Die Induktionswirkung ist daher wesentlich vergrößert und das Feld dadurch verstärkt. Diese überaus sinnreiche Anordnung stammt von dem bekannten Fachschriftsteller Friedrich Testorf.

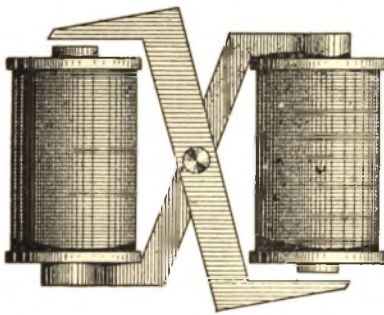


Fig. 82.

Die Anordnung Fig 82 zeigt einen zweispuligen Magneten mit schwingendem Anker, eine ähnliche Anordnung mit nur einer Spule Fig. 83.

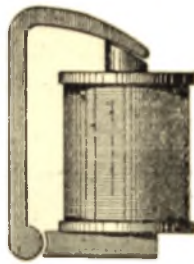


Fig. 83.

Die in den Nebenuhren und Relais von David Perret gebräuchliche Anordnung eines Magneten mit gleichfalls schwingendem Anker zeigen die beiden Abbildungen Fig. 84 und Fig 85.



Fig. 84.



Fig. 85.



Fig. 86.

Fig. 86 stellt die sehr kräftige Anordnung des Aufzugsmagneten Perret dar.

Die polarisierten Magnete.

Bei den meisten Konstruktionen der Nebenuhren kommen nur polarisierte Magnete in Anwendung, weil diese mit bedeutender Kraftersparnis arbeiten und gegen unzeitgemäßes Auslösen durch atmosphärische Einflüsse oder vagabundierende Ströme Sicherheit bieten.

Eine leichtverständliche Anordnung eines solchen Magneten zeigt Fig. 87 der Nebenuhren von Siemens & Halske.

An dem unteren Ende des kräftigen Stahlmagneten ist ein hufeisenförmiger Elektromagnet befestigt, so daß der untere Pol des Stahlmagneten durch Induktion auch an den beiden Enden des Elektromagneten wirkt. Das obere Ende des Stahlmagneten induziert in dem schwingenden Eisenanker den entgegengesetzten

Pol, so daß dieser Anker von dem einen oder andern Pol des Elektromagneten gehalten werden kann.

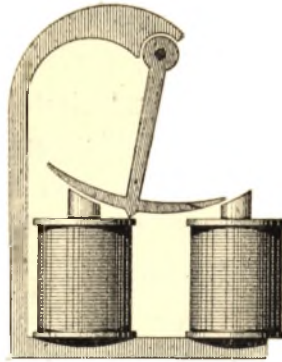


Fig. 87.

Schickt man in die Bewicklung des Elektromagneten einen Strom, welcher die Polarität des einen Poles stärkt, den andern aber umkehrt, so wird der Anker von der einen Seite abgestoßen und von der anderen angezogen. Wird aber die Stromrichtung gewechselt, so stößt nun dieser Pol den Anker ab und der erste zieht ihn wieder an.

Die Stromstärke kann also sehr klein gewählt werden, da schon der Stahlmagnet eine ziemliche Kraft ausübt, welche die des Elektromagneten verstärkt.

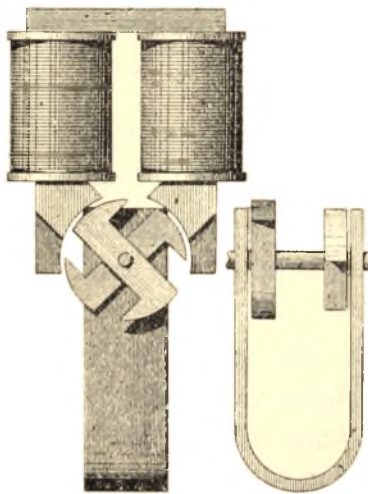


Fig. 88.

In ähnlicher Weise werden auch rotierende Anker verwendet, die unter dem Einfluß eines permanenten Magneten polarisiert werden und zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten rotieren, wobei sie durch geeignete Sperrung am Zurücklaufen verhindert werden.

Diese zuerst von Grau konstruierte Anordnung (Fig. 88) besteht aus einem weispuligen Elektromagneten. Die beiden Pole des Stahlmagneten induzieren in dem über ihnen rotierenden S förmigen Eisenanker eine magnetische Kraft.

Durch Wechsel der Stromrichtung wird ein Polwechsel des Elektromagneten erreicht. Der Anker wird also wechselnd von einem Pole angezogen, vom anderen abgestoßen. Da diese Bewegung eine in gleicher Richtung fortschreitende ist, rotiert der Anker.

Die übrigen Konstruktionen sind durchaus nur Varianten dieser Grundtypen und brauchen daher nicht einzeln vorgeführt zu werden.

Ein Hauptvorteil der polarisierten Magnete liegt darin, daß die beim Gleichstrom auftretenden Remanenzerscheinungen hier ohne Einfluß auf die exakte Funktion der Apparate bleiben.

Die Herstellung der Wicklung des Magneten.

Die Herstellung der Wicklung der Magnete ist nicht übermäßig schwierig, doch sind auch hier einige Ratschläge am Platze.

In den Fabriken sind hierzu eigene Wickelmaschinen vorhanden, welche eine saubere gleichmäßige Arbeit liefern.

Sonst genügt auch eine Drehbank mindester Güte, welche nur zum Antrieb des Dornes, auf welchem die Spulen gesteckt werden, dient.

Vielfach werden die Spulen auch mit der Hand gewickelt, wozu ein einfaches Holzgestell nötig ist, das zur Lagerung der Spindeln dient, auf welcher die Spulen stecken. Eine Handkurbel dient zum Drehen der Spindel, eine breite Holzauflage zur Führung des Drahtes, Fig. 89.

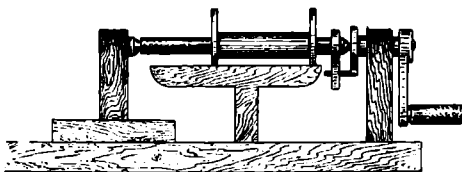


Fig. 89.

Während des Wickelns ist genau zu achten, daß die Isolierung nicht verschoben wird, weil durch Berühren blanker Stellen, einzelne Windungen oder ganze Lagen kurzgeschlossen werden, wodurch sie ihre Wirkung verlieren. Spülen feiner Instrumente werden durch Zwischenlegen dünner Seidenstoffe gut isoliert. Auch das Bestreichen mit Isolierlack (gewöhnlich schnell-trocknendem Aetherlack) erhöht die Isolierung bedeutend.

Spulen für Starkstrom müssen vorzüglich isoliert werden. Daher ist es unbedingt erforderlich, daß alle Lagen durch Papier oder imprägnierte Seide von einander getrennt werden. Auch die Anwendung von Isolierlack ist empfehlenswert.

Bei Holzspulen für Starkstrom müssen noch separate Beilagen aus Preßspan an die Schilder der Spulen gelegt, der Spulenschals aber mit dünnem Preßspan überwickelt werden. Metallspulen sind in gleicher Weise zu isolieren.

Die Versorgung der Enden ist eine sehr heikle Aufgabe, weil sie eine Quelle unendlicher Verdriesslichkeiten bildet. Wer hat sich nicht schon geärgert, wenn ihm das innere Ende des Drahtes an der Spule abgebrochen ist und die ganze Spule deshalb frisch gewickelt werden mußte!

Diesen Aerger sich und anderen zu ersparen, ist nicht schwierig.

Das innere Ende darf beim Wickeln nicht durch eine Bohrung der Spule geführt werden, sondern bleibt in genügender Länge frei, wobei man es neben der inneren Fläche des Spulenschildes herausführt. Durch eingelegte Kartonstücke hält man eine Preßspanscheibe, welche die Grenze der untersten Schicht bildet, vom Spulenschild weg und wickelt die Spule fertig. Sodann werden die Kartonstücke vorsichtig nach und nach herausgenommen, wobei man an deren Stelle das lange Ende des inneren Spulendrahtes spiralförmig zu einer Schicht aufwickelt. An der Peripherie kann das Ende durch eine Bohrung der Spule

geführt werden, wie auch das äußere Ende solcherart vor Abwicklung geschützt wird.

Bricht nun wirklich einmal das innere Drahtende ab, hat man genügend Draht in der Spirale um den Anschluß wieder herzustellen.

Ueber das Wickeln selbst ist wenig zu sagen. Die Windungen müssen stramm nebeneinander liegen und bis in die Ecken der Spulen gelagert werden, damit die Windungen der folgenden Lagen nebeneinander flach liegen.

Da die Isolation aber nicht immer gleich stark ist, legt man, um die letzten Windungen vollständig glatt zu erhalten, einen über die ganze Länge der Spule reichenden Kartonstreifen um diese herum und wickelt die letzten beiden Lagen darüber, wodurch die Spule ein reines Aussehen erhält.

Wenn die Spule mit besonders dünnem Draht bewickelt wird, ist es notwendig, für die innerste und äusserste Lage einen dicken Draht zu nehmen, damit das Abbrechen der Enden, welche zu den Klemmen führen, verhindert wird.

Die Verbindung der Spulendrähte beim Anschluss des dicken an dem dünnen in diesem Falle ebenso als dann, wenn ein Draht innerhalb der Spulen reißt und verbunden wird, ist zu löten, und nachdem die Lötstelle gut gereinigt wurde, mit einem dünnen Guttaperchaband oder Paragummiband zu isolieren.

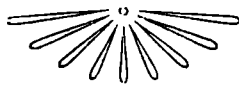
Wenn die innerste Lage aus dickem Drahte gewickelt wurde, an dem ein dünner Draht angelötet ist, muß man diese erste Lage mit einem schwachen Karton überdecken, damit der dünne Draht sich glatt darüber wickelt.

Die Länge der Eisenkerne ist so zu bemessen, daß sie unbedingt ein wenig aus den Spulen herausragen. Der Durchmesser des Kernes ist mit einem Drittel des Spulendurchmessers zu wählen. Der Anker muß so dimensioniert werden, daß er unbedingt über die Polenden des Magneten hinausragt, weil sonst eine Zerstreung der Kraftlinien stattfindet, welche das Feld schwächt.

Um bei Ankern, die direkt von den Polen angezogen werden, die Remanenzwirkung aufzuheben, werden in die Polschuhe Kupferstifte eingebohrt, die den Anker um den Bruchteil eines Millimeters von den Polschuhen abhalten und eine direkte

Berührung verhindern. Sonst würde der Anker, auch nachdem der Strom unterbrochen wurde, an den Polen haften bleiben.

Es kommt bei minderem Material vor, daß Magnete nach längerer Zeit solche Remanenzerscheinungen zeigen, die dann störende Einwirkungen auf die Funktion der Apparate ausüben. Solche Magnete werden gut gegläht und können sodann wieder verwendet werden.



Die magnetelektrische Induktion und die elektrische Induktion.

Bewegt man einen geschlossenen Leiter durch das Feld eines Magneten, so entsteht in diesem ein Strom.

Dasselbe findet auch dann statt, wenn man den Magneten in der Nähe des geschlossenen Leiters so bewegt, daß letzterer die Kraftlinien schneidet oder sich die Zahl derselben innerhalb des Leiters verändert.

Es entsteht aber auch ein Strom in einem Leiter, wenn er in dem Bereiche des Feldes eines Elektromagneten liegt und der Strom in letzteren ein oder ausgeschaltet oder in seiner Stärke variiert wird.

Diese Erscheinungen heißt man die magnetelektrische Induktion.

Lenz stellte im Jahre 1834 den folgenden Lehrsatz auf, in welchem die Gesetzmäßigkeit dieser Erscheinungen dargelegt wird.

Er heißt:

Für jede Veränderung des vom Stromkreise umfaßten Kraftstromes, beziehungsweise der von ihm umfaßten Kraftlinienzahl, ist die Richtung der induzierten

elektromotorischen Kraft, beziehungsweise des von dieser elektromotorischen Kraft erzeugten Stromes derartig, daß der Bewegung entgegengewirkt wird.

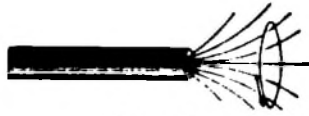


Fig. 90.

Führt man einen Draht ring Fig. 90 zum Nordpol eines Magnetstabes, so wird in dem Ring ein Strom induziert, welcher in seiner dynamischen Wirkung das Bestreben hat, den Ring vom Nordpol wegzutreiben.

Die Stromrichtung muß daher nach dem Lenz'schen Gesetz jene sein, die dem Ring als Solenoid betrachtet, an seiner dem Nordpol des Stabes zugekehrten Seite einen Nordpol induziert, also im Ring gegen den Magnet zu betrachtet, die Richtung der Uhrzeiger einnimmt. (Schwimmerregel).

Würde man den Ring vom Nordpol entfernen, müßte nach demselben Gesetze (weil die Polarität jetzt gewechselt wird) die Richtung des Induktionsstromes die umgekehrte sein.

Da jeder geschlossene Leiterring als Solenoid zu betrachten ist, und letztere wie die Magnete ein magnetisches Feld besitzen, kann man diese Erscheinungen auch an benachbarten geschlossenen Leitern beobachten. Schiebt man in eine größere Magnetspule, deren Enden mit den Klemmen eines Galvanometers verbunden sind, eine kleinere mit den Klemmen einer Stromquelle verbundene

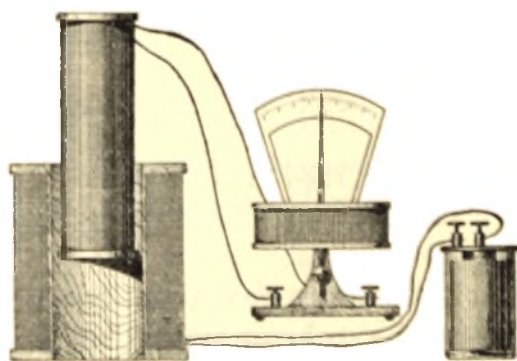


Fig. 91.

Spule, so wird im Moment der Einführung und des Herausziehens der Spule, wenn die Stromquelle genügend stark war, die Galvanometernadel ausschlagen und zwar jedesmal in einer anderen Richtung. Fig. 91.

Auch hier läßt sich die Stromrichtung des Sekundärstromes leicht bestimmen, da man jene des Primärstromes, welcher in das Solenoid fließt, kennt, also die Polarität des letzteren weiß.

Der induzierte Strom muß also in der Induktionsspule eine Polarität erzeugen, die beim Einführen die induzierende abstößt, beim Herausziehen aber zurückhält (anzieht). Im ersten Falle werden die sich nähernden Pole gleichnamig, im zweiten die sich von einander entfernenden ungleichnamig sein, woraus sich die Richtung des induzierten Stromes bestimmen läßt.

Diese Erscheinung tritt aber nicht nur bei Leitern auf, welche in engen Windungen nebeneinander liegen, sondern auch in geraden Leitern, welche nahe beisammen sind und längere Strecken gemeinsam laufen. Fig. 92.

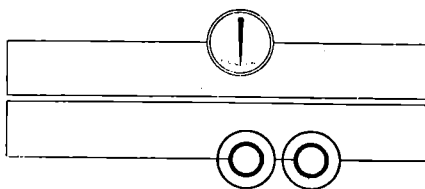


Fig. 92.

Da die Stärke dieser elektrischen Erregung von der Entfernung der beiden Drähte abhängt, indem sie umso stärker ist, als die Entfernung kleiner wird, ferner mit der Spannung des induzierenden Stromes wächst, ist bei der Verlegung von Leitungen zu achten, daß die Uhrleitungen nicht in der Nähe von Starkstromleitungen verlegt werden, insbesondere wenn diese von Wechsel- oder Drehstrom durchflossen werden.

Da die einzelnen Windungen der Wicklung eines Elektromagneten, nebeneinanderliegende Leiter darstellen, so tritt auch hier dieselbe Erscheinung auf. Beim Öffnen und Schließen induziert jede Windung in der danebenliegenden einen Induktionsstrom und da die Richtung der einzelnen Ströme die gleiche ist, summieren sie sich. Weil auch der Magnet induzierend auf seine

Wicklung wirkt, ist schon bei ganz schwachen Strömen die Stärke des induzierten Stromes eine verhältnismäßig bedeutende (Selbstinduktion).

Nach dem Gesetze von Lenz ist nun beim Schließen des Stromes die Richtung des induzierten Stromes eine dem Magnetisierungsstrome entgegengerichtete.

Wir denken uns eben die Spule als Solenoid, deren Polarität durch die Richtung des magnetisierenden Stromes bestimmt wird.

Der in den einzelnen Windungen induzierte Strom muß dieser Arbeit entgegenwirken, also eine Polarität erzeugen, welche die erste aufhebt. Demnach ist der Südpol des induzierten Solenoides am Nordpol des induzierenden, und der Nordpol des induzierten am Südpol des induzierenden Solenoides. Die Stromrichtung ist nach der Ampère'schen Schwimmerregel die umgekehrte des Magnetisierungsstromes. Der letztere wird deshalb geschwächt.

Beim Öffnen des Stromkreises wird nach Lenz wieder der induzierte Strom die Richtung annehmen, welche dem Verschwinden des Magnetismus eine Hemmung bereitet.

Eine Hemmung tritt aber nur dann ein, wenn die Polarität des induzierenden Solenoides dieselbe ist wie die des induzierten.

Daraus ergibt sich nun, daß beim Schließen des Stromes in den Windungen eines Elektromagneten ein Strom induziert wird, welcher dem Magnetisierungsstrome entgegengerichtet ist und diesen schwächt, beim Öffnen aber ein Strom erregt wird, der die Richtung des Magnetisierungsstromes hat und diesen daher verstärkt.

Die Induktionsströme sind nur von kürzester Dauer, entstehen und vergehen im Momente des Schließens, bzw. Öffnens.

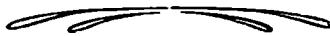
Diese Ströme, auch Sekundärströme genannt, haben eine Spannung und Intensität die von der Stärke der Magnetisierung abhängt.

Das Auftreten der Sekundärströme in den Magnetspulen ist den Zwecken der Zeittelegraphie nicht förderlich. Man bedarf verschiedener Einrichtungen, um den unschädlichen Verlauf des Induktionsstromes zu bewirken.

Die durch das Auftreten des Schließungsstromes hervorgerufene Schwächung des Primärstromes fällt hier nicht in Betracht,

dafür aber die im Momente des Oeffnens auftretende Verstärkung, welche durch einen verstärkten Oeffnungsfunken die Kontakte beschädigt.

Ein Umstand, welcher lange die Entwicklung der Zeittelegraphie hinderte, bis in neuerer Zeit auch hier Mittel und Wege gefunden wurden, diese Uebelstände ganz oder teilweise zu beseitigen, so daß Störungen durch unzeitgemäße Verbrennung der Kontaktflächen vermieden werden können.



Stromquellen.

Eine äußerst nützliche Anwendung der Elektroinduktion ist die Erzeugung des elektrischen Stromes auf mechanischem Wege, bzw. die Umkehrung desselben, die Umwandlung elektrischer Energie in mechanische. Denken wir uns in Fig. 93 eine Drahtschleife zwischen den Polen eines Magneten um ihre Symmetral-

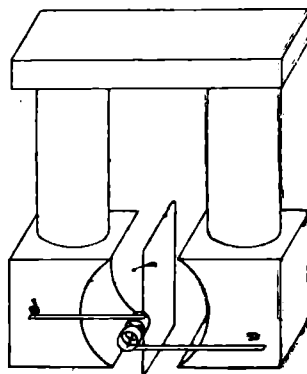


Fig. 93.

achse drehbar, so wird sie bei ihrer Bewegung die Kraftlinien schneiden. Hierbei wird in der Schleife ein Strom induziert, der durch die beiden Bürsten a, b, in ein Galvanometer geführt werden kann, welches die Stromrichtung anzeigt.

Der Induktionsstrom beginnt, wenn die Schleife ihre zu den Kraftlinien senkrechte Lage verlässt, und steigt langsam an, bis er seine höchste Stärke erreicht, wenn die Drahtschleife die Kraftlinien bei ihrer Bewegung senkrecht schneidet, das ist die Lage ihrer Ebene in der Richtung von Pol zu Pol, und sinkt dann, bis er gleich Null wird, wenn die Ebene der Schleife senkrecht auf den Kraftlinien steht. Nehmen wir an, in dieser Periode wäre die Stromrichtung jene gewesen, dass der positive Strom durch die Bürste a den Kollektor (Schleifring) verlässt, so wird bei der Weiterdrehung nun der entgegengesetzte Strom induziert, nämlich es bewegt sich jetzt der andere Teil der Schleife, welcher mit dem Ring der Bürste b verbunden ist, durch die Kraftlinien, welche dem gleichen Pol entströmen, den früher die entgegengesetzte Seite der Schleife passiert hat. Die Stromrichtung ist eigentlich dieselbe, aber die Schleife hat sich umgekehrt, so daß der Strom durch den zweiten Ring an der zweiten Bürste die Drahtschleife verläßt. Dies hat zur Folge, daß im Netze (Leitung) die Stromrichtung jedesmal wechselt, wenn die Schleife eine halbe Umdrehung gemacht hat.

Diese Anordnung zeigt uns das Prinzip einer Wechselstromdynamo, welche zum Erzeugen des Wechselstromes dient. Da die Trommel oder der Ring derselben, kurzweg Anker genannt, eine Unzahl solcher Drahtringe trägt, ist die Zahl der Wechsel der Stromrichtung eine sehr hohe. Bei den Dynamos besteht natürlich jede Drahtschleife nicht aus einer einzigen Windung, sondern bildet vielmehr eine Spule von zahlreichen Windungen, deren Enden mit den Schleifringen verbunden sind.

Wollten wir aus unserem Apparate Gleichstrom entnehmen, so müssten wir die Schleifringe teilen und die Hälften einander gegenüberstellen, wie es die Abbild. 94 zeigt.

Die Bürsten werden nun so eingestellt, daß sie gerade auf den isolierten Zwischenraum liegen, wenn in der Drahtschleife kein Strom induziert wird, wenn ihre Ebene also senkrecht auf den Kraftlinien steht. Dreht sich dann die Schleife, so geht bei-

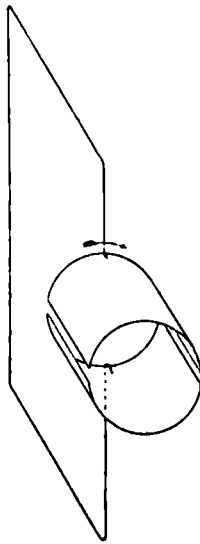


Fig. 94.

spielsweise an der rechten Bürstenfeder positiver Strom ab, ansteigend und wieder fallend, bis die Schleife eine halbe Umdrehung gemacht hat und die positive Bürste am zweiten isolierten Teil des Kollektors steht. Nun ist jener Teil der Schleife oben, der früher unten war und setzt seine Drehung fort, wobei nun der Strom wieder so induziert wird, daß der positive diesen Ast der Schleife durchfließt. Da nun aber jene Seite der Kollektorhälfte an der rechten Bürste liegt, welche mit diesem Teile des Draht-ringes verbunden ist, geht der positive Strom wieder durch dieselbe Bürste in die Leitung. Im Netze wird also nur eine Richtung des Stromes herrschen, wenn gleich er unterbrochen ist.

Dies bildet den Typ der Gleichstromdynamos, welche zur Erzeugung des Gleichstromes dienen.

Selbstverständlich besteht der Kollektor einer Dynamo nicht aus zwei Halbringen, sondern aus vielen schmalen Lamellen, so daß die Bürsten immer mehrere gleichzeitig übergreifen und deshalb gleich gerichteten, ununterbrochenen Strom abgeben.

Die Zahl der Lamellen entspricht der Anzahl der Spulen im Anker. Die Erregung des Stromes beim Anlaufe der Dynamo geschieht durch die im Eisen rückbleibende Remanenz, durch welche ein schwaches Feld zwischen den Polschuhen erhalten bleibt. Nach der Erregung der Dynamo wird gleichzeitig ein Teil des Stromes, bei manchen Arten auch der ganze, durch die

Wicklung der Magnetschenkel geschickt, wodurch ein sehr kräftiges Feld zwischen den Polen hervorgerufen wird, das die Induktionswirkung erhöht und daher einen starken Strom liefert.

Es gibt Fälle, in welchen der Uhrmacher gezwungen ist, seine Uhren und Apparate an das Netz der Lichtleitung anzuschliessen; und dies sehr häufig, weil schon viele, selbst kleinere Orte ein eigenes Elektrizitätswerk besitzen, welches Strom für Licht- und Kraftzwecke abgibt.

Der Uhrmacher muß dann in der Lage sein, beurteilen zu können, ob dies mit Rücksicht auf das gute Funktionieren der Apparate tunlich ist, und dazu muß er einigermassen die Einrichtung eines solchen Elektrizitätswerkes kennen lernen.

Die wesentlichste Voraussetzung für die ununterbrochene Stromabgabe eines Elektrizitätswerkes ist eine zuverlässige Antriebskraft der Dynamos. Als solche kommen in Betracht: Wasserräder, Wasserturbinen, Dampfmaschinen, Dampfturbinen, endlich Gasmaschinen.

Aus ökonomischen Gründen wird immer, wo eine entsprechende Wasserkraft vorhanden ist, diese zum Antrieb gewählt werden. Aus Gründen der Sicherheit des Betriebes soll aber stets eine Dampfmaschine oder Gasmaschine in Reserve stehen, welche im Falle einer Störung der Wasserkraft, die nicht nur in strengen Wintern, sondern auch wasserarmen Sommerszeiten eintreten kann, den Betrieb zu übernehmen hat. Häufig muß sie aber schon vorhanden sein, um den Betrieb zu unterstützen, wenn die Wasserkraft zu schwach ist. Eine wesentliche Garantie für den ungestörten Betrieb bietet also schon die Kraftanlage, wenn sie zweckmäßig eingerichtet ist.

Die Kraftmaschine dient zum Betriebe der Dynamos, welche den Strom erzeugen. Größere Anlagen besitzen verschiedene Reservemaschinen, insbesondere Elektrizitätswerke, welche Wechsel oder Drehstrom abgeben, da bei starker Beanspruchung des Werkes zu Zeiten wo viel Strom verbraucht wird, derselbe nur durch Vermehrung der Dynamomaschinen aufgebracht werden kann.

Der Antrieb erfolgt dann entweder gemeinsam durch Vorlege von einer Kraftmaschine, häufig aber auch getrennt durch Reservemaschinen. Der von den Dynamos abgegebene Strom wird

zu einem Schaltbrett geleitet, wo durch vorhandene Ein- und Umschalter die Vereinigung vorgenommen wird. Meßinstrumente lassen eine Ueberwachung der Spannung und Stromstärke zu, registrierende Instrumente auch eine nachträgliche Kontrolle. Verbrauchsmesser zeigen die Menge des verbrauchten Stromes an, überdies erhalten die Schalttafeln noch die Abschmelzsicherungen, die zum Schutze der Leitungen dienen und dann abschmelzen, wenn die Stromstärke eine höhere wird, als die Drähte vertragen würden. Nach dem Abschmelzen dieser Zwischenglieder ist die Leitung unterbrochen und daher stromlos.

Das Schema einer solchen Anlage für Wechselstrom ist in Fig. 95 abgebildet.

S_1 S_2 sind die beiden Sammelschienen in welche sich der Strom der beiden Dynamos vereinigt,

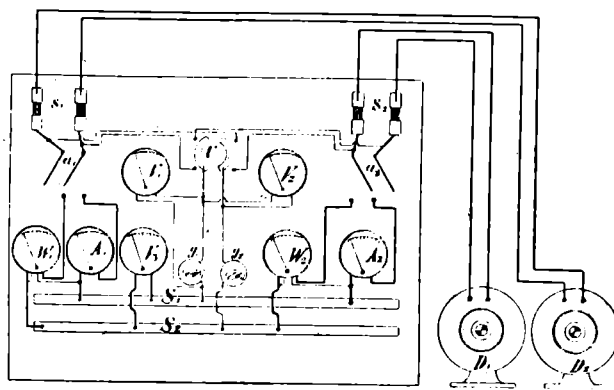


Fig. 95.

D_1 und D_2 die beiden Dynamos, die jede für sich einzeln oder aber gemeinsam Strom abgeben können.

Die Drähte führen von den Dynamomaschinen weg zu dem Schaltbrett, wo sich vorerst die Abschmelzsicherungen s_1 und s_2 befinden.

Hinter den Sicherungen zweigt eine Leitung von jeder Dynamo ab und führt zu dem Umschalter U der mit den Sammelschienen durch zwei Drähte verbunden ist, zwischen denen sich die Glühlampen G_1 und G_2 befinden. Auf der linken Seite ist parallel zur Glühlampe ein sehr empfindlicher Spannungsmesser V_1 eingeschaltet, überdies zwischen beiden Drähten der Span-

nungsmesser V_2 , welcher erlaubt, die Spannung jeder Maschine einzeln zu messen.

Die Glühlampen zeigen durch dunkles Brennen an, daß die Maschinen synchron laufen und Phasengleichheit besteht.

Die zweipoligen Ausschalter a_1 und a_2 dienen zum Einschalten der Maschinen an die Sammelschienen. Hier ist jede Maschine mit einem Ampèremeter A_1 , A_2 und einem Leistungsmesser W_1 , W_2 verbunden, während noch ein Voltmeter V_3 die Spannung der Sammelschienen mißt.

Selbstverständlich gilt dieses Schema nur für eine äußerst einfache Anlage, größere Anlagen haben kompliziertere Einrichtungen, die schon die Mehrzahl an Maschinen hervorruft.

Bei Ueberlandleitungen kommt dann oft noch die Anlage von Transformatoren hinzu.

Solche Stromerzeugungsanlagen werden, um den verhältnismäßig großen Spannungsverlust in den Leitungen zu verhindern, für Hochspannungen ausgeführt und bedürfen, um den Strom in normale Spannungen zu verwandeln, Transformatoren, die durch Induktion eine Herabsetzung der Spannung bewirken.

In der Zentrale werden auch die Schalttafel-Instrumente durch transformierten Strom beschickt.

Drehstromanlagen sind komplizierter, weil sie für 3 Leiter gebaut werden. Sonst stellt der Drehstrom nur eine Art von Wechselstrom dar, der eben statt zwischen 2 Leitern zwischen 3 wechselt. Für die Uhrmacherei kommt auch dieser nur als zweiphasiger Wechselstrom in Betracht, weil der Strom nur von 2 Leitern entnommen wird.

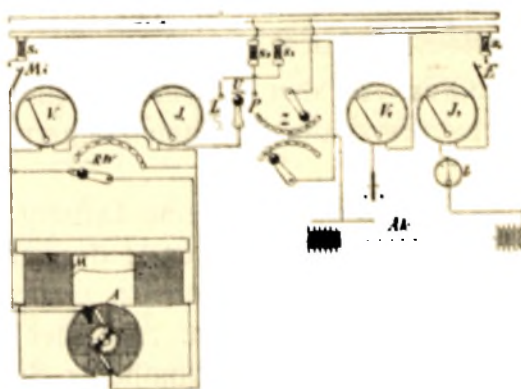


Fig. 96.

Gleichstromanlagen sind im allgemeinen ähnlich, besitzen aber noch eine Akkumulatorenbatterie, welche allein oder gemeinsam mit den Dynamos die Stromlieferung bestreitet.

Die Hauptarbeit der Dynamomaschinen bildet das Laden der Akkumulatoren. Das Schema einer solchen Anlage zeigt die Fig. 96. Der leichten Uebersichtlichkeit halber ist hier nur eine Dynamo angenommen, deren Feldwicklung M im Nebenschluß zum Anker A liegt, und durch einen eigenen Regulierwiderstand R W reguliert werden kann. Im Nebenschluß zur Dynamo ist in die Leitung ein Voltmeter V_1 , ferner an dem zu den Akkumulatorenschalter führenden Draht ein Ampèremeter J_1 angeschlossen.

Hinter den Instrumenten befindet sich der selbsttätige Minimalausschalter M_i , ferner der Umschalter U, welcher erlaubt, den Strom entweder durch den Doppelzellenschalter Z zur Ladung in die Akkumulatoren Ak, oder ausschließlich in die Sammelschienen zu führen. In der Akkumulatorenleitung befindet sich noch ein Ampèremeter J_2 ferner ein Stromrichtungsanzeiger b.

Sämtliche Leitungen sind vor Eintritt in die Sammelschienen gesichert. ($S_1 S_2 S_3 S_4$).

Denken wir uns die Akkumulatorenbatterie wäre stark entladen, das Netz draußen nur gering belastet, so läuft die Dynamo und entsendet ihren Strom durch den Umschalter U in den Kontaktknopf L, von wo sie in den Doppelzellenschalter Z geht und sich teilend, die Akkumulatorenbatterie aufladet und gleichzeitig Strom in die Sammelschienen abgibt. Ist die Ladung der Batterie beendet und mittlerweile die Belastung im Netz gestiegen, so wird der Schalter U auf P gestellt, wodurch Akkumulatoren und Dynamo parallel geschaltet sind, und wie bei parallel geschalteten Elementen eine höhere Stromentnahme erlauben.

Sinkt die Belastung im Netze, so kann die Dynamo ausgeschaltet werden und es bleibt nur der Hebel E geschlossen; die Batterie versorgt die Leitung allein mit Strom.

Daraus ergibt sich, daß die Belastungsschwankungen keinen großen Einfluß auf die Stromstärke im Gleichstrom-Netz ausüben können, daß ferner durch die Batterie, im Falle von Störungen an der Dynamo oder Kraftanlage, eine ziemlich hinreichende Aushilfe vorhanden ist. Auch die Messungen und Untersuchungen im Netz können ohne Störungen vorgenommen werden.

Dies alles macht die Gleichstromanlage zu einer verlässlicheren Stromquelle als die Wechselstromanlage ist, hierzu kommt noch der Umstand, daß für Gleichstromanschluß ohne weiteres die Apparate mit einfachen Elektromagneten ausgerüstet werden können, während bei Wechselstrom besondere Einrichtungen getroffen werden müssen. (Siehe Magnete Seite 129 und 134.)

Dagegen werden aber die Wechselstromanlagen mit Vorliebe dort gebaut; wo es gilt, den Strom über lange Strecken zu führen, weil durch Verminderung des Spannungsverlustes der Betrieb bei Wechsel- und Drehstrom ökonomischer ist.

Doch ist es auch möglich an den Stromentnahmestellen den Wechselstrom in Gleichstrom zu verwandeln, indem er durch Maschinen umgeformt wird, die dann wieder mit Akkumulatoren verbunden sind und solcherart eine Unterstation (Sekundärstation) bilden.

Ein wichtiger Faktor, von dem die Sicherheit im Betriebe wesentlich abhängt, ist die Stromzuführung von der Zentrale zur Abnahmestelle. Zweierlei Arten von Leitungen können den Strom von der Erzeugungsstelle zu den Abnehmern führen: die sogenannte Freileitung oder die Kabelleitung.

Erstere ist die billigere Ausführungsart und daher stark verbreitet, insbesondere in kleineren Orten. Ihre Sicherheit ist aber eine geringere, da besonders in strengen Wintern häufig die Porzellanisolatoren der Leitungen zerspringen, also durch häufige Reparaturen Unterbrechungen erfolgen.

Ferner ist die Mastanlage, wenn sie aus Holzstämmen besteht, nicht dauerhaft, es müssen auch hier oft Auswechslungen vorgenommen werden. Dazu kommt noch das Reißen der Drähte.

Die Kabelleitung stellt sich bedeutend teurer in der Herstellung, bietet aber ziemliche Sicherheit, da sie in der Erde vor Beschädigungen genügend geschützt werden kann. Die Leitung führt beim Stromabnehmer an einem geschützten Ort, wo noch einmal Sicherungen vorgeschaltet werden, hinter denen dann der Anschluß der Apparate vorgenommen wird. Diese Klemmen kann der Uhrmacher gewissermaßen als die Klemmen seiner Stromquelle betrachten. Dies geschieht häufig indirekt, wenn er auch hier wieder den Strom nur zum Laden einer Akkumulatoren-

batterie benützt, vorausgesetzt, daß ihm Gleichstrom zur Verfügung steht.

Direkt aber dann, wenn er seine Uhrleitung an diese Klemmen anschließt.

Für den ersteren Fall sind einige Vorrichtungen notwendig, die wir hier wiedergeben.

Die Akkumulatorenanlage.

Die Ladung der Akkumulatoren kann entweder zeitweise (periodisch) vorgenommen werden, indem man dieselbe nur nach gewissen Zeitabschnitten durch Umschalten auf den Lichtstrom aufladet, oder aber durch dauernde Einführung eines schwachen Ladestromes. Die letztere von Dr. S. Riefler vorgeschlagene Ladung bewährt sich in der Praxis vorzüglich, da in diesem Falle die Akkumulatoren stets auf längere Zeit vorgeladen sind, und daher eventuelle Störungen in der Stromzuführung des Elektrizitätswerkes nicht von Belang sind, auch reduziert sich die Ueberwachung auf ein Minimum.

Die Akkumulatorenbatterie ist an einem trockenen, gut gelüfteten Orte aufzustellen, wobei man möglichst vermeiden soll, dies in Werkstattträumen oder Wohnräumen zu tun.

Steht aber sonst kein anderer Raum zur Verfügung, muß die Batterie in einem gut schließbaren Kasten untergebracht werden, der trotzdem die Ueberwachung leicht gestattet.



Fig. 97.

Die Zellen selbst stehen auf Glas oder Porzellanfüßen, Fig. 97, welche schalenförmige Vertiefungen besitzen. Diese Vertiefungen werden mit Oel ausgefüllt und bilden dann eine solide Isolierung, wenn durch Ueberlaufen der Säure oder durch kondensierte Dünste sich Feuchtigkeit an den Außenseiten der Zellen ansetzen, und eine Ableitung der Elektrizität hervorrufen würde.

In der Nähe der Batterie ist die Schalttafel an der Mauer angebracht. Sie besteht gewöhnlich aus einer Marmorplatte, die

mittels Schrauben an Holzkeile, die in die Mauer eingelassen und vergipst sind, festgeschraubt wird. Zwischen Platte und Mauer befindet sich ein Luftzwischenraum, der dadurch geschaffen ist, daß man über die Schraubengewinde hinter der Tafel runde, rollenförmige Porzellanzwischenlagen schiebt, bevor man sie an die Mauer schraubt.

Verwendet man anstatt einer Marmorplatte eine Holztafel, so muß diese durch gefalzte Querleisten vor dem Verziehen geschützt werden.

Das Aeussere der Platte muß sich auf alle Fälle geschmackvoll und reinlich repräsentieren, weshalb man gewöhnlich poliertes oder gewachstes Eichenholz verwendet.

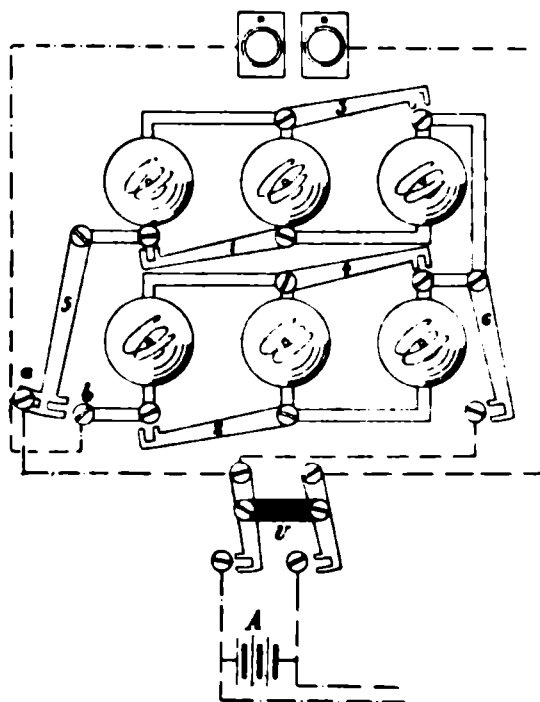


Fig. 98.

Dient das Schaltbrett zur periodischen Ladung, so befinden sich die Sicherungen, Klemmen, Schalter und der Vorschaltwiderstand auf ihm, welcher letzteren man in der Regel aus Glühlampen zusammenstellt, siehe Fig. 98. Dies ist ein einfacher und billiger Widerstand, sehr übersichtlich und leicht zu variieren. Die in der Abbildung ersichtlichen 6 Lampen sind durch Lamellen und Schalter

so miteinander verbunden, daß die mannigfaltigsten Variationen des Widerstandes herzustellen sind. Es können durch Ausschalten der Hebel 1, 2, 3, 4, und 6, ferner durch Einschalten des Hebels 5 auf Schraube a, alle Lampen hintereinander geschaltet werden.

Durch Einschalten der Hebel 1, 2, 3 und 4 sind je 3 Lampen parallel und diese beiden Widerstände hintereinander geschaltet.

Durch Stellen des Hebels 5 auf b und durch Einschalten des Hebels 6 sind alle 6 Lampen parallel. Durch Oeffnen der einzelnen Hebel 1 — 4 können nun beliebige Lampen von 2—5 parallel geschaltet werden, und wenn man den Hebel 5 sowie den Hebel 6 umstellt, kann man auch hier vielerlei Kombinationen durch Hintereinanderschaltungen und Parallelschaltungen erreichen.

Die Vervielfachung der Variationen wird noch durch Auswechslung der Lampen mit verschiedenen Widerständen, bezw. durch Einsetzen von Kurzschlußstöpsel in einzelne Fassungen vermehrt.

Der Strom passiert, bevor er in den Widerstand kommt die Abschmelzsicherungen, und führt vom Widerstand durch den Schalter in die Akkumulatoren. Anstatt der Glühlampen können auch die auf Seite 110 beschriebenen Gleitwiderstände von Abrahamson verwendet werden, die den Vorzug des geringsten Raumbedarfs haben. Fig. 1 und Fig. 2 auf Tafel I zeigen von der genannten Firma ausgeführte Ladeschalttafeln.

Für die Ladung der Akkumulatoren sind folgende Verhaltensmaßregeln zu beachten:

1) Die Batteriepole werden mit den gleichnamigen Polen der Starkstromleitung verbunden.

2) Der Ladestrom darf nur höchstens 50% stärker sein als der Entladestrom.

3) Man ladet so lange, bis die durch Aufsteigen von Luftblasen erkenntliche Gasbildung eintritt. Sodann unterbricht man auf einige Stunden und schaltet dann solange ein, bis neuerdings Blasen aufsteigen. Diese Vorgänge wiederholt man so oft, bis schon beim Einschalten des Ladestromes eine sehr kräftige Gasentwicklung erfolgt.

Die Akkumulatoren sind nun geladen, und es kann der in chemischer Arbeit aufgespeicherte elektrische Strom entnommen werden.

Wurden die Akkumulatoren ungefüllt geliefert, so werden sie natürlich zuerst mit chemisch reiner Schwefelsäure von 1.18 sp. Gewichtes so weit gefüllt, daß die Schwefelsäure etwas über die Bleiplatten reicht.

Wie in dem Kapitel Akkumulatoren schon erwähnt wurde, beträgt die Spannung einer Zelle (Bleisuperoxyd—Blei) 2 Volt. Die Anzahl der hintereinander geschalteten Zellen wird also durch die Spannung bestimmt, welche man zum Betriebe der Anlage braucht, diese wieder hauptsächlich durch die Länge der Leitung, das heißt deren Widerstand. Für kleinere Anlagen wird also eine Spannung von 4 Volt (zwei Zellen in einer Serie) ausreichen, größere Anlagen brauchen Spannungen von 6,8 bis 16 Volt. Letztere genügen schon zum Betriebe ausgedehnter Anlagen mit verhältnismäßig weit von einander entfernt liegenden Apparaten.

Für die Größe der Zellen, bzw. der Anzahl parallel geschalteter Platten ist die Stromstärke maßgebend, welche der Batterie entnommen werden soll. Das Produkt aus Zeit und Stromstärke (der Stromstärke, welche durch eine bestimmte Zeit der Batterie entnommen werden kann, bzw. der Zeit, welche eine bestimmte Stromstärke aus der Batterie zu entnehmen gestattet), heißt man die Kapazität des Akkumulators.

Beträgt die Kapazität 6 Ampèrestunden, so kann man 6 Ampère eine Stunde lang entnehmen, oder 1 Ampère 6 Stunden lang, bzw. 10 Milliampère 600 Stunden.

Um die Stromstärke zu erhalten, muß man die Klemmenspannung der Batterie durch den Widerstand im äußeren Stromkreis dividieren.

Wären in einer elektrischen Uhrenanlage 5 Magnete zu betätigen, deren Spulen je 100 Ohm Widerstand besäßen, der Leitungswiderstand 20 Ohm die Klemmenspannung der Batterie 8 Volt, so ist die aus derselben entnommene Stromstärke:

$$i = \frac{e}{w_1 + w} = \frac{8}{20 + \frac{100}{5}} = \frac{8}{40} = 0.2 \text{ Ampère}$$

Um die Batterie mindestens mit einem Zwischenraum von 30 Tagen arbeiten zu lassen, bevor sie aufgeladen wird, gibt man ihr eine Sicherheit von 15 Tagen, das macht $(30 + 15) \times 24$ Stunden, also 1080 Stunden mit 60 Kontakten per Stunde, jeden

in der Dauer von 1 Sekunde, also per Stunde mit 1 Minute Kontaktdauer.

Dies ergibt 1080 Minuten oder

$$\frac{1080}{60} = 18 \text{ Stunden}$$

18 Stunden Stromentnahme von 0.2 Ampère Stärke ergibt 3.6 Ampèrestunden Kapazität.

Es wäre also mit den kleinsten Akkumulatoren auszulangen. Dies gilt natürlich unter der Voraussetzung, daß die Anlage aus nur minutenspringenden Zeigerwerken besteht.

Sekundenspringende Zeigerwerke bedürfen natürlich mehr Strom und zwar, wenn wir die übrigen Voraussetzungen unseres Beispiels gelten lassen, 0.2 Ampère bei 60 Kontakten in der Minute von je 1/10 Sekunde Dauer, daher 6 Sekunden per Minute, 6 Minuten per Stunde und 1080 Sekunden = 6480 Sekunden oder

$$\frac{6480}{60} = 108 \text{ Stunden in 45 Tagen}$$

oder $108 \times 0.2 = 21.6$ Ampèrestunden.

Stimmt die Ampèrestundenzahl mit der Kapazität der käuflichen Akkumulatoren nicht überein, rundet man die Zahl nach oben ab und nimmt die nächst größere Zahl.

Die gefundene Stromstärke von 0.2 Ampère zum Betriebe der Uhren wird aus den Akkumulatoren entnommen, weshalb die Ladestromstärke um cka. 50% größer, also mit 0.3 Ampère gewählt wird.

Steht uns eine Spannung des Ladestromes von 110 Volt zur Verfügung, so muß der Vorschaltwiderstand

$$w = \frac{e}{i} \\ = 110 : 0.3 = 333 \text{ Ohm betragen.}$$

In unserer Schalttafel haben wir 6 Lampenfassungen von denen wir nur 3 benützen wollen, während die beiden letzten durch Kurzschlußstöpsel überbrückt sind, so daß nur der Widerstand von 3 Lampen zu rechnen ist; es kommt also per Lampe (da alle in einer Serie geschaltet sind) ein Widerstand von $\frac{333}{3}$ Ohm oder rund 111 Ohm.

Nehmen wir Lampen von 110 Volt Spannung, so finden wir in der Tabelle IV die ⁵⁰32kerzige Lampe mit einem Widerstand von 110 Ohm, welche unseren Forderungen ungefähr genügt.

3 solcher hintereinandergeschalteter Lampen ergeben einen Widerstand von 330 Ohm, welcher von dem gesuchten nur um einen geringen Wert abweicht. Braucht man größere Ladestromstärken, so kann man die Lampen gegen solche mit geringerem Widerstand umtauschen oder eine, eventuell auch mehrere heraus-schrauben und durch Kurzschlußstöpsel ersetzen. Umgekehrt kann durch Vermehren der Lampen oder Umtausch derselben gegen solche mit größerem Widerstand, der Gesamtwiderstand beliebig vergrößert werden.

Zum erstmaligen Laden kann die Ladestromstärke bedeutend größer genommen werden. Hierzu läßt man nur eine Lampe im Widerstand und ersetzt alle anderen durch Kurzschlußstöpsel.

Der Umschalter am Schaltbrett muß mehrfach sein, wenn es sich darum handelt, mehrere Batterien zu laden. Dies ist dann der Fall, wenn zum Beispiel der Aufzug der Hauptuhr von einer eigenen Batterie betätigt wird. Diese Einrichtung trifft man aus Sicherheitsgründen um das Versagen zu vermeiden, das auftreten könnte, wenn durch eine Verzweigung des Stromkreises, bei gleichzeitiger Beanspruchung die Stärke in einem derselben sinkt.

In längeren Zeiträumen von 1—2 Jahren muß die Füllung der Batterie erneuert werden.

Die Schalttafel für kontinuierliche Ladung ist größtenteils der vorigen ähnlich eingerichtet, kann aber des Umschalters entbehren und statt dessen einfache einpolige Ausschalter besitzen.

Nehmen wir den Fall, es wären durch die Batterie 10 Nebenuhren mit minutenspringenden Zeigern zu speisen, deren Magnete, Widerstände von je 1000 Ohm besitzen, der Widerstand der Leitung sei 500 Ohm, daher die erforderliche Stromstärke, wenn ein Magnet 1 Milliampère bedarf, zusammen 10 Mamp.

Der Gesamtwiderstand ist $500 + \frac{1000}{10} = 600$ Ohm.
Die erforderliche Spannung

$$e = i w = 0.001 \times 600 = 6 \text{ Volt.}$$

Wir bedürfen daher 3 in einer Serie geschalteter Zellen.

Die in einem Tage entnommene Strommenge ist bei einer Kontaktdauer von 1 Sekunde, und der Stärke von 0.01 Ampère

$$24 \times 0.01 = 0.24 \text{ Ampèreminuten.}$$

Ein Tag besitzt 1440 Minuten, weshalb wir die verbrauchten Ampèreminuten durch die tägliche Minutenzahl dividieren, um die Ladestromstärke zur kontinuierlichen Ladung zu bekommen.

$0.25 : 1440 = 0.17$ Milliampère und mit einer gewissen Sicherheit 0.25. Zur ständigen Ladung sind daher 0.25 Milliampère erforderlich.

Als Vorschaltwiderstand bei einer Ladestromspannung von 220 Volt ist ein Gesamtwiderstand von:

$$\begin{aligned} w &= \frac{e}{i} \\ &= \frac{220}{0.00025} \\ &= 4400 \text{ Ohm nötig,} \end{aligned}$$

der durch Hintereinanderschalten von 3 Stück, 5 kerzigen 220 Voltlampen mit einem Einzelwiderstand [von 1500 Ohm, daher mit 4500 Ohm für das gewünschte Maß erzielt wird.*)

Zur Ueberwachung des Ladeprozesses sollen an jeder Schalttafel, Milliampèremeter und Voltmeter vorhanden sein.**)

Die Instrumente werden so eingerichtet, daß sie durch Umschalten sowohl zum Messen des Lade- wie des Entladestromes dienen können.

Die bis jetzt angeführten Ladeeinrichtungen eignen sich nur zum Anschluß an Gleichstromleitungen. Da aber die Zahl der Elektrizitätswerke die Wechsel- und Drehstrom liefern, zunimmt, ist es notwendig auch jene Einrichtungen kennen zu lernen, welche den Wechsel- bzw. den Drehstrom in Gleichstrom verwandeln und daher zum Laden der Akkumulatoren geeignet machen.

Würde man versuchen Wechselstrom in einen Akkumulator zu senden, so müßte beim Richtungswechsel jedesmal die geleistete chemische Arbeit vernichtet werden, deshalb könnte niemals eine Ladung der Akkumulatoren erfolgen.

Gleichrichter welche für unseren Zweck geeignet sind, gibt es zweierlei Arten, wenn wir von dem zu umfangreichen Motor-generator absehen.

*) Siehe Tabelle der Lampenwiderstände Seite 174.

**) Siehe Abbildungen 1 und 2 auf Tafel I, Fig. 1, 2 und 3 auf Tafel II, Fig. 1, 2 und 3 auf Tafel IV, Fig. 1 auf Tafel VI.

Der am einfachsten herzustellende Gleichrichter ist jener von Grätz, welcher aus Elementen mit je einer Aluminium und einer Eisen- oder Kohlenelektrode besteht. Den Elektrolyten bildet eine Lösung von doppelkohlensaurem Natron, oder borsaurem Ammonium. Sendet man durch eine solche Grätz'sche Zelle Gleichstrom in der Richtung, daß sich der Sauerstoff an der Aluminiumzelle ansetzt und wechselt die Stromrichtung, so wird nach der Umkehrung ein ganz minimaler Strom durch die Zelle gehen, weil infolge der Oberflächenveränderung der Kathode dem Strome in seiner neuen Richtung ein starker Widerstand entgegengesetzt wird.

Sendet man durch eine solche Zelle Wechselstrom, so wird derselbe nur in einer Richtung durchgelassen. Da aber bei der Umkehrung des Stromes kein Strom durch die Zelle fließt, ist der erhaltene Gleichstrom, ein periodisch unterbrochener.

Die Grätz'sche Schaltung erlaubt jedoch den ganzen Wechselstrom in Gleichstrom zu verwandeln, wie aus dem, in Fig. 99 gezeichneten Schema hervorgeht.

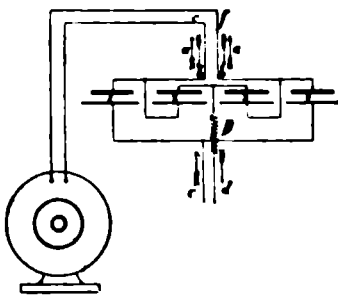


Fig. 99.

Je vier solcher Zellen (1, 2, 3, 4,) werden derart mit einander verbunden, das die Aluminiumelektroden von 1 und 4, ferner die Eisenelektroden von 2 und 3 zusammengeschaltet sind. An jeder dieser beiden Verbindungsleitungen ist ein Ableitungsdraht befestigt, der zur Abnahme des Gleichstromes dient, und daher zu den Apparaten führt.

Die freie Aluminium- und Eisenelektrode der Elemente 1 und 2, sowie der Elemente 3 und 4, werden miteinander verbunden und jede dieser Verbindungsleitungen an einem Pole der Wechselstromleitung angeschlossen. Fließt der Strom in der Richtung des Pfeiles b im Leiter f so kann er durch das Element 3 in den

Leiter d strömen, während der Uebergang im Elemente 4 verhindert wird. Der Strom kehrt dann über C und Element 1 in den Leiter e, und Richtung a zur Wechselstromleitung zurück. Wechselt die Stromrichtung so geht der Strom in der Richtung des Pfeiles b über den Leiter e, wobei ihm der Weg im Elemente 1 versperrt ist, und daher über Elemente 2 in den Leiter d, worauf er über e und über Element 4 in der Pfeilrichtung a zur Wechselstromleitung zurückkehrt.



Fig. 100.

In ähnlicher Weise sind die Grissonschen Gleichrichterzellen Fig. 100 ausgeführt, welche aus einem Eisengefäß bestehen, das die Oberfläche der Eisenelektrode E vergrößern soll. Die Eisenelektrode selbst ist schräg in die Zelle eingeführt. Die Aluminiumelektrode liegt gleichfalls schräg darüber, wobei sie durch Porzellankörper im gleichen Abstände von der Eisenelektrode erhalten wird.

Da man die Spannung des Wechselstromes durch Transformierung beliebig verändern kann, was beim Laden der Akkumulatoren von Vorteil ist, werden die Einrichtungen zur Ladung der Akkumulatoren mittels Wechselstrom um zwei Apparate vermehrt, 1.) den Transformator zur Verminderung der Spannung, 2.) den Gleichrichter.

Während nun der Gleichrichter gewöhnlich bei der Batterie zur Aufstellung kommt, kann der Transformator am Schaltbrett befestigt werden.

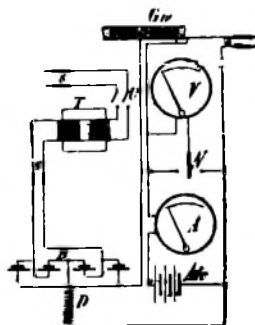


Fig. 101.

Das Schema einer solchen Anlage stellt die Fig. 101 dar.

Der Strom aus der Wechselstromleitung fließt zunächst zu den Sicherungen an der Schalttafel, und von diesen durch einen zweipoligen Ausschalter in die primäre Spule des Transformators. Von der Induktionsspule, in welcher der Strom auf die gewünschte Spannung reduziert wird geht der Strom durch neuerliche Abschmelzsicherungen *s* und einen zweipoligen Ausschalter in den Gleichrichter *B*, dessen negativer Pol mit der negativen Klemme der Akkumulatorenbatterie *Ak* verbunden ist, während der positive zur Schalttafel führt und dort an einer Klemme des Gleitwiderstandes *Gw* angeschlossen wird. Die Ableitung von diesem führt zur Klemme für den Anschluß der Uhren, und dem zweiten Batteriepol zurück. Die zweite Anschlußklemme für die Uhrenleitung ist mit dem negativen Pol der Batterie *Ak* verbunden.

Das Laden der Batterie geschieht durch Einschalten der beiden zweipoligen Schalter. Ein Ampéremeter *A* und ein Voltmeter *V* sind zum Umschalten auf Lade- und Entladestrom eingerichtet.

Hier wäre noch die Konstruktion der Transformatoren erwähnenswert und nachzuholen. Es gibt zwar verschiedene Konstruktionstypen, doch läßt sich an einer derselben, Fig. 102 das Prinzip deutlich erklären. Das Gestelle bildet ein viereckiger Rahmen aus Eisen von quadratischem Querschnitt, über dem sich zwei Spulen befinden, die primäre Spule und die sekundäre Spule. Leitet man in die Primärspule Wechselstrom ein, so wird im Eisenring ein Magnetismus mit nach der Periodenzahl wechselnder Polarität erzeugt.

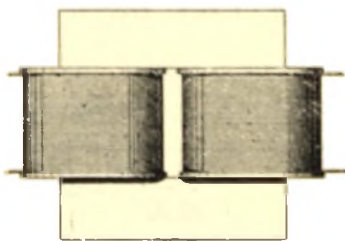


Fig. 102.

Durch Induktionswirkung wird in der Sekundärspule ein Strom induziert, der mit Rücksicht auf Spannung und Stromstärke im direkten, bzw. umgekehrten Verhältnis der Windungszahlen der

beiden Spulen steht. Ist beispielsweise die Spannung des Primärstromes 120 Volt und die Zahl der Windungen der Primärspule 720, die der Sekundärspule 36, so wird die Spannung des Sekundärstromkreises

$$x = \frac{120.36}{720} = 6 \text{ Volt betragen,}$$

die Stromstärke aber wenn die des primären Stromkreises 0.3 Ampère beträgt.

$$p = \frac{720.03}{36} = 6 \text{ Ampère.}$$

Da der Strom im Transformator einen Verlust durch Ueberwinden der Koerzitivkraft des Eisens gegen die Magnetisierungen, ferner durch Umwandlung in die Joule'sche Wärme erleidet, wird in der Sekundärspule nicht die gesamte elektrische Energie W (Watt = Volt mal Ampère) erhalten, die in die Primärspule geschickt wurde, sondern der erhaltene Effekt beträgt zwischen 86 — 98%. Im allgemeinen ist die Nutzleistung bei größeren Transformatoren eine höhere, bei kleineren eine niedere.

Für unsere Zwecke werden dem Transformator nur geringe Stromstärken entnommen, und es ist daher das Verhältnis desselben in diesem Falle zu untersuchen.

Denken wir uns die Primärspule an das Stromnetz angeschlossen, jedoch die Sekundärspule geöffnet, so kann an letzterer kein Strom erregt werden, weil ihm dessen Vorbedingung, nämlich der geschlossene Leiter fehlt. Der sonst in den Sekundärspulen auftretende Strom wird in den Primärwindungen selbst erregt und wirkt in der entgegengesetzten Richtung des Primärstromes, also als Widerstand diesem entgegen. (Gesetz von Lenz Seite 143).

Da die Stromstärke und Spannung beider Ströme sich wie die Windungszahlen der beiden Wicklungen verhalten, hier der sekundäre Strom aber von dem primären in den primären Windungen erregt wird, hebt der sekundäre Strom den primären auf, das heißt es wird nur jener Strom im primären Leiter verbraucht, der zur Magnetisierungsarbeit notwendig ist, und ungefähr 2% der maximalen Leistungsfähigkeit beträgt.

In dem Momente, in welchem wir einen variablen Widerstand zwischen den Klemmen der sekundären Wicklung ein-

schalten, wird die Selbstinduktion der primären Spule in dem Maße kleiner als der Widerstand im sekundären Stromkreise kleiner wird, weshalb auch die Stromstärke der ersten steigt.

Es wird also der verbrauchte Primärstrom immer im gleichen Verhältnis zum verbrauchten transformierten Strom stehen.

Die Herstellung eines Transformators ist sehr einfach. Es müssen die angeführten Punkte aber voll berücksichtigt werden. Darunter in erster Linie die vorzügliche Isolierung der Wicklung (zur Wicklung darf überhaupt nur Dynamodraht verwendet werden), ferner die Anwendung von aus Eisenstücken (Platten, Drähten) zusammengesetzten Kernen, um die Erwärmung zu verhindern.

Schließlich ist für möglichst dicke Bewicklungsdrähte zu sorgen, da der Verlust an Energie ein kleinerer wird, je dicker die Drähte sind, aber auch die sehr schädliche Erwärmung kleiner bleibt, wenn die ausstrahlende Oberfläche größer ist. Die von der Luft bestrichene Oberfläche für je 1 Watt ($1 \text{ Volt} \times 1 \text{ Ampère}$) soll mindestens 25 cm^2 betragen. Beispielsweise für 33 Watt ($110 \text{ Volt} \times 0.3 \text{ Ampère}$)

$$33 \times 25 = 825 \text{ cm}^2$$

Eine wesentlich andere Vorrichtung zum Gleichrichten des Stromes als die beiden beschriebenen, besitzen wir im Hewitt'schen Quecksilberdampfgleichrichter. Figur 103. Derselbe besteht aus

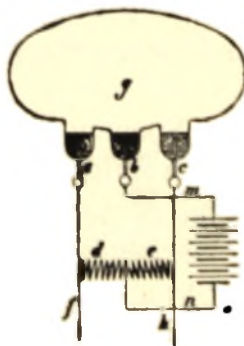


Fig. 103.

einer Glasbirne g mit drei Erweiterungen nach unten. Die Glasbirne ist luftleer. Die Erweiterungen sind mit Quecksilber gefüllt,

und durch eingeschmolzene Platinelektroden mit den Polen der Wechselstromleitung beziehungsweise der Akkumulatorenbatterie verbunden.

B stellt die Kathode dar, a und c die Anoden. Zum Einschalten des Gleichrichters wird die Birne gekippt, wodurch ein Lichtbogen zwischen den Elektroden entsteht. Beim Durchfließen des Stromes in der Richtung der Quecksilberkathode wird diese von ionisiertem Quecksilberdampf bedeckt, so daß nach Umkehrung der Stromrichtung der gebildete Lichtbogen erlischt, wodurch dem Strom der Weg in dieser Richtung abgeschlossen ist. Die eigentümliche Schaltung verhindert nun zwar die Umkehrung der Stromrichtung, verhindert aber auch gleichzeitig die Unterbrechung des Stromes durch Auslöschung des Lichtbogens, so daß zwischen den Leitern m und n stets dieselbe Stromrichtung herrscht.

Im wesentlichsten besteht der Apparat aus der Glasbirne mit den Quecksilberelektroden, die durch einen Kippgriff so geneigt werden kann, daß die Quecksilberfüllung zusammenfließt und beim Zurückdrehen einen Lichtbogen zurückläßt, der den Leiter der gleichgerichteten Elektrizität bildet. d und e sind zwei entgegengesetzt gewickelte Drosselspulen, denen gleichfalls eine eigentümliche Aufgabe zufällt. Endlich bilden die beiden Leiter f und h die Verbindung der Drosselspulen und Elektroden mit den Leitern des Wechselstromnetzes.

Die durch den Lichtbogen an der Kathode b gebildeten ionisierten Quecksilberdämpfe lassen, wie bereits erwähnt, eine Umkehrung des Stromes nicht zu. Da der Lichtbogen aber nur zwischen einer Anode und der Kathode gebildet wird, möchte eine Unterbrechung eintreten, wenn nicht durch den Quecksilberdampf eine Verbindung mit der anderen Anode geschaffen wäre, und der Strom nun von dieser zur Kathode gesendet würde, so daß hier ein gleichgerichteter Strom entsteht, der von der Kathode in die Akkumulatorenbatterie, beziehungsweise in die vorgeschalteten Widerstände fließt und seinen Weg durch beide Wechselstromleiter in die Dynamo zurückfindet. Der Strom kommt im Vereinigungspunkte der beiden Drosselspulen zurück und führt abwechselnd durch eine derselben in den zweiten Leiter.

Den Drosselspulen fällt die Ihrer Eigenschaft entsprechende Aufgabe zu, nur Gleichstrom durchzuführen, während der Wechselstrom in Folge der auftretenden hohen Selbstinduktion durch die Spulen nicht durchfließen kann.

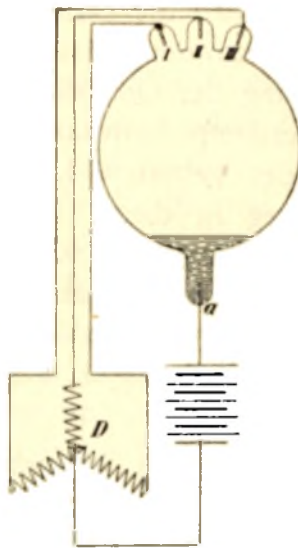


Fig. 104.

Für Drehstrom stellt Fig. 104 das Schaltungsschema dar.

Derartige Gleichrichter, welche alle auf demselben Grundprinzip beruhen, aber in einigen Details Abweichungen zeigen, werden ausgeführt von der A. E. G. Union, Berlin, Westinghouse A. G., Berlin, Schott & Genossen, Jena. Letztere entbehren der Drosselspule, während die Westinghouse A. G. noch einen Transformator außer den Drosselspulen anwendet.

Die Quecksilberdampfgleichrichter sind in der Anschaffung kostspieliger, aber sehr haltbar. Sie eignen sich aber nur zur Verwendung bei höheren Spannungen. Gewöhnlich sind alle zum kompletten Apparat gehörenden Teile auf einem Schaltbrett montiert, so daß die ganze Anlage sehr übersichtlich ist.

Die galvanischen Batterien.

Die umfangreichste Anwendung als Stromquelle für elektrische Zeitmesser erfahren noch immer die galvanischen Batterien. Die hierzu verwendeten Elemente haben wir bereits kennen

gelernt, so daß es nur noch nötig ist, jene Momente hervorzuheben, welche beim Zusammenschließen derselben zu einer Batterie beachtet werden müssen.

Die Wahl der Elemente erfolgt mit Rücksicht auf deren Beanspruchung. In dieser Hinsicht unterscheiden wir Gruppen von Uhren, die nur in längeren Zeitabschnitten Strom brauchen; dies sind insbesondere die Wächterkontrolluhren, Zeitsignaluhren und endlich die Einzeluhren mit elektrischem Aufzuge.

Sind dies Uhren, bei denen Wert auf leichte Transportfähigkeit gelegt wird, so zieht man wegen der geringen Zahl der Elemente die hierzu nötig sind, Trockenelemente vor.

Gewöhnlich ist dann im Uhrkasten Raum hierzu, oder in seiner nächsten Nähe ein Ort gefunden. Zum Schutze wird man sie noch in ein Holzkästchen stellen.

Besondere Einrichtungen entfallen hier. Die Drähte werden durch Bohrungen in das Kästchen geführt und dort an die Elemente angeschlossen.

Die zweite Gruppe umfaßt die Zentraluhranlagen mit minutenweisem Kontakte. Die Wahl der Elemente wird jedenfalls die Beclanchetype ergeben, und zwar das Beutelement.

Für die Ausgestaltung der Batterie ist die Ausdehnung der Anlage maßgebend. Hat die Hauptuhr Selbstaufzug, so wird hierfür eine eigene Batterie bestimmt, die aus der nötigen Anzahl Elementen besteht (gewöhnlich 2 Stück) und mit den übrigen Elementen in einem gemeinsamen Kasten steht.

Desgleichen würde eine angeschlossene Signaleinrichtung ihre eigene Batterie erhalten.

Ist die Zahl der Nebenuhren eine besonders hohe, so werden dieselben in Gruppen geteilt und erhalten für jede Gruppe einen eigenen Kontakt und zweckmäßig auch eine eigene Batterie. Diese Batterien sind alle in einem gemeinsamen Kasten so untergebracht, daß noch für eine Anzahl Reserveelemente Platz bleibt, die zum gelegentlichen Umtausch für schlechte Elemente im trockenen Zustande bereit gehalten werden. Die Elemente und ihre Verbindungen müssen leicht zugänglich sein, die ganze Batterie aber mit einem Blick übersehen werden können. Fig. 105 zeigt einen Batterie-Kasten der Firma Th. Wagner in Wiesbaden.

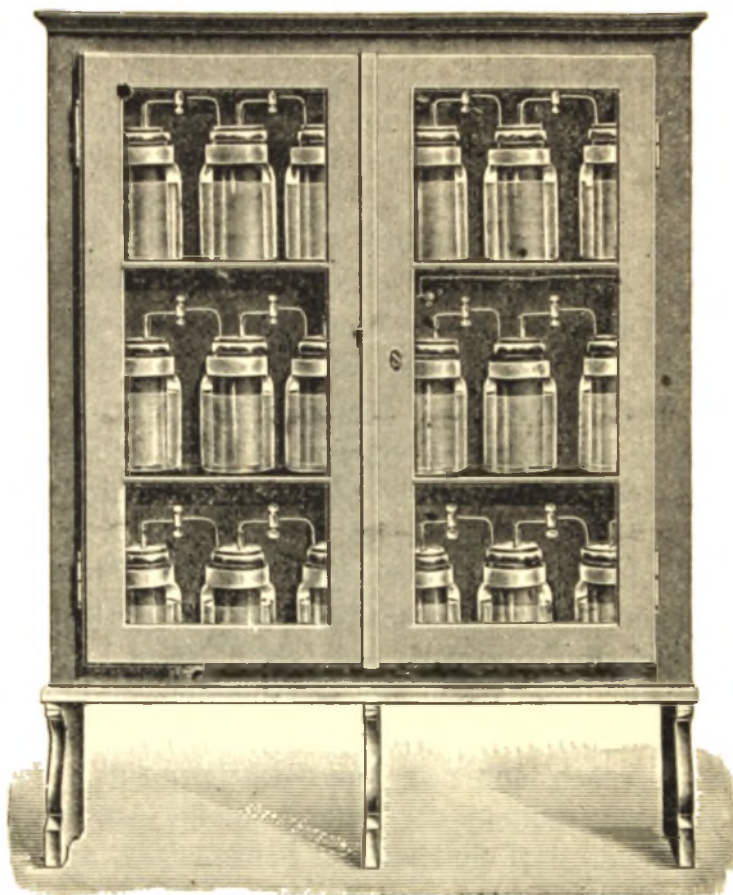


Fig. 105.

Messapparate, Schalter und sonstige Kontrolleinrichtungen dürfen nicht im Batteriekasten selbst untergebracht werden, sondern in einem hierzu errichteten, mit Glastüren verschließbaren Aufsatz, oder einem flachen Glashängekasten. Batteriekasten und Schaltkasten bzw. Schalttafel dürfen nicht knapp an der Wand stehen, sondern müssen einen genügenden Zwischenraum frei lassen.

In diesem Luftraum werden die Verbindungsdrähte geführt die an jenen Stellen wo sie die Deckung des Kastens verlassen, an Holzleisten angeschraubt werden.

Fig. 1 auf Tafel III stellt einen derartigen Schalttafelkasten der Firma Th. Wagner dar, der für eine Anlage mit 6 Nebenuhr-
linien bestimmt ist.

Die Hilfsapparate bestehen aus je einer kleinen Kontroll-
nebenuhr für jede einzelne Linie, ferner einem Voltmeter, einer

Generaleinstellvorrichtung, die auch die Einzeleinstellung jeder Linie gestattet und den Abschmelzsicherungen.

Die Anschlußklemmen sollen im Kasten liegen, die Leitungsdrähte daher durch Einführungen in denselben hineingezogen werden.

Der Generaleinsteller dient zum gleichzeitigen Einstellen von sämtlichen Nebenuhren, sowie durch Stöpselausschalter auch zum Einstellen einzelner Serien, wozu die Nebenuhren eine leichte Ueberwachung erlauben.

Gegebenenfalls müssen Gleitwiderstände angebracht werden, die zum Regulieren der Stromstärke in den einzelnen Linien dienen.

Endlich haben wir noch die Stromquellen für Uhren mit besonders vielen Kontakten der dritten Gruppe, wie Sekundenzähler und Registrierwerke etc. zu erwähnen.

Sie werden aus konstanten Elementen zusammengestellt, wozu in erster Linie das Meidinger Element, das Cupron- und Wedekindelement, das deutsche Reichstelegraphenelement, eventuell auch das Daniell-Element genommen werden kann.

Bezüglich der Teilung der Batterie, der Einrichtung von Batteriekasten, Schaltbrett, der dazu gehörigen Elemente, gilt alles bei der Batterie für Zentraluhrenanlagen erwähnte, wenn die Kontrollwerke entsprechend dem Zwecke der Anlagen modifiziert werden.

Als allgemeine Ueberwachungsmaßregel ist eine, der Gattung der Elemente angemessene periodische Ueberprüfung der Batterie und Apparate notwendigerweise vorzusehen.

Dieselbe darf sich nicht allein auf die bloße Besichtigung der einzelnen Teile erstrecken, sondern muß auch in der Kontrolle der Spannung und Stromstärke, bzw. dem Einregulieren derselben bestehen.

Bei dieser Gelegenheit sind die Elemente durch Nachfüllen von Wasser auf den richtigen inneren Widerstand zu bringen, und wenn sich die Oberflächen der Elektroden stark verändert hätten, auch diese in Stand zu setzen.

Zur Kontrolle für Batterien, welche nicht mit den nötigen Kontrollapparaten versehen sind, empfehlen sich transportable Meßinstrumente (Tascheninstrumente). Ein solches Instrument ist in Fig. 106 als Voltmeter abgebildet.

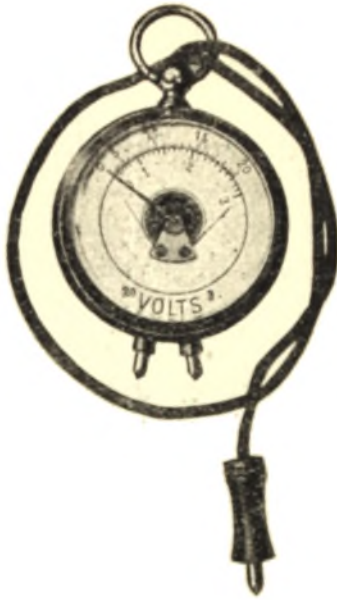


Fig. 106.

Der Induktor als Stromquelle.

Aus den verschiedenen Umständlichkeiten, welche die Ueberwachung der Batterie ergeben, und den Uebelständen des Oxidierens der Kontakte wurde das Bestreben geboren, der Uhr die Stromquelle einzubauen, und die Kontakte zu erübrigen. Dies ist vor ungefähr 4 Dezenien dem Uhrmacher Fischer in Genf gelungen, indem er die mechanische Arbeit der Mutteruhr zur Umwandlung in elektrische Energie auf dem Wege der magnetoelektrischen Induktion benützte. Die ersten Versuche wurden an einem Apparate gemacht, der aus einem permanenten Hufeisenmagnet bestand, an dessen Polenden runde Eisenschenkel angebracht wurden, die mit der Magnetwicklung (Magnetspulen) umgeben waren. Der Magnet war senkrecht aufgestellt, mit den Spulen nach unten. Ein um eine Achse drehbarer Eisenanker verband die beiden Pole. Oberhalb des Ankers befand sich ein kleiner Hammer, der vom Werk in Minutenintervallen ausgelöst wurde und im Fallen den Anker von den Magnetpolen abriß. Hierdurch wurde das Feld des Magneten verändert, wodurch sich in den Drahtwindungen ein Strom induzierte. Der Strom wurde zum Betriebe von Nebenuhren benützt.

Der Leiterkreis, Nebenuhren, Leitung und Stromquelle ist von keinem Kontakt unterbrochen, da der Strom nur einen Augenblick dauert, der mit der Zeitdauer der Bewegung des Ankers begrenzt ist. Diese Einrichtung selbst ist sehr primitiv und wurde bald von einer vorteilhafteren Konstruktion abgelöst. Heute werden Induktoren (so heißt man die Apparate) verwendet, die der Dynamomaschine ähnlich sind, aber statt des Elektromagneten, die Felderregung mittels permanenter Magnete vornehmen. Fig. 107. Um die bewegliche Spule zu vermeiden, wurde dieselbe zwischen den Schenkeln eines permanenten Magneten m fest eingestellt (n) und ein flacher Anker e im Felde rotierend, bzw. schwingend angeordnet.

Bei einer Viertelbewegung des Ankers e verschiebt sich seine Masse, wodurch eine Veränderung des Feldes herbeigeführt wird, was induzierend auf die Wicklung der Spule wirkt.

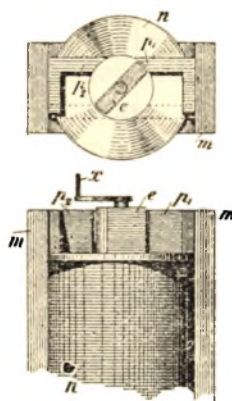


Fig. 107.

Die Stromrichtung ist eine wechselnde, so daß die Zeigerwerke, die daran geschlossen werden sollen, mit polarisierenden Magneten ausgerüstet sein müssen. Der gesamte Stromerzeuger ist in das Werk eingebaut, die Nachstellvorrichtungen sind daher keine Schalter, sondern Auslösevorrichtungen des Laufwerkes zum Betriebe des Induktors.



Tabelle für die Widerstände verschiedener Vorschaltlampen, deren Strombedarf für die gebräuchlichen Spannungen.

Kerzenstärke	Watt (Volt mal Ampère)	Volt	Ampère	Ohm
5	10	110	0,0909	2000
10	20	110	0,1818	1500
16	32	110	0,2909	378
25	50	110	0,454	220
32	64	110	0,582	189
50	100	110	0,999	110
5	10	220	0,0454	4200
10	20	220	0,0909	2100
16	32	220	0,1454	756
25	50	220	0,227	440
32	64	220	0,291	378
50	100	220	0,499	220

In dieser Tabelle sind Lampen angenommen worden, welche per Kerzenstärke 2 Watt verbrauchen. Die Widerstände gelten für glühende Lampen und müssen, wenn die Stromstärken welche durch die Lampen hindurchgehen sehr klein sind, um etwa 20 Prozent vermehrt werden.

Metallfadenlampen brauchen für die Kerzenstärke ungefähr ein Watt, haben deshalb den doppelten Widerstand der Kohlenfadenlampen, sind aber für Vorschaltwiderstände wegen ihrer großen Empfindlichkeit nicht geeignet.



Die Stromübertragungsanlagen (Leitungen) und ihre Sicherungseinrichtungen.

Die Ausführung der Leitungen verlangt eine besondere Aufmerksamkeit, sowohl in Bezug auf die Wahl des Leitungsmaterials, als auch mit Rücksicht auf die solide, den Erfahrungen entsprechende Befestigung desselben.

Jede noch so kleine Unterlassungssünde kann späterhin durch einen ungeheuren Mehraufwand von Arbeit die unangenehmsten Folgen zeitigen.

Wichtig ist die Wahl der Isolierung, die durch die Spannung der Anschlußklemmen an welche die Leitung angeschlossen ist, ferner aber auch durch die örtlichen Verhältnisse ihres Weges bestimmt wird.

Die gebräuchlichen Netzspannungen der Elektrizitätswerke schwanken zwischen 100 und 250 Volt. Es gibt allerdings an den Entnahmestellen noch höhere Spannungen bis 500 Volt, die aber durch die Anordnung von Mehrleitern in Bruchteilen dieser Spannung verwandelt werden können, z. B. bei Dreileitungen in die Hälfte, bei Fünfleitern in die Hälfte beziehungsweise ein Viertel.

Diese Spannungen verlangen eine sehr gute Isolation, nicht nur mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit, als mehr auf die persönliche Sicherheit der dort Beschäftigten, weil die physiologische Wirkung dieser Ströme so stark ist, daß durch unvorsichtige Berührung schlecht isolierter Stellen, eine ernstliche Gefährdung der Gesundheit und des Lebens erfolgen kann.

Nun ist allerdings nach unten zu die Grenze für die Verwendung der nach den Vorschriften des elektrotechnischen Vereins isolierten Drähte nicht festgelegt, sondern man nimmt, wenn es sich um eine heikle Anlage handelt, auch für die niedersten Spannungen Drähte mit einer sehr guten Isolation, umgekehrt aber dürfen für die Spannungen der Elektrizitätswerke nur Drähte verwendet werden, die mit Gummi isoliert sind.

Werden durch Transformierung Zwischen-Spannungen erzeugt, die nicht ausgesprochene Niederspannung 80—500 Volt im Sinne der Vorschriften des E. V. sind (Hochspannungen sind 1000 Volt und höher) aber über die als maximal angenommene

Batteriespannung hinausgehen so nimmt man mit Paragummi isolierte Drähte.

Für die niedersten Spannungen können die gewöhnlichen Drähte, die bloß mit Wolle oder irgend einer Imprägnierung isoliert sind, montiert werden, doch keinesfalls in feuchten Räumen, woselbst man Drähte mit einer Isolierung verwendet, die gegen die Feuchtigkeit Schutz bietet.

Die Wahl des Drahtdurchmessers hängt von der Belastung der Leiter durch die Stromstärke ab, bzw. von ihren Längen und wird so bestimmt, daß ihr Widerstand ein möglichst kleiner ist, damit auch der Spannungsverlust möglichst klein bleibt.

Das Material der Seele der Drähte, ist fast ausschließlich reines Elektrolytkupfer, bei Freileitungen auch Aluminium, Eisen und Bronzelegierungen, die dann ohne Ueberspinnung bleiben.

Die Isolierung der Drähte wird hergestellt:

1. Aus Längsfäden von Wolle, die den Draht umgeben und durch Umwicklung von Wollfäden festgehalten werden. Das ganze ist mit Wachs getränkt.

Diese Drähte werden auch mehradrig hergestellt, indem zwei oder mehrere isolierter Drähte noch mit einer gemeinsamen Wolleumspinnung versehen sind.

Die Bezeichnung ist kurzweg „Wachsdraht“.

2. Der Draht ist von Längsfäden umgeben, die mit einem Guttaperchaband umwickelt werden, sodann kommt eine doppelte Umwicklung von Wolle in entgegengesetzter Richtung, und eine Imprägnierung von Wachs, Paraffyn oder eine Teertränkung.

Die Bezeichnung ist: Draht mit Guttaperchaisolierung.

3. Der Draht liegt in einem Gummirohr (eventuell einem zweifachen) ist sodann mit mehrfacher Wolleumwicklung und einer Umspinnung versehen, welche mit einer Teermischung imprägniert wurde.

Bezeichnung: Gummidraht.

4. Der Draht ist mit einer Isolierung wie der vorige versehen, und mit einem Bleimantel, manchmal auch mit einem Stahlband umpreßt. Diese Leitungen werden ein und mehradrig ausgeführt.

Bezeichnung: Kabel.

5. Doppelleitungen, auch Dreifachleitungen, welche aus einer mit einer Umspinnung versehenen Litze bestehen, die dann noch eine Guttaperchaisolierung in nochmaliger Umwicklung, endlich eine Umspinnung von Eisengarn oder Seide trägt.

Die Litze besteht aus einer dem Querschnitt der Leitung entsprechenden Anzahl von dünnen (0.1 m/m Durchmesser) Kupferdrähten. Je zwei oder drei solcher isolierter Leitungen werden zusammengewunden.

Bezeichnung: Litzendraht.

6. Litze in Gummiisolierung, mehrfach mit Wolle umwunden, Umspinnung mit Eisengarn oder Seide, zwei oder drei isolierter Leitungen werden zusammengewunden.

Bezeichnung: Litzendraht.

7. Kupferdraht in Gummiisolierung mit Eisengarn umspinnen, je zwei isolierte Leiter zusammengewunden.

Bezeichnung: (wegen seiner Verwendung bei den Staats-telephonanlagen zur Innenmontage) Telephondraht.

Es gibt nun allerdings eine Anzahl von Drähten, die abweichende Isolierung haben. Die gebräuchlichsten sind jedoch in der obigen Tabelle enthalten.

In neuerer Zeit macht eine Isolierung viel von sich sprechen: die Hackethalsche Isolierung. Sie besteht aus einer Verkleidung der blanken oder auch schon mit Gummi isolierten Leiter mit Papierhüllen und Pflanzenstoffen, die in einer durch Patente geschützten Masse nach besonderem Verfahren getränkt werden. Sie widersteht allen Einflüssen der Atmosphäre und Feuchtigkeit, selbst den Säuredämpfen, woraus sich ihre Verwendbarkeit für solche Leitungen, die derlei Einflüssen unterworfen sind, ergibt.

Das Lebenselement der Hackethalleitung, Fig. 108, soll die Atmosphärische Luft sein, unter deren Einwirkung sie an Isolierfähigkeit und Härte durch Oxydation zunimmt. Die Drähte werden mit verschiedener Isolierung für Stark und Schwachstrom ausgeführt.

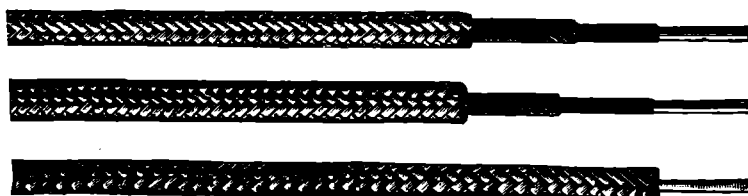


Fig. 108.

In bezug auf ihren Weg unterscheidet man Außenleitungen, wenn dieselben im Freien, also außerhalb der Gebäude geführt werden, und Innenleitungen, wenn sie innerhalb geschützter Räume laufen. Nach der Art ihrer Montage nennt man die Außenleitungen Freileitungen, wenn sie auf Mastbäumen oder auf Isolatoren in größerer Entfernung von den Mauern an den Gebäuden angebracht sind, Kabelleitungen, wenn sie unter Verwendung von Kabeln in der Erde oder in hierzu ausgehobenen und verschlagenen Erdkanälen laufen.

Bei Innenleitungen unterscheiden wir offene, wenn der Draht außen an der Mauer, gleichviel mit welcher Befestigung, läuft, gedeckte Leitungen, wenn der Draht unter oder in dem Verputz des Mauerwerkes liegt.

Die Art der Befestigung der Drähte richtet sich nun nach der Spannung, damit sie eine entsprechende Isolierung des Leiters gegen das Mauerwerk bildet, ferner aber auch nach der Beschaffenheit der Räume, da sie gleichzeitig Schutz gegen eventuelle Feuchtigkeit bieten muß, endlich aber nach der Ausstattung der Räume, da sie dem Schönheitsgefühl Rechnung tragen soll.

Die Wachsdrahtmontage darf nur dort ausgeführt werden, wo es sich um ganz geringe Spannungen 2—8 Volt handelt und die Räume ganz trocken sind. Sie soll sich möglichst auf Signal-

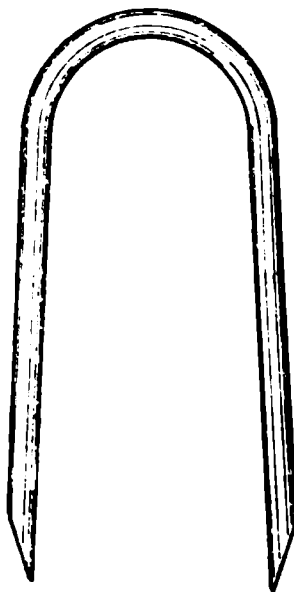


Fig. 109.

leitungen, oder sonst untergeordnete Stromwege beschränken, und auch da vor mutwilligen oder zufälligen Beschädigungen geschützt sein.

Die Befestigung dieses Drahtes geschieht mittels der in Fig. 109 gezeigten Drahtklammer, mit der er gefaßt und an die Mauer genagelt wird. Zum Schutze der Isolierung, um zu vermeiden, daß die Metallklammern mit dem Drahte in Kontakt kommen und eine Stromabgabe an die Erde vermitteln möchten, legt man kleine Stückchen von Preßspann oder Karton zwischen Draht und Klammer. Ist die Mauer schlecht und halten die Klammern nicht genügend fest, so muß man sie in vorher selbst eingetriebene Holzkeilchen einschlagen. Zu diesem Zwecke bohrt man sich in Entfernung von ungefähr je 1 m mittels des unten beschriebenen und in Fig. 110 dargestellten Rohreisens,

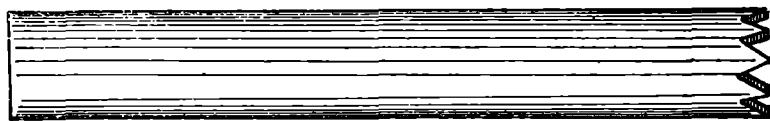


Fig. 110.

a; einen Durchmesser von 15 mm hat, Löcher in der Tiefe von 4 cm längs des ganzen Weges der Leitung und schlägt in dieselben gleichlange Holzkeile, so daß sie mit der Mauer eben sind.

Sie geben den Klammern einen vorzüglichen Halt und ermöglichen, daß der Draht gut ausgespannt werden kann, ohne daß die Klammern beim Ziehen herausfallen. Das Rohreisen, ein bei der Montage unentbehrliches Instrument, welches, obwohl es auch dem Uhrmacher vorzügliche Dienste zu leisten vermag, sehr wenig bekannt ist, besteht aus einem Stück Gasrohr, das an einem Ende zackig ausgefeilt wird. Beim Bohren eines Loches in die Mauer setzt man das gezackte Ende an dieselbe an, während man unter fortwährendem Drehen des Bohrers, auf sein glattes Ende schlägt. Das Loch wird rund, und der Verputz bleibt unbeschädigt. Es ist solcher Art möglich, in einigen Minuten eine Mauer durchzubohren, ohne dieselbe zu beschädigen, nur muß vor dem vollständigen Durchschlagen von der anderen Seite an richtiger Stelle entgegengebohrt werden.

Zur tadellosen Verlegung einer Leitung gehört natürlich außer der guten Isolierung und soliden Befestigung eine gewisse

Rücksichtnahme auf das Schönheitsgefühl, indem man bei der Führung des Drahtes nutzlose Ecken vermeidet, ihn in möglichst einfachen geraden Linien legt und wenn es möglich ist, dem Auge unsichtbar macht. Zu diesem Zwecke kommt er tunlichst auf Gesimse und bei glatten Mauern an Bordüren zu liegen, wobei man die Farbe der Isolierung der Bordüre entsprechend wählt.

Um den Draht während einer längeren Strecke in gerader, eckenfreier Richtung zu führen, ist es notwendig, sich eine gerade Linie an der Wand zu ziehen. Dies geschieht, indem man an den Endpunkten dieser Strecken kleine Drahtstifte in die Mauer einschlägt und eine mit Holzkohle geschwärzte Schnur über dieselbe spannt. Zieht man die Schnur in der Mitte ihrer Länge von der Mauer weg und läßt sie los, so klatscht sich das Kohlenpulver an der Mauer ab.

Zum Festmachen des Drahtes an der Mauer bedarf man einer Hilfsperson, welche die Drahtrolle am linken Arm mit der rechten Hand den Draht davon abwickelt und gleichzeitig stark anspannt, so daß er fest an der Mauer anliegt und nach dem Festnageln nicht mehr nachlassen kann. Eine locker hängende Leitung sieht unschön aus und ist auch leicht zu beschädigen. Um das Durchhängen des Drahtes zu vermeiden, ist er in Zwischenräumen von längstens 1 m anzunageln. Wird die Leitung in einem anderen Raum übergeführt und ist es nicht möglich, den Draht durch eine Bohrung des Türstockes oder Fensters zu legen, so wird mit Hilfe eines Rohreises von genügendem Durchmesser die Wand an geeigneter Stelle durchbohrt, in die Bohrung das Stück eines Gummischlauches oder besser, eines Bergmannrohres (Rohr aus Papierstoff und mit Teer imprägniert) geschoben und die Öffnungen an beiden Seiten mit sogenannten Einführungsmuffen aus Porzellan (siehe Fig. 111) abgeschlossen. Auf diese Art

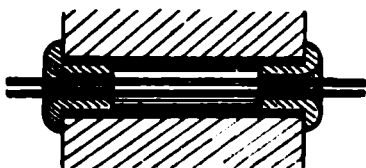


Fig. 111.

ist der Draht vor scharfen Steinkanten und feuchtem Mauerwerk geschützt. Tritt jedoch der Draht nach Durchbruch der Mauer

ins Freie oder in dunstige Räume, wo mit feuchten Niederschlägen an Wänden und Draht usw. gerechnet werden muß, so ist die Form der Porzellaneinführung die einer Pfeife (Fig. 114), welche mit dem Kopfe nach abwärts gekehrt ist, wodurch das Hineinlaufen des tropfenförmigen Niederschlages, Regens usw. in die Maueröffnung verhindert wird. Dies muß geschehen, da sonst die Feuchtigkeit in kurzer Zeit die Isolierung des Drahtes und diesen selbst zerstören würde. Auch die Bohrungen in Holzwänden, Tür- und Fensterstöcken, welche zum Durchführen von Leitungsdrähten dienen, versieht man aus Schönheitsrücksichten mit Porzellan oder Beinmuffen, welche die sichtbaren Öffnungen hübsch abgrenzen und den Draht vor Beschädigungen an scharfen Kanten schützen. In feuchten Räumen muß ein Draht mit entsprechender Isolierung, Guttapercha oder Teerimprägnierung, verwendet werden, auch ist es schädlich, den Draht direkt an die Mauer anzunageln, da der sich an den Klammern bildende Rost unfehlbar den Draht zerstören würde. Zur Befestigung des Drahtes dienen dann die in Fig. 112 und 113 gezeigten Porzellan-

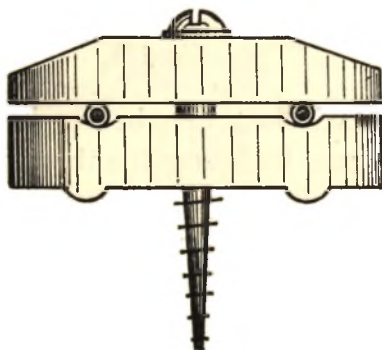


Fig. 112.

klemmen. Der Draht wird in die im Porzellanunterteil befindlichen Nuten gelegt und mit dem Porzellandeckel, mittels Holzschrauben, in die vorher ins Mauerwerk eingestemmtten Holzkeile derart verschraubt, daß er zwischen Ober- und Unterteil der Klammern eingespannt ist. Dadurch liegt der Draht frei in der Luft. Sein Abstand von der Mauer ist gleich der Höhe des Porzellansockels, also ungefähr 10 mm. Diese Befestigung hat noch den Vorteil, das kein metallischer Teil den Draht berührt. Dieselbe Befestigung und das gleiche Drahtmaterial kann man

auch anwenden, wenn eine Leitung längs einer Hausmauer im Freien zu führen ist. Die Abstände der einzelnen Klammern voneinander sind wieder 1 m; biegt man aber von der Richtung, in welcher der Draht geführt wurde ab, so kommen an die Ecke unmittelbar vor jeder Biegung je eine Klammer (siehe Fig. 113)

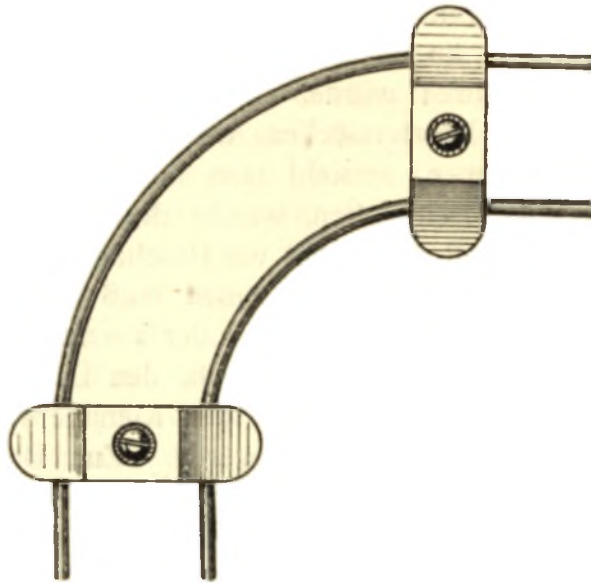


Fig. 113.

und der Draht wird zwischen den beiden Klemmen in parallelen Kreisbogen in seine neue Richtung hinübergeführt.

Zum Schutze der Leitung an Hausmauern, legt man dieselbe gewöhnlich unter Gesimse und andere Mauervorsprünge. Wird die Leitung über einen freien Raum geführt, also von einer Hausmauer auf eine andere, so muß der Draht an Isolatoren mit Eisenträgern (siehe Fig. 114) befestigt werden. Der Draht muß einmal

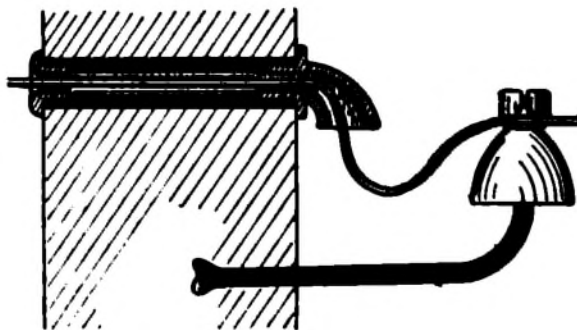


Fig. 114.

um den Kopf der Porzellanlocke herumgewunden und mittels Kreuzbund durch verzinkten Eisendraht auf derselben festgebunden werden. Zur Freileitung kann man auch oxydfreie blanke Drähte nehmen, besser ist es aber, die mit Gummi isolierten und Teer imprägnierten Drähte zu verwenden, doch muß der Querschnitt der Drahtseele je nach Länge der freien Strecken möglichst groß angenommen werden, um ein Reißen der Drähte, insbesondere im Winter bei Schneebelastung, zu vermeiden.

Die Firma Siemens & Halske bringt Isolatoren in den Handel, die sich sehr gut für Abzweigungen eignen. Die Isolatoren haben zwei Rollen, in welche die Drähte in Form von Schlingen eingehängt werden. Untereinander werden sie durch Abzweigungen verbunden, die an die Klemmen einer Sicherung, die sich im Innern des Isolators befindet, angeschraubt werden, der Kontakt wird durch einen Stöpsel hergestellt. Der Isolator ist in Fig. 115

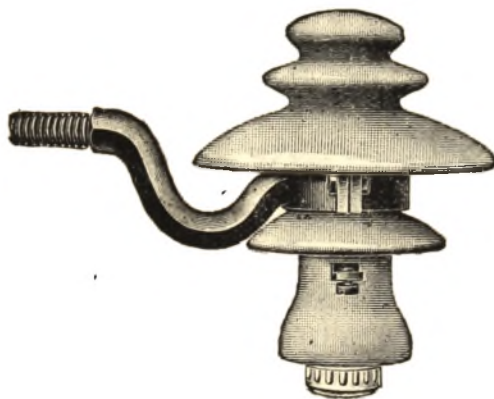


Fig. 115.

dargestellt, seine Anwendung in Fig. 116. (Siehe auch Sicherungen Seite 192—195.)

Die Querschnitte der Freileitungen bewegen sich gewöhnlich zwischen 6 und 12 mm. Kreuzt die Freileitung eine andere, durch welche Starkstrom geht, so ist eine Vorrichtung anzubringen, daß beim Reißen eines Drahtes keine Berührung der beiden Leitungen stattfinden kann. Dieses wird am besten dadurch erreicht, daß man zwischen beiden Leitungen ein Netz spannt, welches unter keinen Umständen ein Zusammentreffen derselben erlaubt.

Es gibt Fälle, in welchen es ausgeschlossen ist, eine Freileitung zu führen; sei es, daß dieselbe zu häufig Beschädigungen

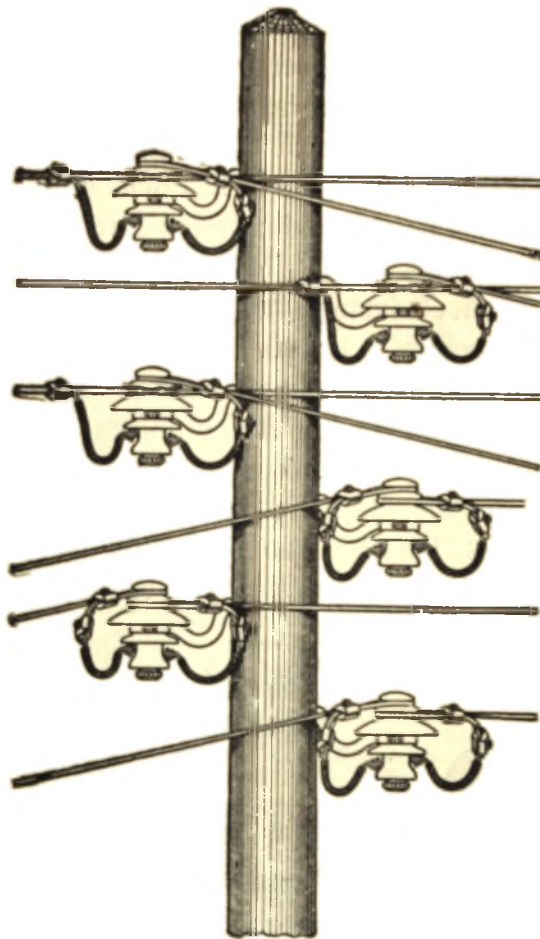


Fig. 116.

ausgesetzt und daher deren Instandhaltung zu kostspielig wäre, oder auch, daß die behördliche Bewilligung zur Verlegung derselben (die unbedingt eingeholt werden muß, wenn die Leitung über öffentliche Gründe führt) aus irgendeinem unanfechtbaren Grunde verweigert wird. Dann muß man die Leitung unterirdisch als Kabel führen. In dieser Form stellt sich die Verlegung allerdings teurer, dagegen sind die Instandhaltungskosten einer Freileitung wesentlich höhere, so daß das größere Anlagekapital einer Kabelleitung bald amortisiert ist. Überdies bietet letztere, wenn sie unter Berücksichtigung des Lagermaterials regelrecht verlegt wurde, eine bedeutende Betriebssicherheit. Dem Uhrmacher werden ja auch kaum größere Kabelverlegungen vorkommen, und auf kürzere Strecken spielt der Preisunterschied keine wesentliche

Rolle. Betrachten wir zunächst das Material bei unterirdisch geführten Leitungen: Die Bleikabeln (wir nehmen sie vorläufig nur für Schwachstrom) bestehen aus gut isolierten Drähten, deren einer oder mehrere von einem Bleimantel fugenlos umschlossen ist bzw. sind. Die Fig. 117 zeigt ein derartiges Kabel. Wir sehen



Fig. 117.

bei D die Kupferseele, bei P eine aus Papier und Fäden bestehende Isolierung, bei J eine mit Compoundtränkung versehene Juteumspinnung und endlich bei B einen Bleimantel. Um das Kabel auch vor Verletzungen zu schützen und ihm eine größere Abreißfestigkeit zu erteilen, gibt man bisweilen zwischen Juteumspinnung und Bleimantel eine Lage von verzinkten Stahldrähten SD, wie in Fig. 118 ersichtlich ist. Diese Kabel werden vorteilhaft

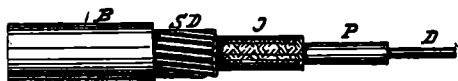


Fig. 118.

für längere Leitungsstrecken angewendet. Für die Tiefe der Verlegung des Kabels, sowie die Art derselben ist die Länge des Weges wie auch die Eigenschaften des Erdmaterials maßgebend. In festem Erdreich und auf kurzen Strecken kann man das Kabel in geringerer Tiefe und ohne weiteren Schutz verlegen. Anders in sandigem Grunde, wo häufig Terrainbewegungen vorkommen. Hier muß man vor allem die sicherste Strecke wählen, hebt einen Graben über die Länge der Strecke aus und legt einen Holzschlauch ein (Fig. 119), der mit dem festen Grunde verankert, d. h. zeitweise durch eingeschlagene Piloten gesichert wird. Das Kabel wird hierauf eingelegt, die Holzdecke geschlossen, und der Graben verschüttet. Diese Art der Verlegung läßt ein nachheriges Kontrollieren und eventuelles Auswechseln der Kabel zu, ohne den ganzen Graben öffnen zu müssen, da sich das Kabel leicht aus dem Schlauche herausziehen und auch wieder einziehen läßt. Bei hängendem Terrain ist überdies für eine zeitweise Befestigung

des Kabels Sorge zu tragen, da sonst leicht ein Reißen des Mantels und der Seele eintreten könnte.

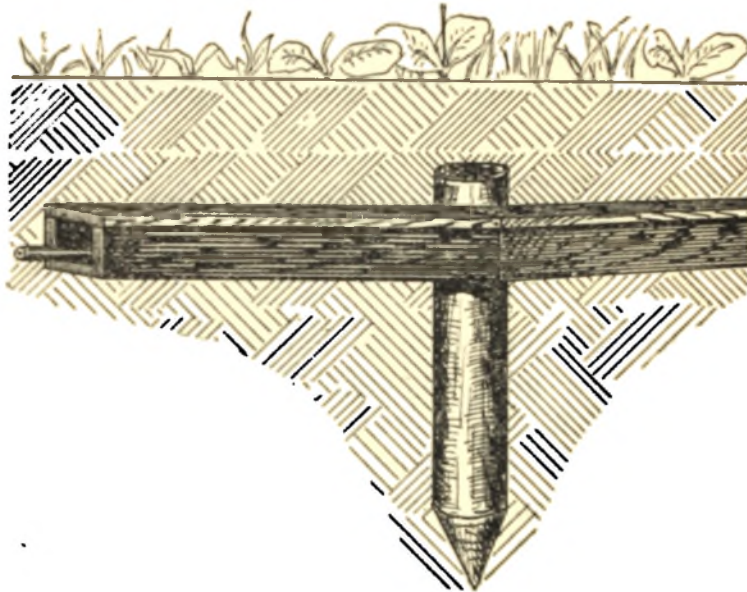


Fig. 119.

Beim Anschluß einer Hausleitung an eine Kabelleitung führt man letztere in einer ausgestemten Ritze der äußeren Hausmauer bis zu einem in dieselbe eingelassenen Anschlußkasten. Derselbe besteht aus einem viereckigen Holzkästchen, dessen Blechtüre mit Scharnieren angeschlagen ist und mittels Schloß abgesperrt werden kann. (Fig. 120.)

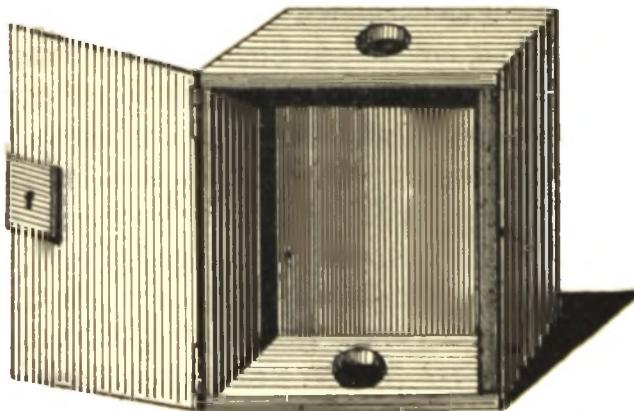


Fig. 120.

Oben und unten vermitteln zwei Löcher den Einlaß der Hausleitung, bzw. des Kabels. Das Kästchen wird so tief in die

Mauer eingelassen, daß das Türchen in einer Flucht mit derselben liegt. (Fig. 121.) Streicht man das Türchen in der Farbe der

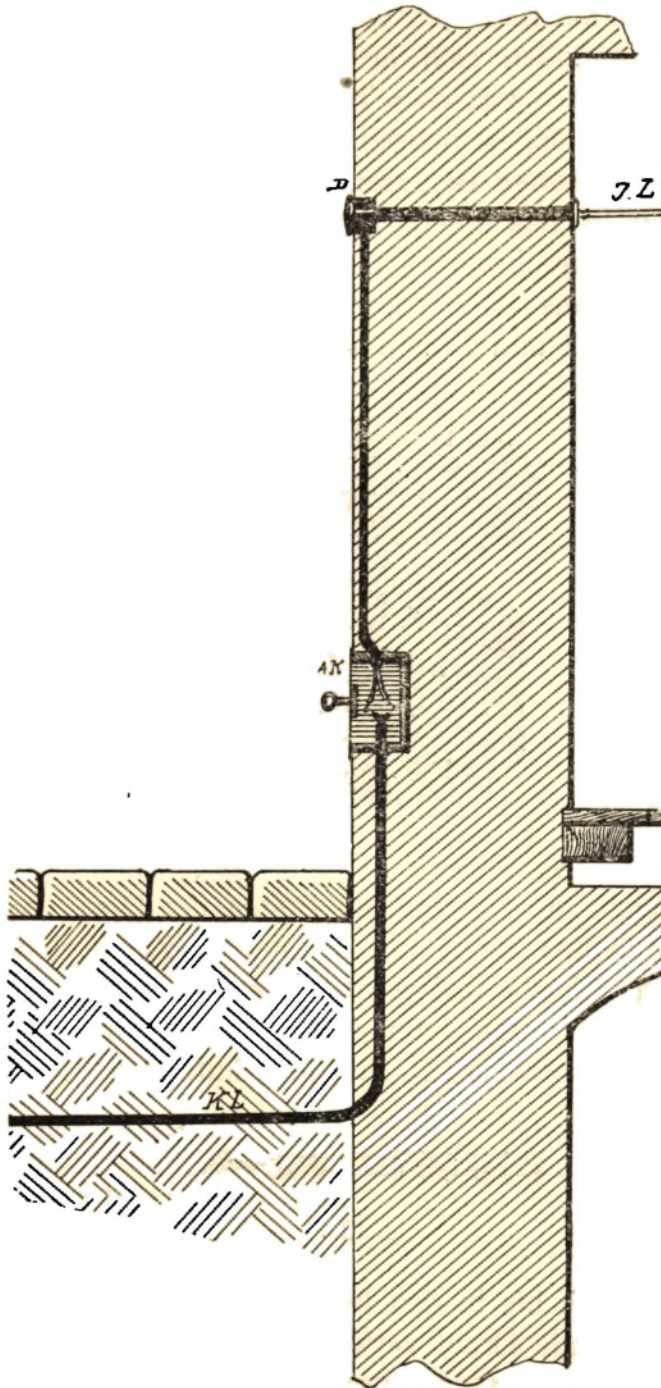


Fig. 121.

Mauer, so wird der Anschluß möglichst unauffällig sein. Das Bleikabel wird von unten, die Hausleitung von oben in den Anschlußkasten geführt. Innerhalb desselben werden die Seelen der beiden Leitungen mit Klemmen verbunden und isoliert. Bei Starkstromleitungen befinden sich in dem Anschlußkasten noch die Abschmelzsicherungen zwischen beiden Leitungen, welche an die Klemmen derselben angeschlossen werden. Die Hausleitung wird in einem eingemauerten Bergmannrohr bis zur Durchbruchstelle, an welcher sie in das Innere des Raumes treten soll, geführt. Hier wird der Durchbruch vollzogen und entweder ein Holzkästchen oder eine aus lackierter Papiermasse bestehende runde Abzweigdose (Fig. 122 und D in Fig. 121) eingesetzt. Die Leitung



Fig. 122.

führt durch ein in die Öffnung am Boden der Dose eingeführtes Bergmannrohr in das Innere des Gebäudes. Zur Verbindung der Innenleitung mit dem Kabel wird ein mit Gummi isolierter und gegen Feuchtigkeit durch imprägnierte Umspinnung geschützter Draht (Fig. 123) verwendet. Zu dem kurzen Stücke von der



Fig. 123.

letzten Abzweigdose bis in den Innenraum kann der daselbst zur Verlegung gelangende Draht verwendet werden, und wird in der Abzweigdose mit dem Gummidrahte durch Klemmen verbunden und sodann isoliert. Verlegt man eine Leitung für Starkstrom,

so ist, unbehindert ob man den Strom durch Vorschaltwiderstände schwächt, die gesamte Leitung nach den behördlichen Vorschriften für die Verlegung von Starkstrom auszuführen. In Deutschland und Oesterreich gelten hierfür speziell strenge Bestimmungen und es ist immerhin besser, eine Leitung gleich zu Beginn diesen Vorschriften entsprechend zu verlegen, als zu riskieren, daß späterhin die Anlage von dem in Betracht kommenden Elektrizitätswerke nicht angeschlossen wird. Bevor wir uns in die Details der Leitungsmontage einlassen, betrachten wir eine Leitung als solche im ganzen. Die Elektrizitätswerke (siehe auch Seite 150 bis 154), die Erzeugungsstätten für unseren Strom, leiten denselben mittels Kabel oder Freileitung an die Orte, an welchen er verbraucht wird. Und zwar ist er innerhalb gewisser Grenzen in verschiedenen Stärken zu entnehmen.

Die entnommene Stromstärke richtet sich nach dem Widerstande der angeschlossenen Apparate. Es ist möglich, daß bei zufälliger oder beabsichtigter Entnahme des Stromes in einer höheren als der maximal zulässigen Stromstärke die Kabel selbst oder mindestens die Isolierung der Seelen durch stärkere Erwärmung leiden würden. Aus diesem Grunde werden dieselben durch Abschmelzsicherungen derart geschützt, daß die Einsätze der Sicherungen bei höherer als der zulässigen Belastung abschmelzen und den Strom unterbrechen. Da natürlich der durch die Hauptleitung gehende Strom der Summe aller durch die einzelnen Abzweigungen gehenden Stromstärken entspricht, (Seite 84), so muß der Querschnitt des Kabels dementsprechend groß angenommen werden, wogegen die Abzweigleitungen nur etwas stärker sind, als sie mit Rücksicht auf den abgeleiteten Strom sein müßten. Da nun die Gefahr vorliegt, daß im Falle eines Kurzschlusses auch diese Leitung zerstört würde, ohne die sehr starken Sicherungen in der Zentrale selbst durchzuschmelzen, muß die Anschlußleitung unmittelbar beim Anschlusse an das Kabel ebenfalls gesichert werden. Die Hausanschlußleitung wird durch Vorschalten von Sicherungen zwischen ihr und der Kabelanschlußleitung gesichert, darauf folgt der Verbrauchsmesser und hinter demselben die Sicherungen der eigentlichen Uhrleitung.

Das Schaltungsschema in Fig. 124 zeigt uns die Anlage der Sicherungen. KL ist die Kabelleitung, HK sind die Sicherungen

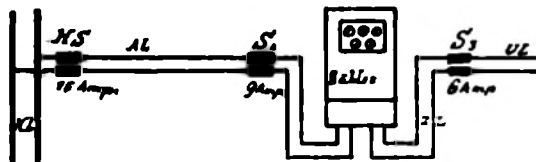


Fig. 124

des Kabelanschlusses, AS ist die Kabelanschlußleitung, S_2 sind die Sicherungen des Hausanschlusses, hinter demselben die Hausanschlußleitung bis zum Zähler, die Zählerleitung ZL— S_3 , welche die Sicherungen der Uhrleitungen darstellen, ferner die Uhrleitung UL. Die Sicherungen sind den Teilstrecken der Leitung angemessen, dimensioniert und stets so bemessen, daß sie in abfallender Richtung schwächer werden. So sehen wir im Schaltungs-schema (Fig. 124) die Sicherungen für einen Stromdurchgang von 5 Ampère und zwar: Das erste Paar am Kabelanschluß mit 15 Ampère, das nächste (Hausanschluß) mit 9 Ampère und die letzten (vor der Leitung) mit 6 Ampère.

Die Hausanschlußsicherungen müssen in versperrenbaren Kästen untergebracht sein. Damit diese möglichst kompensiös ausfallen, werden sie aus Guß hergestellt und enthalten nicht mehr Innenraum als zur Unterbringung der nötigen Sicherungen gebraucht wird. Die von der A. G. Siemens & Halske hergestellten Hausanschlußsicherungen sind in Fig. 125, 126 und 127 dargestellt. Der geöffnete Kasten (Fig. 125) ist für 2 Sicherungen, der ge-

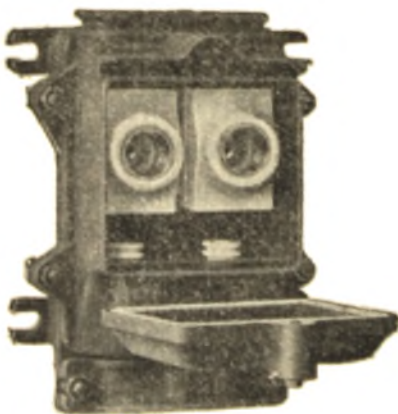
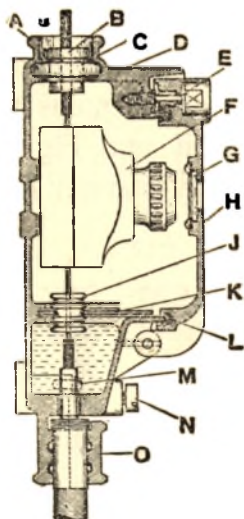


Fig. 125.



Fig. 126.

schlossene Kasten für 3 Sicherungen eingerichtet. Fig. 127, der Schnitt durch den Kasten zeigt seine Inneneinrichtung.



- A Unterteil
- B Isolierbüchsen
- C Herausnehmbare Stirnwand
- D Oberteil
- E Verschlussschraube
- F Sicherung
- G Fenster
- H Klappdeckel
- J Durchführungsrolle
- K Herausnehmbare, zweiteilige Trennwand
- L Gummidichtung
- M Erdungsschraube für das Kabel
- N Erdungsschraube für das Gehäuse
- O Kabelschelle

Fig. 127.

Bei der Installation einer Anlage mit Anschluß an das Starkstromnetz fragt sich nun: Wieweit obliegt es dem Monteur, die Leitung auszuführen?

Die Elektrizitätswerke stellen die Leitung von dem Kabel bis zu den Sicherungen des Hausanschlusses her. Von hier an, einschließlich der Sicherungen, ist die Leitung vom Monteur der Anlage herzustellen.

Wie erwähnt, spielen die Sicherungen eine große Rolle. Von ihrem guten Funktionieren hängt bei einem Kurzschluß oder einem sonstig unbeabsichtigt hervorgerufenen starken Stromdurchgange die Größe der Störung, eventuell deren Folgen ab. Aus diesem Grunde wurden Bestimmungen über die Verwendung von Abschmelzsicherungen erlassen.

Eine derselben betrifft die Unverwechselbarkeit der Schmelzeinsätze oder mit anderen Worten, die Sicherungen müssen derart konstruiert sein, daß Einsätze für höhere Ströme auf Unterteile, welche für geringere Stromstärken bemessen sind, nicht passen, so daß in einem bestimmten Unterteil nur Sicherungen für die gleichen Stromstärken oder aber nur für niedere Stromstärken eingesetzt werden können. Dadurch wird vermieden, daß aus Unachtsamkeit oder irgendeinem anderen Grunde mit einem

stärkeren Einsatz versehene Sicherungen bei größerer Belastung nicht abschmelzen würden und eine Beschädigung der Leitung stattfinden könnte.

Sicherungen, welche diesen Vorschriften entsprechen und sehr häufig in Verwendung sind, wurden von Siemens und von Edison konstruiert. Fig. 128 zeigt eine komplette Siemens-Sicherung, Fig. 129 den Unterteil, Fig. 130 den Oberteil und Fig. 131 einen Schnitt der zusammengesetzten Sicherung. In letzterer Darstellung

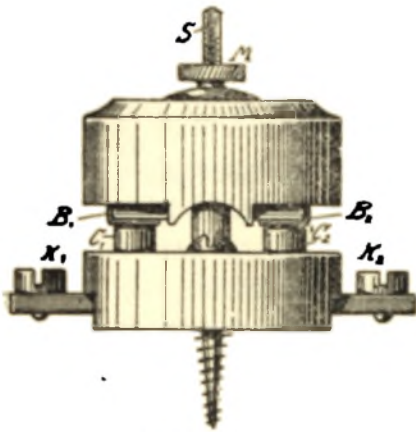


Fig. 128.

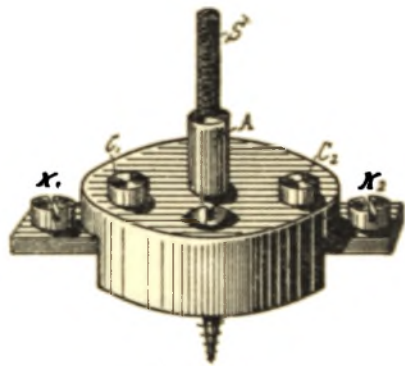


Fig. 129.



Fig. 130.

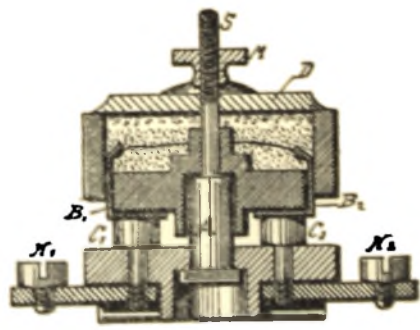


Fig. 131.

ist der Stromweg leicht zu verfolgen. Der Strom tritt bei K_1 der Anschlußschraube durch die Klemmen in den Kontaktknopf C_1 , von hier durch ein in den Oberteil eingelassenes Metallstück B_1 in das Innere desselben, woselbst der Schmelzdraht angelötet ist, welcher in einem Sandbette, das durch den Deckel D abgeschlossen wird, liegt und mit seinem zweiten Ende an das Metallstück B_2 gelötet ist. Von hier geht der Strom in den Kontakt-

knopf C_2 und durch die Schraube K_2 in die Leitung. Bei abgehobenem Oberteil ist der Stromweg unterbrochen, da zwischen C_1 und C_2 keine metallische Verbindung besteht.

Der Körper der Sicherungen ist aus Porzellan, isolierend und feuerfest. Die Einbettung des Schmelzdrahtes in Sand geschieht aus dem Grunde, weil ein wegspringendes Stück des glühenden Drahtes Veranlassung zu einem Brande bilden könnte. Die Unverwechselbarkeit der Einsätze wird dadurch erreicht, daß der Ansatz A , auf welchen das Oberteil der Sicherungen geschraubt wird, entsprechend der maximalen Stromstärke verschieden lang ist, ebenso wie die in dem Oberteil enthaltene korrespondierende Aussenkung und zwar wird, je niedriger die Stärke der Sicherung sein wird, die Senkung tiefer und der Ansatz länger sein, so daß höhere Sicherungen wegen der niedrigen Senkung und des längeren Ansatzes CA nicht mehr mit den Kontaktknopfen in Berührung kommen können.

Von den Edison Sicherungen zeigt Fig. 132 den Stöpsel oder Sicherungseinsatz, Fig. 133 die Seitenansicht, Fig. 134 die Draufsicht des Unterteiles bei abgehobenem Deckel und Fig. 135 den Schnitt

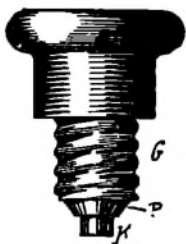


Fig. 132.

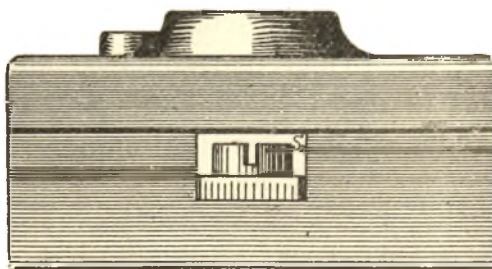


Fig. 133.

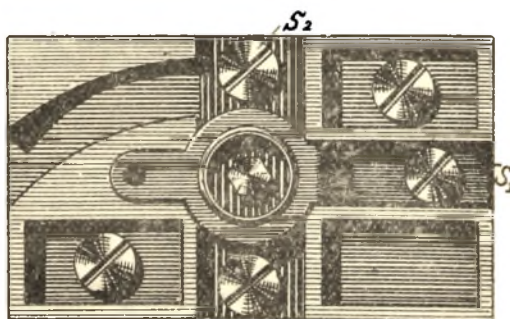


Fig. 134.

durch die komplette Sicherung. Der Körper der Sicherung ist aus Porzellan, ebenso der Stöpsel, welcher innen hohl ist.

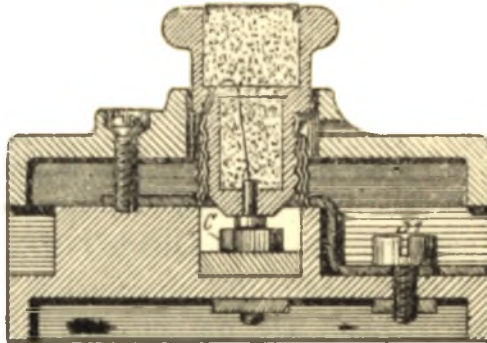


Fig. 135.

In einer Vertiefung des Unterteils liegt eine Metallbrücke an beiden Enden mit Anschlußschrauben S_2 , in der Mitte mit einer sechskantigen Kontaktschraube C versehen. Eine gebogene Metallbrücke, welche rechtwinkelig zur ersten gleichfalls in einer Vertiefung liegt, trägt die Klemmschrauben S_1 für die Ableitung und am anderen Ende ein Gewinderohr zur Aufnahme des Stöpsels. Wenn dieses Gewindestück mit der Kontaktschraube C leitend verbunden ist, so ist der Leiter geschlossen. Diese Verbindung stellt nun der Stöpsel her. Über denselben ist ein Gewinde aus Metall gepreßt, welches in das Gewinderohr paßt und unten ist ein Metallknopf, der in das Innere des Hohlraumes reicht. Hier sind beide durch

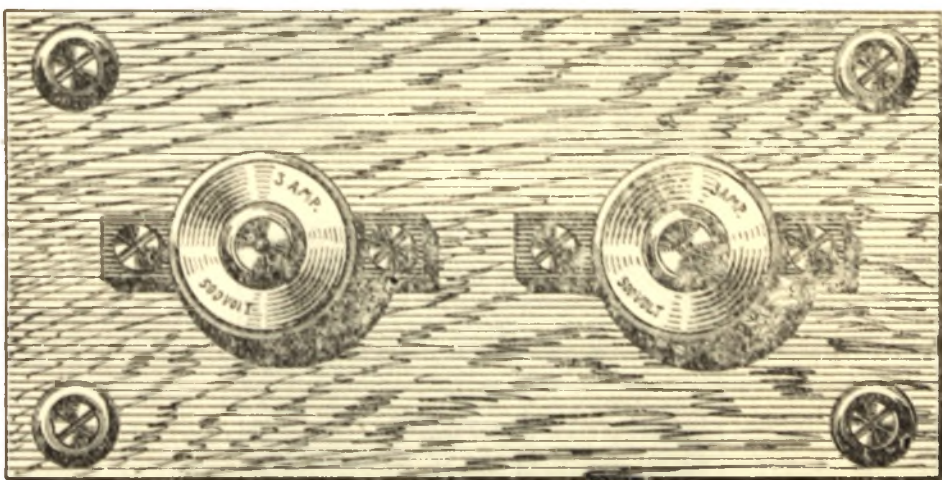


Fig. 136.

einen angelöteten Schmelzdraht verbunden. Der Hohlraum ist mit Sand oder Asbest ausgefüllt und durch einen Blechdeckel verschlossen. Die Unverwechselbarkeit der Sicherungsstöpsel wird durch verschiedene Längen der Kontaktschraube C und des Metallstöpsels K bewirkt.

Die Montage der Sicherungen geschieht entweder auf einer Marmorplatte oder einem Holzbrettchen, wobei letzteres durch Porzellaneinführungen und Unterlagsrollen von der Mauer isoliert ist. (Fig. 136 und 137.) Die Anschlußsicherungen selbst müssen

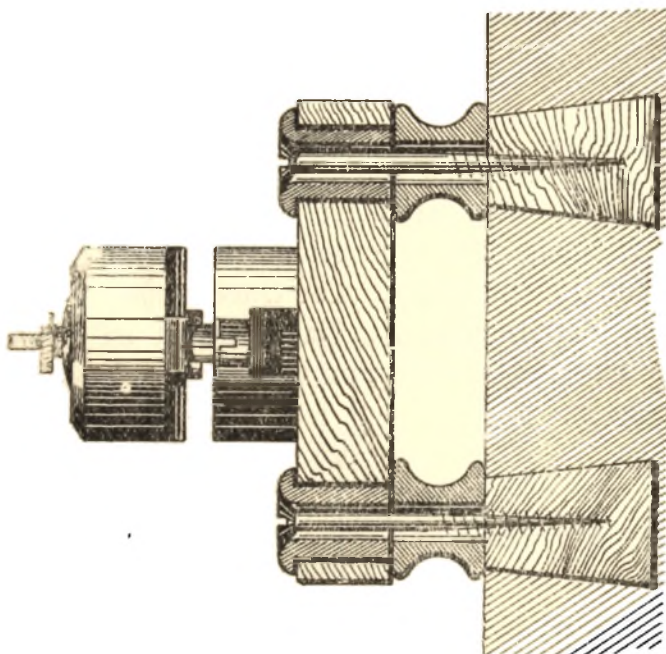


Fig. 137.

um sie Eingriffen Unberufener zu entziehen, in einem versperrbaren Kästchen eingeschlossen sein. (Siehe Seite 186 und 190.)

Die Anschlußleitung soll, wenn sie aus dem Keller oder durch einen feuchten Raum führt, niemals in Rohre verlegt werden, da sich in denselben Kondenswasser sammelt und die Isolierung ruiniert. Man nimmt daher zu diesem Zwecke Rohrdrähte, auf welche wir später zurückkommen oder legt gut isolierte Gummidrähte frei auf Porzellanrollen, eventuell legt man den Draht in nach unten offenen Stahlrohren (Peschelrohre). Die freien Leitungen werden entweder mit Holzschrauben in vorerst eingestemmte Holzkeile geschraubt (Fig. 138) oder man verwendet die aus Gußeisen hergestellten Dübel mit aufgesetzten Porzellanrollen

(Fig. 139), welche gleichfalls in die eingestemmtten Mauerlöcher vergipst werden. Die Verbindung des Drahtes auf der Rolle geschieht mit dem in Fig. 138 gezeigten Kreuzbund durch verzinkten



Fig. 138.

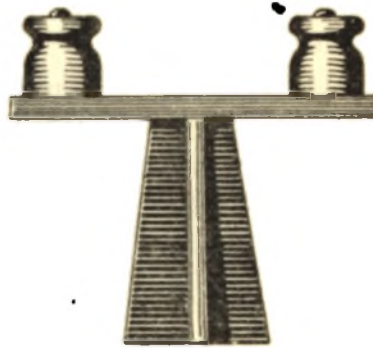


Fig. 139.

Eisendraht. Das Leitungsmaterial ist das in Fig. 123 gezeigte. Diese Art der Verlegung läßt eine leichte Kontrolle zu und ist aus diesem Grunde zu empfehlen. Die Querschnitte des Drahtes richten sich nach der Belastung. Nachstehend ist eine kleine Tabelle mit den für die Zwecke des Uhrmachers ausreichenden Dimensionen gegeben.

Tabelle V.

Querschnitt	Durchmesser	Höchstzulässige Belastung	Widerstand in Ohm für 1 m
0.75 mm ²	0.95 mm	4 Ampère	0.02215 Ω
1 „	1.15 „	6 „	0.0153 „
1.5 „	1.35 „	10 „	0.0131 „
2.5 „	1.8 „	15 „	0.00884 „
4 „	2.3 „	20 „	0.00419 „
6 „	2.8 „	30 „	0.00283 „

Jede Leitung, welche teilweise im Freien geführt wird, muß auch gegen atmosphärische Entladung gesichert werden, d. h. man schaltet zum Schutze der an sie angeschlossenen Apparate eine Blitzschutzvorrichtung ein, welche ein direktes Übergehen der atmosphärischen Entladung in die Erde ohne Beschädigung der Apparate bewirkt. Eine derartige Vorrichtung für einen Zweileiter ersehen wir in Fig. 140. Die beiden nach unten mit Zacken

versehenen Metallplatten a und b sind auf einem isolierenden Unterteile befestigt und unmittelbar hinter der Einführung in das

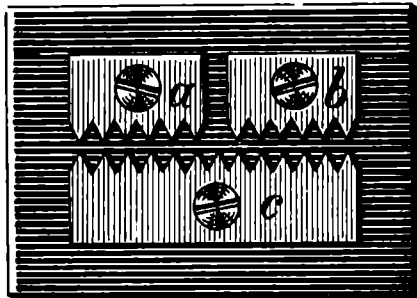


Fig. 140.

Gebäude, jedenfalls aber noch vor den zu schützenden Apparaten an diese angeschlossen (siehe Fig. 141). In ganz minimalem Ab-

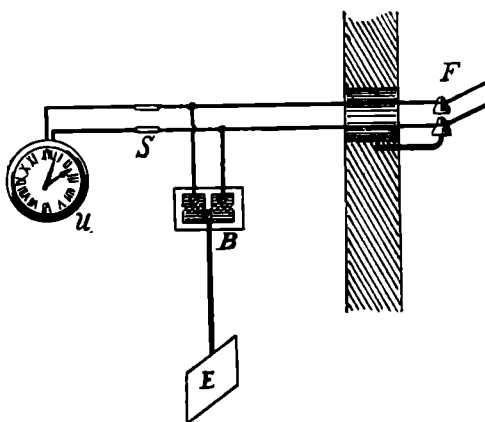


Fig. 141.

stande gegen diese beiden Platten ist eine gleichfalls gezackte Metallplatte C an den isolierenden Unterteil derart befestigt, daß die Zacken derselben denen der beiden ersterwähnten gegenüberstehen. Die Platte C ist durch einen dicken, mindestens 2.5—3 mm starken Kupferdraht geerdet, d. h. entweder an die Wasserleitung angeschlossen oder in Ermanglung einer solchen mit einer im Erdreich mindestens 2 m tiefliegenden Erdplatte von genügendem Flächenmaße verbunden. Anstatt voller Platten verwendet man zu diesem Zwecke auch Metallgitter aus gegen die Zerstörung durch Feuchtigkeit genügend geschützten Drähten. Deren Flächenmaß nimmt man gewöhnlich mit einem Quadrat-

meter oder höher an. Nicht empfehlenswert ist es, die Erdplatten in Brunnen zu versenken, da das Wasser insbesondere bei Kupferplatten sehr leicht vergiftet wird. Eine zweite Art von Blitzschutzvorrichtung zeigen Fig. 142 und Fig. 143. Zwei Metallrollen *a*

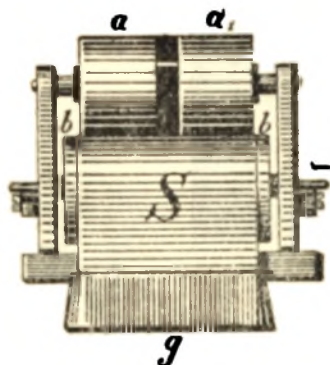


Fig. 142.

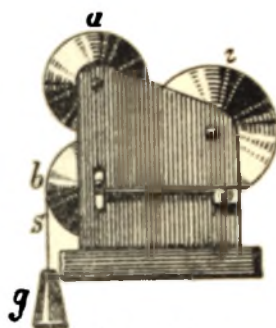


Fig. 143.

und *b* werden durch ein dünnes Seidenband *S* isolierend getrennt, welches mit genügender Reserve auf einer Vorratsrolle *r* aufgewickelt ist, zwischen den beiden Metallrollen durchgeht und das Gewichts- und Griffstück *g* trägt. Die Rolle *b* ist mit der Erde verbunden. Bei mehrfachen Leitungen ist die Anzahl der Rollen *a* entsprechend der Zahl der Leitungen zu nehmen und sind dieselben sowohl untereinander als auch von der Welle zu isolieren.

Die Verbindung derselben mit der Leitung wird durch Schleifedern bewirkt. Die Rolle *b* sowie das Seidenband werden entsprechend breit gemacht, damit sie die gesamten Rollen übergreifen.

Die Erklärung des Vorganges bei einer atmosphärischen Entladung unter Funktion der Blitzschutzvorrichtung ist folgende: Der niedriger gespannte Strom, welcher zur Betätigung der Apparate dient, ist nicht im Stande, den hohen Widerstand des Luftzwischenraumes, bzw. den des Seidenbandes, welche in den Schutzvorrichtungen die Leitungen von der Erde trennen, zu überwinden, und zieht daher vor, den Weg von größerer Länge und geringerem Widerstande in die Magnetwicklung zu nehmen. Die atmosphärische Entladung, welche unter hoher Spannung vor sich geht, nimmt den kürzesten Weg auch mit hohem Widerstande, durchschlägt das Seidenband, überspringt den Luftraum zwischen den Zacken,

ohne in die Magnetwicklung zu kommen, und geht durch die Erdleitung in die Erde über. Nach der Entladung sind die Zacken verbrannt und das Seidenband durchlöchert. Erstere müssen daher nachgefeilt, letzteres um ein Stück durch die Walzen nachgezogen werden, so daß eine unbeschädigte Stelle des Seidenbandes zwischen dieselben kommt. Aus diesem Grunde, wegen der einfachen Wiederherstellung, ist die Anwendung der Seidenband-Blitzschutzvorrichtung sehr beliebt. Man findet aber auch häufig Apparate, in welchen beide Arten kombiniert sind und daher eine erhöhte Sicherheit bieten,

Eine Sicherungsvorrichtung, welche noch außer den vorher beschriebenen den Übergang von atmosphärischen Entladungen sowie den Eintritt von Starkstrom im Falle der Berührung zweier Leitungen in die Apparate vermeiden soll, ist die in Fig. 144, 145 und 146 in drei verschiedenen Ansichten gezeigte Abschmelz-



Fig. 144

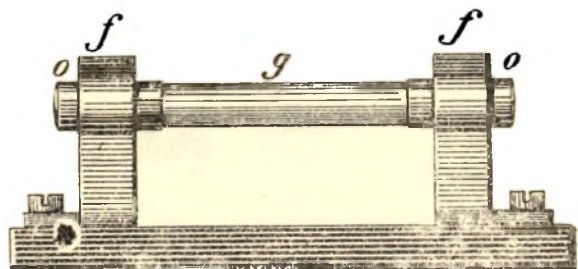


Fig. 145.

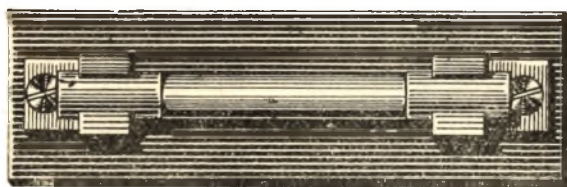


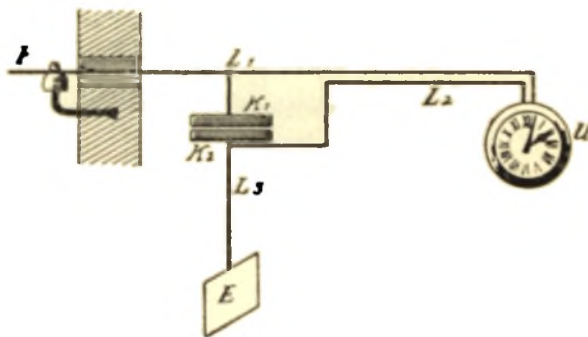
Fig. 146

sicherung. Dieselbe wird nach der Abzweigung zur Blitzsicherung und vor den zu schützenden Apparaten angeschlossen. Sie besteht aus einem kurzen Glasröhrchen, dessen Enden mit Metallkappen abgeschlossen sind. Die beiden Metallkappen sind innerhalb des Glasröhrchens durch einen dünnen Silberdraht leitend verbunden, welcher bei Durchgang eines stärkeren Stromes, als die zu schützenden Apparate vertragen, abschmilzt, und die Leitung daher

unterbricht. Durch die Wahl der Länge und des Querschnittes des Schmelzdrahtes, kann man das Durchschmelzen desselben für eine bestimmte höchste Stromstärke begrenzen. Diese Glasröhrchen werden zwischen Haltefedern f geklemmt, und zwar derart, daß jedes Federnpaar die Metallhülse des Glasröhrchens faßt und dadurch eine leitende Verbindung zwischen den beiden Federnpaaren der sonst bei abgehobenen Röhrchen an dieser Stelle unterbrochenen Leitung herstellt.

Diese Apparate sind alle für Anlagen berechnet, in welchen die Hin- und Rückleitung des Stromes in Leitungsdrähten vorgenommen wird, was unter allen Umständen die beste Anordnung ist.

Benutzt man zur Rückleitung die Erde, so hat man natürlich nur eine Leitung zu sichern und die Apparate erfahren eine entsprechende Verminderung der wirksamen Teile. Wir zeigen in Fig. 147 die schematische Darstellung eines Kohlenplattenapparates zum Blitzschutz für eine Anlage mit Erdschluß. Zu diesem



g. 147.

Zwecke sind zwei Kohlenplatten K_1 K_2 bis auf ganz geringe Distanz einander genähert und je eine mit der Erde, die andere vor dem zu schützenden Apparate oder der Uhr mit der Leitung verbunden. Der normale bei L_1 eintretende Strom nimmt seinen Weg durch die Uhr und über L_2 L_3 in die Erde. Einer Ablenkung des Stromes zum direkten Wege über K_1 , K_2 zur Leitung L und hier in die Erde steht der große Widerstand der Luft zwischen den Kohlenplatten entgegen. Bei Eintritt einer atmosphärischen Entladung aber nimmt der Blitz seinen Weg in der beschriebenen Weise durch die Kohlenplatten, indem er den kleinen Luftzwischenraum überspringt. Auch hier ist das Anbringen einer Schmelzsicherung zur Ergänzung der Anlage empfehlenswert.

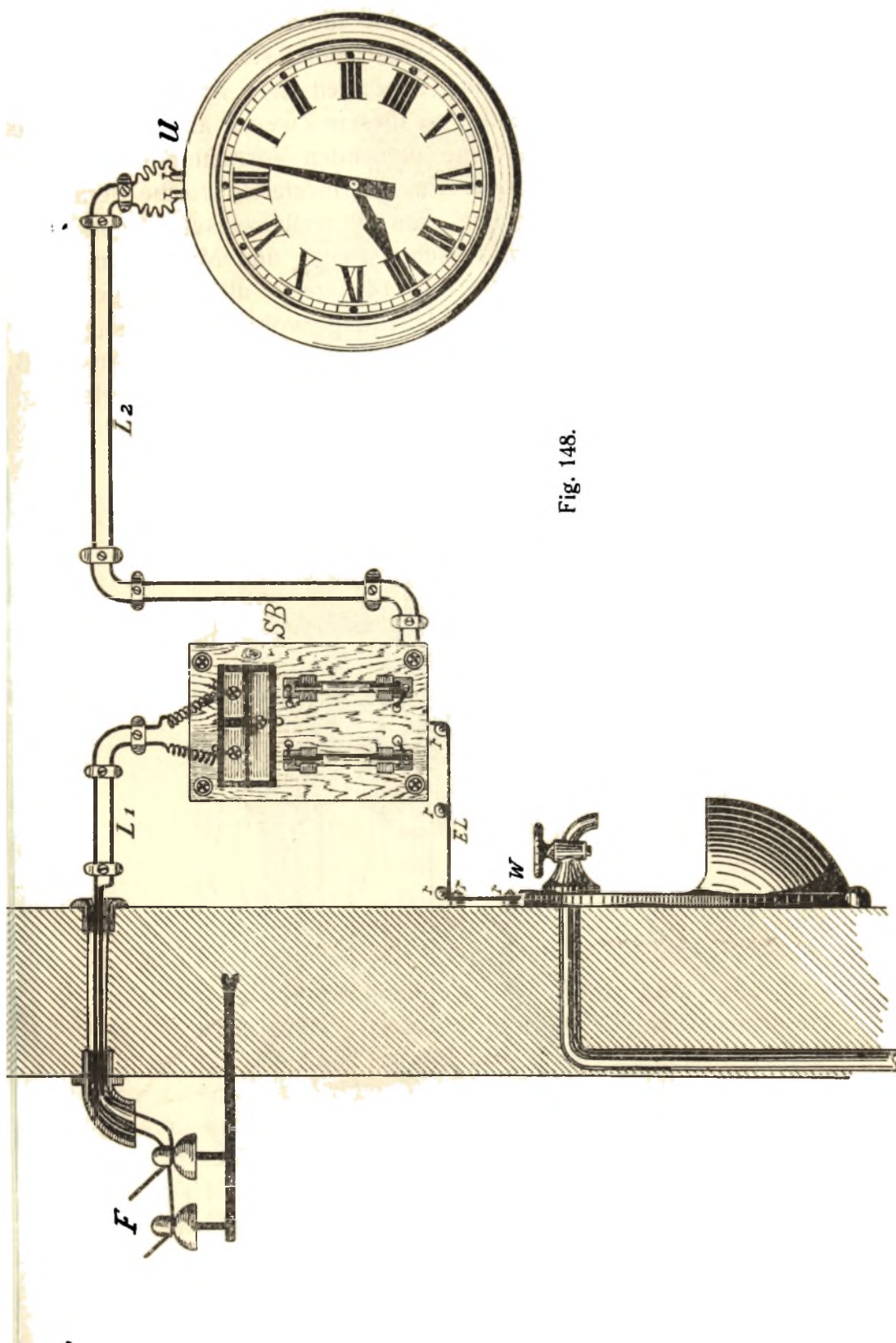


Fig. 148.

Natürlich ist es notwendig, daß die Schutzapparate zugänglich sind, und müssen, da sie selbstredend sichtbar sein werden, auch mit Rücksicht auf die Schönheit der Anlage sorgfältig montiert sein. Man befestigt zu diesem Zwecke alle zum Schutze und zur Sicherheit der Anlage dienenden Vorrichtungen auf ein hübsches Holzbrettchen oder eine Marmortafel, welche derart an die Mauer unter Benutzung von Porzellanzwischenlagen aufgeschraubt ist, daß sich zwischen Platte und Mauer ein freier Luftzwischenraum befindet. Fig. 149 zeigt die Montage einer Sicherheitsanlage der Zu- und Ableitung, wobei die Befestigungsart für feuchte Räume veranschaulicht wird, ferner den Anschluß der Erdleitung der Blitzschutzvorrichtung an die Wasserleitung.

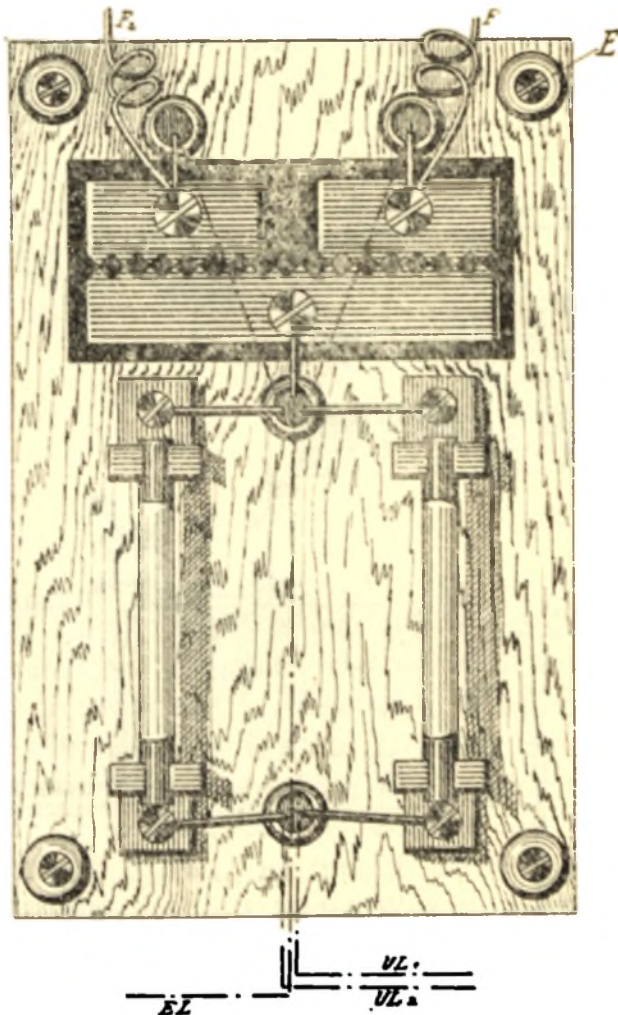


Fig. 149.

Fig. 149 und 150 zeigen das Sicherungsbrettchen in zwei Ansichten mit teilweiseem Schnitte durch die Befestigung. In Fig. 148

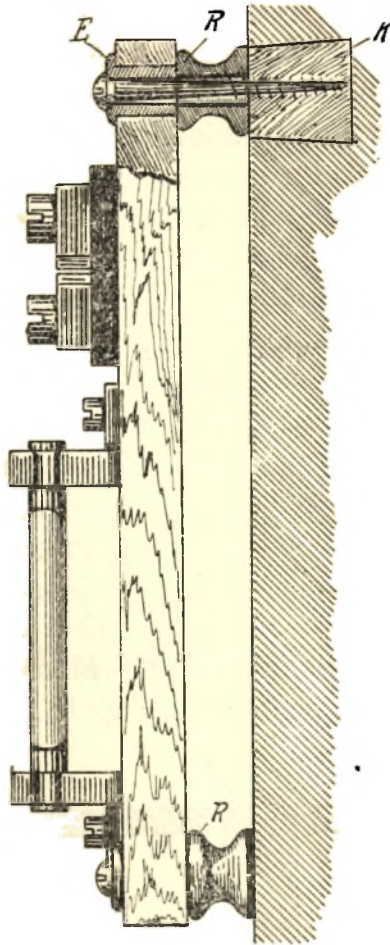


Fig. 150.

erfolgt der Eintritt von der Freileitung F durch die Einführung in den Raum, in welchem sie als Leitung L_1 zur Blitzsicherung und zu den Abschmelzsicherungen führt. EL bildet die Verbindung der Blitzschutzvorrichtung mit der Wasserleitung und durch diese mit der Erde, L_2 die Uhrleitung von den Schmelzsicherungen zur Uhr. Beim Anschluß der Erdleitung an die Wasserleitung ist darauf zu achten, daß der Draht an diese entweder angeschraubt oder angelötet wird, um eine solide Verbindung zu erhalten.

Wie in Fig. 149 ersichtlich, befinden sich am Brettchen in der Nähe der Klemmen kleine Porzellaneinführungen, welche er-

lauben, daß die Drähte zur Verbindung hinter dem Brettchen geführt werden, die strichpunktierten Linien markieren den Verlauf der Leitung hinter demselben.

Die Befestigung des ganzen Apparates an der Mauer geschieht durch Holzschrauben, welche in vorher daselbst eingestemmte und vergipste Holzkeilchen eingeschraubt werden, als Zwischenlagen dienen Porzellanrollen R, durch welche die Schraube geht. Vom Brettchen ist die Schraube durch Porzellaneinführungen E isoliert, so daß, auch wenn das Brettchen Feuchtigkeit ansammelt, keine Ableitung des Stromes zur Erde, außer der mittels Leitung bezweckten, erfolgen kann. Zur Abzweigung von Leitungen und zum Verbinden von Enden derselben verwendet man möglichst nur Klemmschrauben, um sie stets ohne Mühe wieder unterbrechen zu können. Diese Bindungsmethode ist ungemein vorteilhaft beim Untersuchen der Leitung, wenn es nötig ist, dieselbe stellenweise zu unterbrechen und Meßinstrumente anzuschließen.

Zum Zwecke der Ableitung wird der Draht an der betreffenden Stelle, wie in Fig. 151 ersichtlich, abisoliert, die Kupferstelle blank geschauert und die in Fig. 152 im Schnitte dargestellte

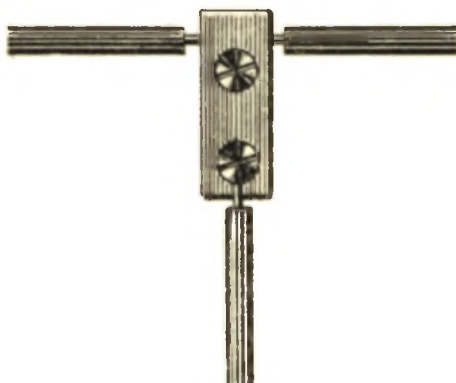


Fig. 151.



Fig. 152.

Klemme angeklemmt, auf das andere Ende wird mittels der dazu vorhandenen zweiten Schraube das abisolierte und zu einer Öse gebogene Ende des anzuschließenden Drahtes geschraubt und die blanken Teile wieder mit einem Isolierband (Leinenband mit Paragummi imprägniert) isoliert. Zum Verbinden zweier Draht-

enden nimmt man die in Fig. 153 dargestellten Klemmen oder die sogenannten Lusterklemmen, welche nur aus einer Messingschraube mit Mutter bestehen. Bei letzteren geschieht die Ver-

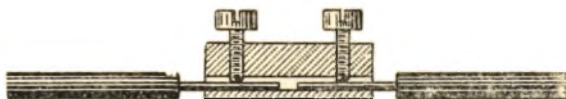


Fig. 153.

bindung, indem man an beiden abisolierten Drahtenden Oesen anbringt, die Messingschraube durchsteckt und mit der Mutter verschraubt. Das Isolieren geschieht auch hier mit Isolierband, es ist selbstverständlich, daß die Farbe desselben, um die Verbindungsstelle weniger auffallend zu machen, der Drahtfarbe ähnlich sein muß.

Werden die Drähte ohne Klemmen verbunden, so wird nach dem Abisolieren der Bindungsstellen und Abscheuern derselben der anzuschließende Draht an dem gerade laufenden in der in Fig. 154 gezeigten Art herumgewunden, wobei auf feste metal-

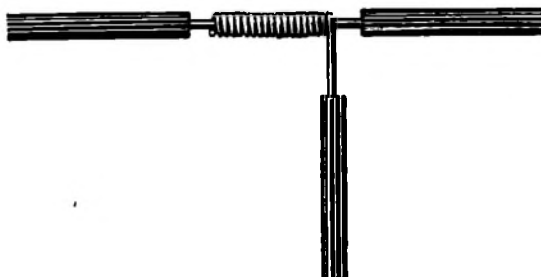


Fig. 154.

rische Berührung zu achten ist, und der entstandene Zwirl verbleibt. Um die blanken Stellen wird ein Isolierband herumgewunden. Verbindet man je zwei Enden miteinander, so läßt man den abisolierten Teil beider Enden eine Strecke nebeneinander laufen und beginnt in der Mitte derselben das eine Ende um den anderen Draht und dessen Ende um den ersten Draht zu winden. Fig. 155.



Fig. 155.

Auch hier müssen die Drähte verlötet und nachher isoliert werden. Werden Apparate an die Leitung angeschlossen, so ist es not-

wendig, die Anschlußenden länger zu lassen, damit beim eventuellen Abbrechen der Enden noch genügend Reserve vorhanden ist. Die langen Enden werden um einen runden Gegenstand z. B. einem Feilenhefte zu einer Spirale gewunden.

Im Gebäude selbst führt man, wenn möglich, die Leitung unter Verputz, wodurch sie unsichtbar wird. Sie darf aber keinesfalls nur eingemauert werden, sondern muß in sogenannten Gipsschläuchen, in Bergmannrohren oder in Peschelrohren oder als Rohrdrähte verlegt werden. Alle sind stellenweise durch eingesetzte Abzweigdosen (Fig. 156) unterbrochen, so daß man den

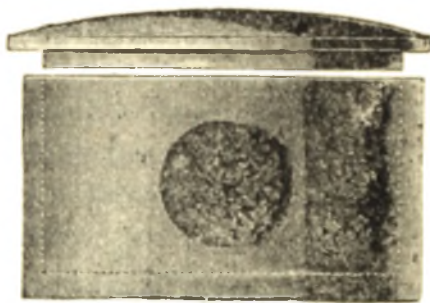


Fig. 156.

Draht nachträglich noch herausnehmen und wieder einziehen kann. Dies erleichtert nicht nur die vielleicht später stattfindenden Untersuchungen, sondern auch die Reparatur, weil man durch das Herausziehen des fehlerhaften Drahtes den neuen einziehen kann. Das Ziehen der Gipsschläuche erfolgt, indem man längs des Leitungsweges einen genügend tiefen und breiten Kanal stemmt, in denselben, bei einem Ende beginnend, ein Stück eingefetteten Gummischlauches legt, dessen äußerer Durchmesser der lichten Weite des Gips Schlauches entsprechen soll. Das Ende des Schlauches hält man in der linken Hand, während man mit der anderen den Kanal unter und über dem Schlauche vergipst. Hat der Gips etwas angezogen, so zieht man den Gummischlauch etwas heraus und verputzt auch diese Stelle, und so fort, bis in der ganzen Mauerstrecke ein schöner, glatter, runder Kanal entstanden ist. Um das nachherige Einziehen des Drahtes zu erleichtern, kann man gleich anfangs durch den Gummischlauch ein biegsames Stahlband einziehen, mit Hilfe dessen man dann den Leitungsdraht durchzieht. Die Verlegung der Bergmannrohre

geschieht, indem man in die eingestemmtten Ritze das Rohr legt und mit Gips verputzt. Wie die Abbildungen Fig. 157 — 162 zeigen, bekommt man dieselben in allen Winkeln und Bögen,

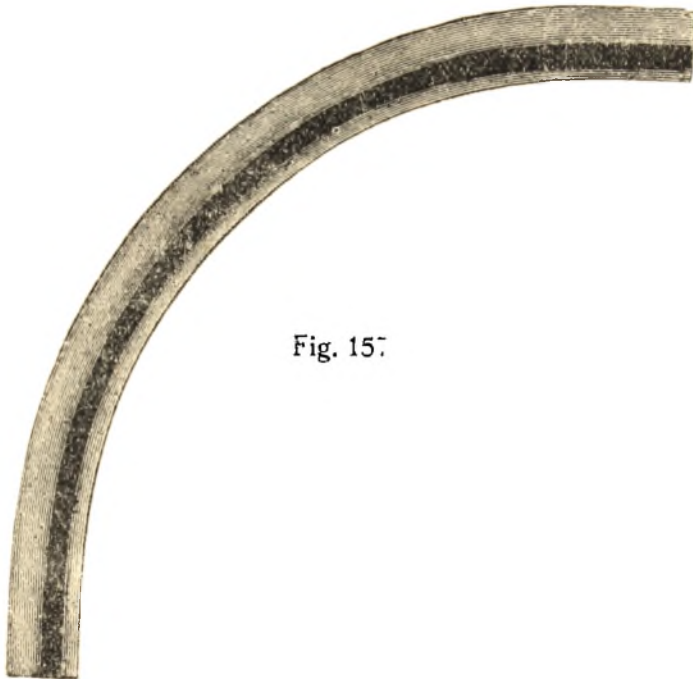


Fig. 157



Fig. 158



Fig. 159

welche man wiederum nach Bedarf an gerade Strecken reihen kann. Die Verbindung geschieht durch Muffen Fig. 163/164, welche beide Enden übergreifen. Zeitweise (insbesondere an Abzweigestellen) werden Kästchen aus dem gleichen Material der Röhren,



Fig. 160.



Fig. 161.



Fig. 162



Fig. 163.



Fig. 164.

welche mit einem Deckel versehen sind, eingesetzt, so daß die Leitung auf kürzere Strecken beim Untersuchen detailliert werden kann. Diese Kästchen erleichtern das Einziehen des Drahtes hauptsächlich bei Vorhandensein vieler Krümmungen. Die Bergmannrohre werden auch mit verbleitem Eisenmantel oder Messingmantel geliefert. In letzterer Form kommen sie bei der Verlegung über Verputz in Anwendung. Diese Rohre können gebogen werden, und zwar mit der sogenannten Rohrbiegezange, welche den Metallmantel auf der Innenseite der Biegung faltenförmig einkerbt. Die Befestigung der Rohre an der Mauer geschieht durch Rohrschellen, welche auf Stahldübel oder Holzdübel aufgeschraubt werden. Fig. 165. Die Stahldübel, welche zu verschiedenen Zwecken

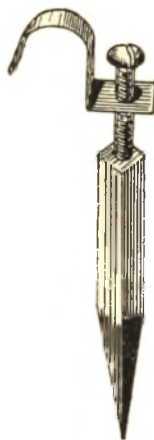


Fig. 165.

sehr gut verwendbar sind, bestehen aus einem viereckigem glas-harten Stahlstück, welches am Kopfe eine Bohrung mit Gewinde trägt. Diese Dübel werden in die Mauer geschlagen, dringen auch in die Ziegelsteine ein und sitzen sehr fest. Die Rohrschellen werden nun durch in die Bohrung passende Schrauben angeschraubt.

Eine vorzügliche Verlegung gewähren die Rohrdrähte, System Kuhlo, der Firma P. Firchow in Berlin.

Diese Drähte bestehen aus einer Kupferader, welche mit Gummi isoliert ist und dann einzeln Fig. 166 oder zu mehreren als Hin- und Rückleitung Fig. 167 168 von einem Metallmantel luftlos umschlossen sind, wodurch das Ansetzen von Feuchtigkeit



Fig. 166.



Fig. 167.



Fig. 168.

verhindert wird. Die mit verbleitem Eisenmantel armierten Drähte verwendet man unter Verputz, die mit Messing armierten Drähte für sichtbare Leitungen.

Einen Hauptvorteil dieses Materials bildet die nette, reinliche Verlegung, welche fast von einem Laien ausgeführt werden kann. Ein weiterer Vorteil ist der geringe Durchmesser, so daß bei unsichtbarer Verlegung nur seichte, schmale Ritzen im Verputz ausgehobelt werden müssen, bei sichtbarer Verlegung jedoch sie, infolge der geringen Erhebung über der Mauer, nicht störend wirken und gefällig aussehen. Für feuchte Räume verwendet man den Draht, welcher über den Metallmantel noch eine imprägnierte Umhüllung trägt, so daß der Metallmantel vor Zerstörung geschützt ist. Fig. 169. Der Metallmantel kann für Schwachstromanlagen



Fig. 169.

als Rückleiter benutzt werden, wodurch an Material und Arbeit gespart wird und deshalb die Leitung sich wesentlich billiger

stellt. Bei Starkstromanlagen ist diese Verwendung des Mantels als Rückleiter nicht überall gestattet. Die Rohrdrähte kommen in Ringen zum Verkaufe und müssen daher dort, wo sie in geraden Strecken verwendet werden sollen, erst ausgerichtet werden. Dies geschieht entweder von Hand aus oder mit dem Geraderichter Fig. 170, dessen Anwendung aus der Abbildung 171 ersichtlich ist.

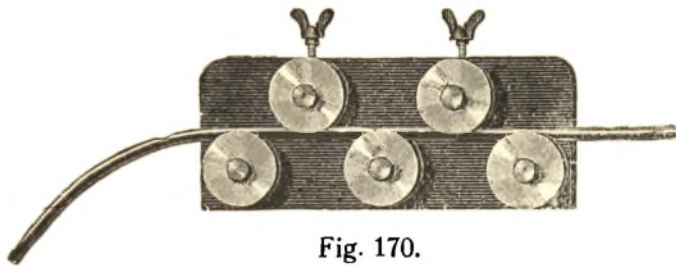


Fig. 170.

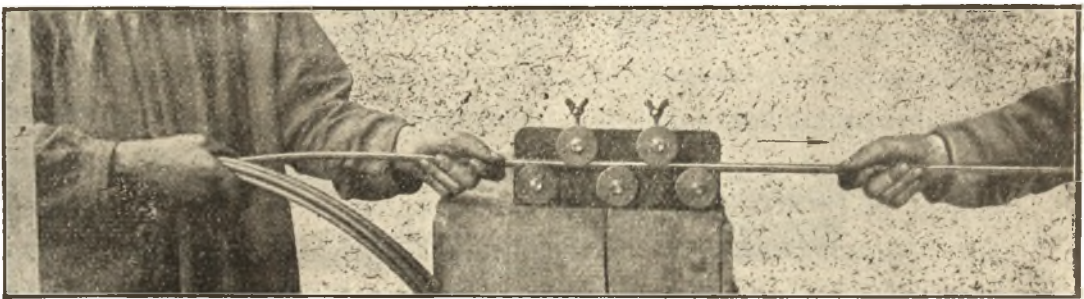


Fig. 171.

Zum Biegen der Kurven verwendet man die Biegezange Fig. 172, welche gleich einer Bügelzange funktioniert. Die Anwendung



Fig. 172.

zeigt Fig. 173. Zur scharfen Biegung der Leitung im rechten Winkel verwendet man aber das in Fig. 174 dargestellte Kniestück.



Fig. 173.

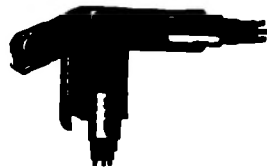


Fig. 174.

An der zu biegenden Stelle wird der Metallmantel entfernt und an seiner Stelle das aufklappbare Knie eingesetzt. Bei Verwendung des Mantels als Rückleiter muß das Knie mit dem Mantel metallisch fest verbunden sein, damit der Strom ungehindert abgeleitet wird. Bei allen Verbindungen müssen die Anschlußenden abisoliert werden. Hierzu verwendet man die Abmantelzange Fig. 175, mit der man das abzuisolierende Ende faßt, einige Zentimeter



Fig. 175.

herausstehen läßt, mit einer Beißzange den Falz faßt und den Mantel abreißt. Fig. 176. Hat man keine Abmantelzange zur



Fig. 176.

Verfügung, so feilt man den Mantel mit einer Dreieckfeile rundherum ein und zieht ihn mit einer Beißzange ab. Der Grat muß natürlich weggenommen werden. Die Befestigung der Rohrdrähte auf der Mauer erfolgt durch Stahldübel und Rohrschellen entsprechend kleinen Kalibers. Wird der Mantel als Rückleiter verwendet, so muß für einen guten Kontakt an den Verbindungsstellen gesorgt werden, zu welchem Zwecke die Mantelverbinder (siehe Fig. 177) in Verwendung kommen.

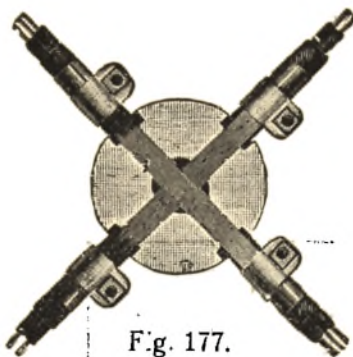


Fig. 177.

Zur Abzweigung verwendet man die in isolierenden Körpern eingeschlossenen Abzweigklemmen, von welchen Fig. 177 eine solche für vier Abzweigungen darstellt. Die Mäntel sind in diesem Falle als Rückleiter benützt und durch Mantelverbindungen mit einander geschlossen. Endlich ersehen wir in Fig. 178 eine

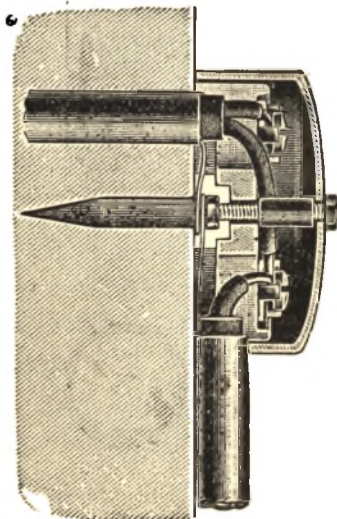


Fig. 178.

Anschlußdose zum Aufsetzen an die Mauer. Der aus isolierender Masse bestehende Dekel ist mit Schrauben an den die Klemmen tragenden Unterteil angeschraubt.

Eine ähnliche Art der Verlegung von Leitungen ist jene mit dem Peschelrohr.

Die Peschelrohre sind Stahlrohre ohne Isolierauskleidung und dienen zur Verlegung von Gummiaderleitungen offen und unter Verputz. Sie erfüllen nicht nur den Zweck eines Schutzrohres, sondern können auch als Nulleiterrohr, zur Leitung des Stromes verwendet werden.

Um die Zerstörung des Drahtes durch Kondenswasser zu verhindern, sind die Rohre geschlitzt und zum Schutze gegen eindringende Körper an dieser Stelle überlappt. Fig. 179.



Fig. 179.

Die Verwendung des Peschelrohres als Nulleiterrohr in Stromsystemen mit geerdetem Nulleiter bietet den wesentlichen Vorteil, daß die Rohre nur für einen einzelnen Draht Platz zu haben brauchen, also dünner gewählt werden können. Dadurch wird die Anlage wesentlich eleganter und die gesamte Montage gewinnt durch das Wegfallen der einen Drahtleitung an Einfachheit und Übersichtlichkeit. Durch die Ersparnis der halben Leitungslänge und die Verwendung dünnerer Rohre werden bei dieser Verlegungsart die Anlagekosten ganz bedeutend verringert. — Die Kontaktbildung, welche durch die starke Federung der Rohre an den Verbindungsstellen erzielt wird, hat sich ausgezeichnet bewährt. Das Einziehen blanker Kupferdrähte als Nulleiter ist nicht erforderlich. Der Metallquerschnitt der Rohrwand ist derartig bemessen, daß das Rohr eine mehr als ausreichende Leitfähigkeit hat. Messungen in ausgeführten Anlagen ergaben, daß der Spannungsabfall weit unter der zugelassenen Grenze blieb.

Peschel wurde zur Entwicklung seines Systems durch die schon früh erlangte Einsicht geführt, daß Gummibandisolierung für Leitungen unzulänglich und daß die wasseraufsaugende und wasserdurchlässige Papierisolation der Isolierrohre unzuverlässig sei. Daß Gummibandleitungen eine recht unvollkommene Gewähr für dauernd gute Isolation bieten, ist in neuerer Zeit von allen Seiten zugestanden worden, so daß die Verwendung solcher Leitungen auch durch die Sicherheitsvorschriften des W. E. V. und V. D. E. immer mehr eingeschränkt wird. Eine nennenswerte Verbesserung der Isolierfähigkeit der Isolierrohre ist kaum zu erwarten, da die isolierende Auskleidung nicht an allen Stellen des ganzen Rohrsystems wasserdicht und fortlaufend geschlossen gehalten werden kann. Aber auch, wenn man Gummiaderleitungen in Isolierrohr verlegt, ist noch keine völlige Sicherheit erreicht. Schadhafte Stellen der Gummiaderleitung können nämlich erfahrungsgemäß von keiner zur Zeit marktgängigen Rohrauskleidung auf die Dauer unschädlich gehalten werden. Beim Papierrohr machen sich solche Isolationsfehler erst nach längerer Zeit allmählich bemerkbar und führen zu den gefürchteten schleichenden Erd- und Kurzschlüssen. Gerade entgegengesetzt verhält sich das nichtausgekleidete Peschelrohr. Befindet sich in diesem an der Leitungshülle eine schadhafte Stelle, so macht sich sehr bald, meist gleich

bei der ersten Isolationsprüfung im frischen Neubau, der Fehler durch deutlichen Kurzschluß bemerkbar und fordert unbedingt sofortiges Auswechseln der schadhaften Stelle. Das Fortlassen der Isolierauskleidung ist demnach nicht nur zulässig, sondern vorteilhaft.

Die Stoßfuge wird in der Längsrichtung der Rohre durch Einbiegen des Stahlmantels überlappt.

Die Überlappung des Schlitzes verhütet, ohne die Federung des Rohres und die Verdunstung des Kondenswassers zu beeinträchtigen, das Eindringen von Mörtel usw. in das Rohr.

Die Abmessungen der Peschelrohre sind so gewählt, daß ihre äußeren Durchmesser mit den vom E. V. normalisierten äußeren Durchmessern der Isolierrohre übereinstimmen. Die Rohre lassen sich deshalb ohne weiteres in alle marktgängigen Typen von Anschlußapparaten einführen. Bei der geringeren Wandstärke der Peschelrohre ergibt sich daher der Vorteil, daß die lichte Weite größer ist als diejenige der Isolierrohre des entsprechenden äußeren Durchmessers, was zur Erleichterung der Leitungsverlegung wesentlich beiträgt.

So gestattet z. B. das 14 mm-Peschelrohr bequem die Einführung dreier Leitungen, während das entsprechende Isolierrohr noch gerade die Grenzabmessungen hat, um knapp zwei Leitungen einziehen zu können. Wird das Peschelrohr als Rückleiter verwendet, so kann man also mit einem Rohr gleichen Durchmessers drei Linien betätigen, während man mit den zwei in das Isolierrohr eingezogenen Leitungen nur eine Linie betätigen kann.

An trockenen Wänden wird das Peschelrohr mit Rohrschellen auf Stahldübel befestigt, an nassen Wänden muß es aber in einer Distanz von der Mauer gehalten werden, weshalb man die sogenannten Rohrschappeln nimmt, eine Art von Rohrschellen mit Zwischenlagen. Die Verbindung der Rohre untereinander und zum Anschluß an den Nulleiter geschieht mit dem Rohrverbinder, der Anschluß des Mantels an Klemmen durch die am Mantel aufgesetzte Anschlußmuffe. Fig. 180. Führt die Leitung aus der Mauer und zum Anschluß an ein anderes Leitungssystem, so verwendet man die eiserne Rohrpfeife Fig. 181, welche mit dem Mantel metallisch verbunden wird und zum Anschluß an den Leitungsdraht eine Klemmschraube trägt.



Fig. 180.



Fig. 181.

Das Peschelrohr ist nicht biegsam. Wird die Leitung von ihrer Richtung abgelenkt, so geschieht dies durch eingesetzte Bogenstücke Fig. 182, welche in jeder Länge und mit jedem Biegungsradius erzeugt werden, oder durch eingesetzte elastische Metallverbindungs-schläuche. Die Anwendung der Bogen geht aus Fig. 183 hervor, die Anwendung des biegsamen Metallschlauches aus den Abbildungen 184, 185 und 186. Werden



Fig 182.

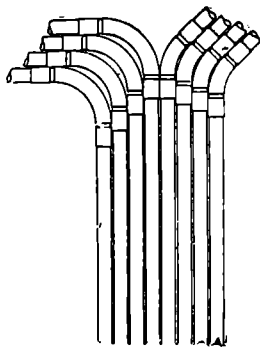


Fig. 183.

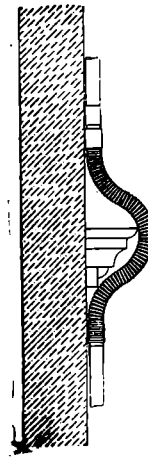


Fig. 184.

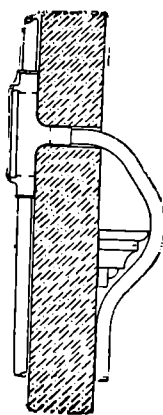


Fig. 185.

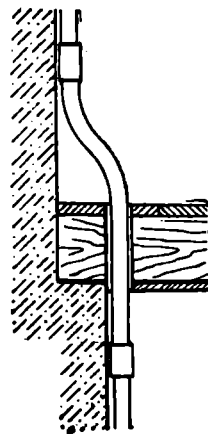


Fig. 186.

Gesimse von Leitungen gekreuzt, kann man die Überbrückung auch durch Zusammensetzen von Bogenstücken, die mittels Muffen verbunden werden, bewirken. Die Abbildungen 187 und 188 geben

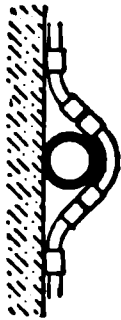


Fig. 187.



Fig. 188.

ein anschauliches Beispiel hierfür. Eine Form der Kuppelungsmuffe ist in Fig. 189 gezeigt, die Form der Anwendung ihrer Arten in Fig. 190.



Fig. 189.

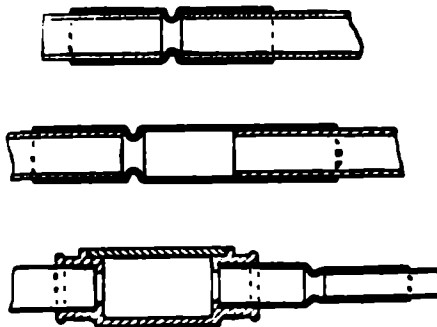


Fig. 190

Freiliegende Leitungen bekommen bei jeder Abzweigung sogenannte T-Stücke, Fig. 191, welche eine leichte Zugänglichkeit der Abzweigklappen und ein leichtes Aus- und Einziehen des Drahtes erlauben. Leitungen die unter Verputz liegen, zu dem gleichen Zwecke Dosen, Fig. 192, mit aufklappbarem Deckel.

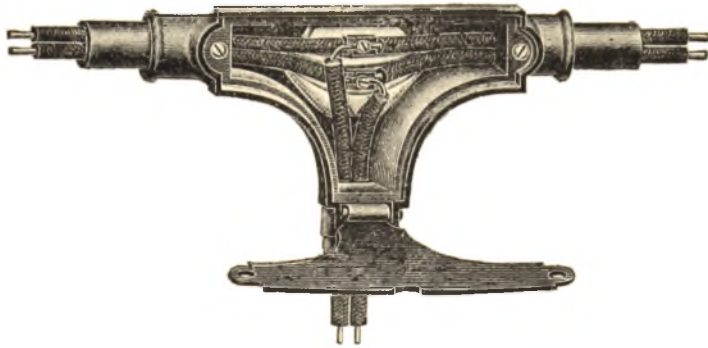


Fig. 191.



Fig. 192.

Das Abschneiden der Peschelrohre geschieht mit Dreieckfeile oder Säge, der Grat ist mit einer Rundfeile oder einem Krauskopf sorgfältig wegzunehmen. Werden die Peschelrohre in der Wand verlegt, so müssen sie bei horizontalen Strecken ein gewisses Gefälle bekommen, damit das Kondenswasser ablaufen kann. Bei horizontalen Strecken legt man die Rohre so, daß die Überlappung nach unten kommt, bei senkrechten, daß sie nach rückwärts liegt, bei Deckenbefestigungen kommt sie wieder nach unten ebenso beim Verlegen am Fußboden.

Beim Zusammensetzen der Rohre sind die Stoßenden abzuschneiden, und bei Verwendung als Nulleiter an jenen Stellen, wo sie mit Muffen verbunden werden, gut metallisch rein zu feilen oder zu schmirgeln und mit Kontaktpaste, welche eine sichere leitende Verbindung gibt, zu überziehen.

Wir kommen nun zum Schlusse zur Verlegung der Litzenleitung. Die Drähte (Fig. 193) bestehen aus dünnen, biegsamen Kupferdrähten, von denen jeder ungefähr 0.1 mm Durchmesser hat. Je nach dem Querschnitte des Leiters ist eine bestimmte Anzahl dieser Drähte zusammen von einer Gummiisolierung umgeben



Fig. 193.

und mit Eisengarn, Seide oder Zwirn umspinnen. Je zwei solcher Drähte werden dann zusammengewunden. Die Befestigung der Drähte auf der Mauer geschieht mittels Porzellanrollen, welche entweder durch Nägel oder Schrauben und Stahldübel an derselben befestigt werden. Der Draht wird über die Rolle in der durch Fig. 194 gezeigten Art darüber gezogen. Es ist hauptsächlich zu



Fig. 194.

achten, daß der Draht straff gespannt wird. Zu diesem Zwecke umwickelt man denselben vor der ersten und nach der letzten Porzellanrolle mit Isolierband oder bindet ihn mit einem Bindfaden, um zu verhindern, daß sich der Draht aufdrehen und die Spannung nachlassen würde. Bei den Durchbrüchen verfährt man nach der bereits beschriebenen Art. Biegt man um eine Ecke, so verwendet man Porzellanzwischenlagen (Fig. 195), um eine direkte Berührung des Drahtes mit der Mauer zu vermeiden. An den Anschluß-



Fig. 195.

stellen leitet man den Draht in Porzellankörper, die sogenannten Abzweigdosen, welche einen abschraubbaren Deckel besitzen. Innerhalb derselben wird die Verbindung durch Klemmen hergestellt. Das Abisolieren geschieht mit einem scharfen Messer, indem man rundherum die Isolierung einschneidet und vom Leiter

abzieht. Um das Aufgehen der Umspinnung zu verhindern, umwickelt man das Ende mit einem Isolierbande. Diese Art der Leitung ist rasch verlegt, übersichtlich und billig, bietet jedoch den Nachteil, daß sich der Staub ungemein rasch an die Drähte ansetzt und in Folge dessen die Leitung ein unreines, unschönes Aussehen annimmt.



Berechnung des Drahtdurchmessers nach dem höchstzulässigem Spannungsverlust in der Leitung.

Bei ausgedehnten Uhrleitungen ist der Spannungsverlust durch den Widerstand im Leiter streng zu berücksichtigen.

Bekanntlich berechnet man den Spannungsverlust e , wenn die Klemmenspannung E , der Widerstand W , und die Stromstärke J gegeben ist.

$$e = J \cdot W$$

Nachdem $J = \frac{E}{W}$ setzt man in die Formel ein

$$e = \frac{E \cdot W}{W} \text{ daher}$$

$$e = E.$$

Das heißt, der Spannungsverlust ist im ganzen Leiter gleich der Klemmenspannung.

Wir nehmen für die Erklärung das Schema einer Leitung in Fig. 196.

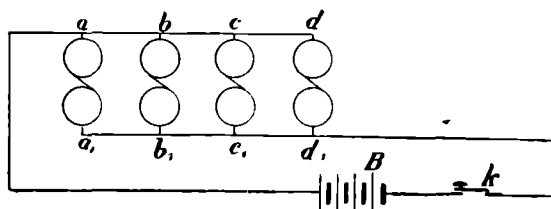


Fig. 196.

Es befindet sich die Batterie bei B, der Kontakt bei K, die Spulen der vier Nebenuhren sind parallel geschaltet zwischen den

Punkten $a a_1, b b_1, c c_1, d d_1$. Die Strecken $a d$ und $a_1 d_1$ laufen parallel, wobei der Strom geteilt wird und durch beide fließt. Die Querschnitte der beiden Leiter sind gleich, weshalb der Widerstand dieser Strecken ($a d$) im Leiter nur die Hälfte des Widerstandes eines einzelnen Leiters bildet.

Die vier Magnetwicklungen haben ebenfalls gleiche Widerstände und bilden eine vierfache Stromverzweigung, daher ist deren Gesamtwiderstand $\frac{1}{4}$ des Widerstandes eines einzelnen Magneten.

Die bloße Betrachtung ergibt, daß die Längen und damit auch die Widerstände der Zu- und Ableitungsdrähte jedes Magneten gleichlang sind. Bezeichnen wir mit Cu den positiven, mit Zn den negativen Pol der Batterie, dann ist:

$$Cua + a_1 Zn = Cub + b_1 Zn = Cuc + c_1 Zn = Cud + d_1 Zn.$$

Es wird also der Spannungsverlust im Leiter vor und hinter einem jeden Magneten, wenn man seinen Widerstand durch die ihm proportionale Länge ausdrückt, sein:

$$e = Cua \cdot J + A_1 Zn \cdot J \quad \text{oder} \\ e = (Cua + Zn a_1) J.$$

Für das hier eingesetzte Längenmaß der Leitung ist der zu bestimmende Widerstand zu setzen.

Ist uns die Stromquelle, und mit ihr die Klemmenspannung E gegeben, ferner die zum Betriebe der Magneten notwendige Stromstärke i und der Widerstand der Magnetspulen w_1, w_2, w_3, w_4 , so ist der Spannungsverlust (e_1) in den Magnetspulen (bei Gleichstrom)

$$e_1 = i \cdot w_1 \text{ usw.}$$

und der Spannungsverlust näherungsweise im Gesamtstromkreis gleich der Klemmenspannung, so muß der zulässige Spannungsverlust e im Leiter sein:

$$e = E - e_1$$

und da

$$E = J \cdot W, \quad \text{und} \quad e_1 = i \cdot \frac{w}{4}$$

so ist

$$e = J \cdot W - i \cdot \frac{w}{4}$$

$$W = w_1 + w_2$$

wobei w_l den Widerstand in der Leitung allein, w_s den Widerstand jeder der im Nebenschluß zueinander befindlichen Spulen bildet, deren Anzahl n ist.

Unter der steten Voraussetzung, daß die Spulenwiderstände gleich sind, lautet die obige Formel

$$e = J \left(w_l + \frac{w_s}{n} \right) - i \cdot \frac{w_s}{n}$$

und

$$E = J \left(w_l + \frac{w_s}{n} \right),$$

da uns der der Klemmenspannung entsprechende Spannungsverlust E im ganzen Leitungswege bekannt ist, so berechnet man den unbekannten Widerstand der Leitung w_l , indem man aus obiger Formel die neue bildet:

$$\frac{E}{J} = w_l + \frac{w_s}{n}$$

und daher

$$w_l = \frac{E}{J} - \frac{w_s}{n},$$

in Worten also:

Der höchst zulässige Widerstand der Leitung findet sich, wenn man die zum Betriebe der Magneten erforderliche Stromstärke in die Spannung der Stromquelle dividiert und hiervon den Widerstand der Magnetspulen abzieht.

Hierzu ist noch zu bemerken, daß der Widerstand der Magnetspulen bei Parallelschaltung kleiner ist als der irgend einer einzelnen, bei Hindereinanderschaltung aber gleich der Summen derselben. (Siehe Widerstand in zusammengesetzten und verzweigten Leitern). Wäre der Widerstand einer Leitung zu berechnen, wenn die parallel geschalteten Magnete (Sechs Stück) gleichen Widerstand (600 Ohm) hätten, die Klemmenspannung der Stromquelle (6 Akkumulatorzellen) 12 Volt beträgt, so ist der Widerstand der Leitung, wenn die Magnete 0.1 Ampere benötigen folgendermaßen zu berechnen.

Der Widerstand der Magnetspulen w ist:

$$w = \frac{W_s}{n} = \frac{600}{6} = 100$$

$$w_l = \frac{E}{I} - w = \frac{12}{0.1} - 100 = 120 - 100 = 20 \text{ Ohm}$$

Um also in den Magneten die Stromstärke von 0.1 Ampere zu erhalten, ist es notwendig, den Querschnitt der Leitung mit Rücksicht auf seine Länge so zu wählen, daß sein Widerstand nicht mehr als 20 Ohm beträgt.

Nehmen wir an, in unserem Beispiele wäre die Länge des Leitungsweges rund 800 m, so kämen auf einen Ohm Widerstand:

$$\frac{800}{20} = 40 \text{ mt. Leitung.}$$

In unserer Tabelle I finden wir daher den entsprechenden Drahtdurchmesser, wenn wir in der Reihe „Länge in Metern für einen Ohm Widerstand“ die unserer gefundenen Zahl am nächsten liegende nehmen, für welche wir auf derselben Zeile den Durchmesser ablesen.

In der Tabelle stimmen nun selten die Werte genau überein, so auch hier, wo wir zwei Zahlen wählen könnten; 36.57 und 45.14. Im ersten Falle ist der Durchmesser 0.9 im zweiten genau 1 m/m. Nehmen wir letzteren, so lassen wir uns noch eine gewisse Toleranz, indem der Widerstand der Leitung dann etwas kleiner sein wird.

In einer Uhrleitung ist die Stromstärke 0.02 Ampère. Drei an die Leitung in einer Serie angeschlossene Magnete müssen verschiedene Kräfte ausüben, weshalb sie verschiedene Windungszahlen und daher auch verschiedene Widerstände haben. Fig. 197

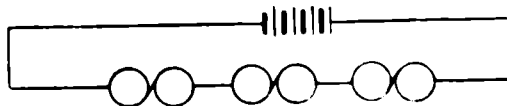


Fig. 197.

Diese sind: 60 Ohm, 120 Ohm und 140 Ohm. Wie groß darf man den Widerstand der Leitung machen, wenn die Spannung an den Klemmen der Stromquelle 8 Volt beträgt.

Der Widerstand der Magnetspulen ist in diesem Falle gleich der Summe der einzelnen Widerstände, und daher:

$$w = 60 + 120 + 140 = 320 \text{ Ohm.}$$

Der Widerstand der Leitung darf daher nicht höher sein, als:

$$w_l = \frac{E}{J} - w = \frac{8}{0.02} - 320 = 400 - 320 = 80 \text{ Ohm.}$$

Der Widerstand darf nicht höher sein als 80 Ω .

Ein dritter Fall sei gegeben:

Drei Magnete sind in einer Uhrenanlage parallel geschaltet und da jeder eine andere Kraftwirkung braucht, sind die Windungszahlen und die Widerstände verschieden.

Die Gesamtstromstärke im Stromkreis ist 0.05 Ampère.

Der Widerstand der ersten Magnetspule ist 400 Ohm, der zweiten 500 Ohm, der dritten 300 Ohm; wie groß ist der Widerstand der Leitung zu machen, wenn die Spannung der Stromquelle 10 Volt hat?

Der Gesamtwiderstand der Magnetspulen ist nach Seite 88:

$$W_n = \frac{n}{\frac{n}{w_3} + \frac{n}{w_2} + \frac{n}{w_1}} = \frac{60\,000\,000}{470\,000} = 127.7 \text{ Ohm}$$

$$w_l = \frac{E}{J} - w = \frac{10}{0.05} - 127.7 = 200 - 127.7 = 72.3 \text{ Ohm.}$$

Der Widerstand der Leitung ist also höchstens mit 72.3 Ohm anzunehmen.



Die Projektierung der Leitung für eine elektrische Uhrenanlage.

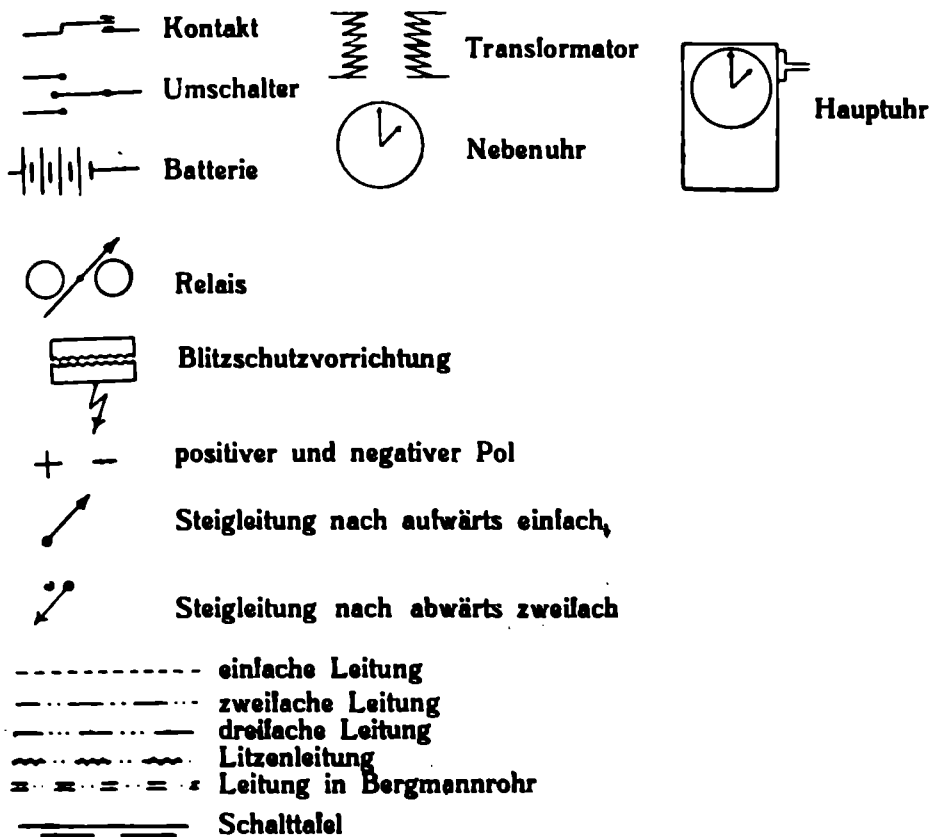
Die Projektierung einer größeren elektrischen Uhrenanlage ist eine Sache, die von zwei Gesichtspunkten aus sehr exakt behandelt werden will. Einerseits müssen in bezug auf die Wahl des Systems der Werke, dann der Batterie und des Leitungsmaterials alle örtlichen Verhältnisse berücksichtigt, daher alles dem bereits vorhandenen Unabänderlichem zweckentsprechend angepaßt werden; andererseits ist vom materiellen Standpunkt die Kostenfrage, die im gleichen Maße Käufer und Verkäufer interessiert, genau zu behandeln, da sonst entweder der Nutzen des Verkäufers oder aber seine Konkurrenzfähigkeit leidet.

Ist die Anlage in einem neuen Gebäude auszuführen, so wird gewöhnlich ein Bauplan beigelegt, sonst ist einer anzufertigen und mit den eingezeichneten Leitungen aufzubewahren. Später bei Reparaturen oder Erweiterungen der Anlage besitzt man im Plan stets Anhaltspunkte für dieselben, aber er ist auch für die Kostenvoranschläge und Schlußrechnungen schon unbedingt nötig.

Ein wenig Planlesen muß daher jeder, der sich mit größeren Anlagen beschäftigt, können.

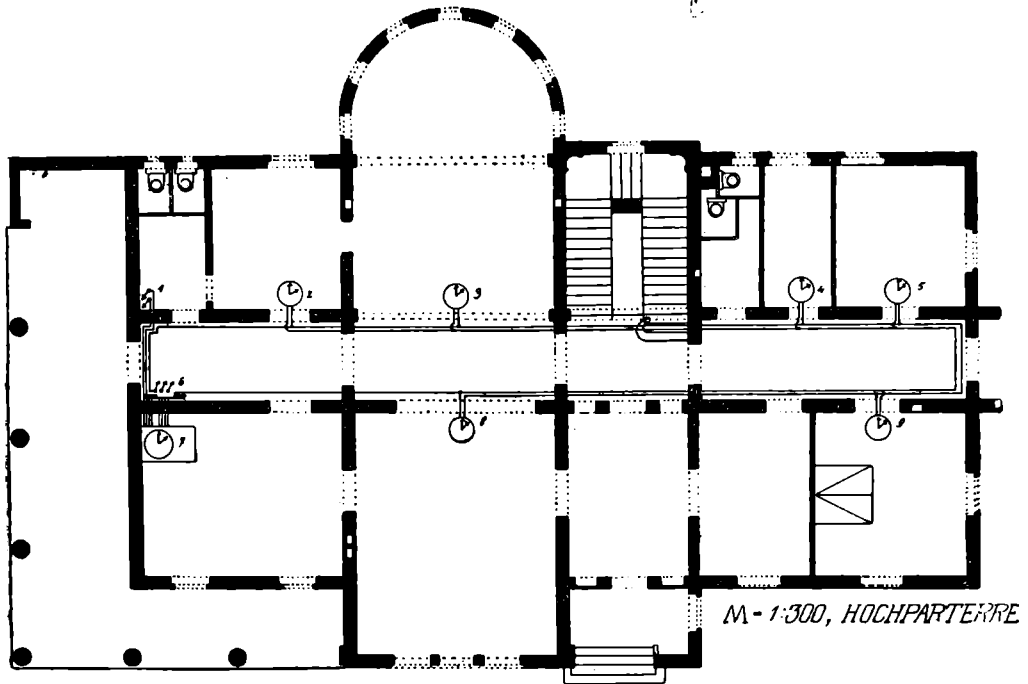
Zur Vereinfachung der Darstellung benutzt man im Plan Zeichen, welche die verschiedenen Objekte der Anlage an den ihnen bestimmten Orten erkennen lassen.

Diese Zeichen sind:

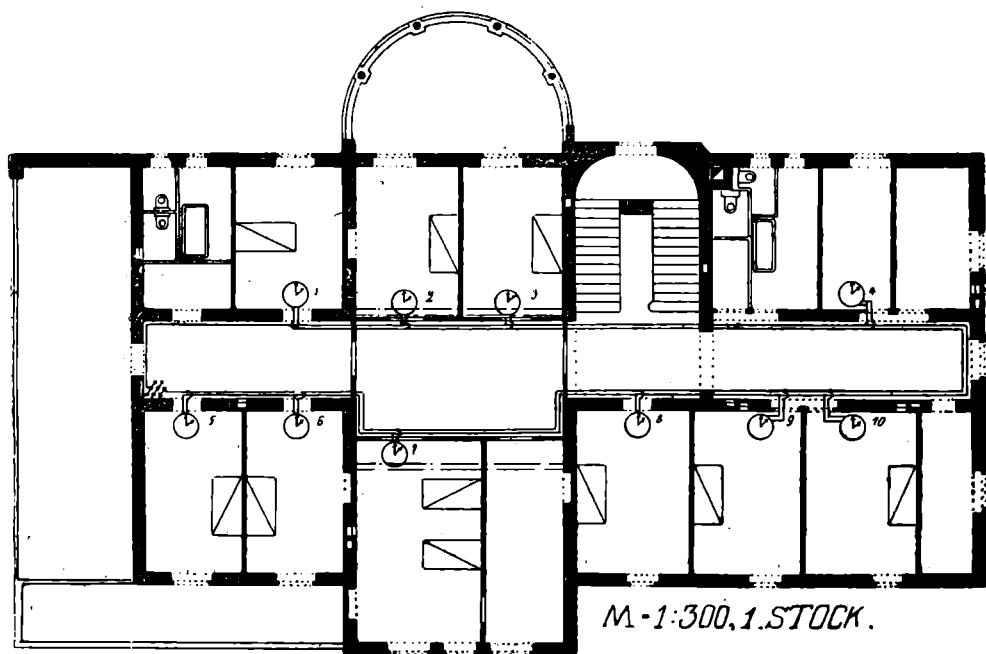


Als praktisches Beispiel für die Projektierung einer elektrischen Uhrenanlage wählen wir eine solche für ein Erholungsheim mit 2 Etagen, in denen 24 Nebenuhren, 1 Hauptuhr und die Akkumulatorbatterie mit der Schalttafel installiert werden sollen.

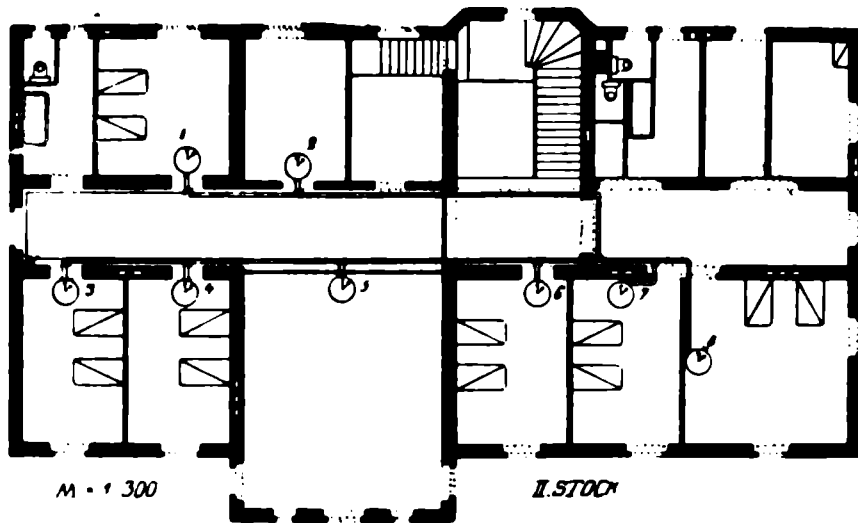
Die Anlage ist nach den Plänen I (Fig. 198), II (Fig. 199) und III (Fig. 200) derart auszuführen, daß im Rauchsalon (7) Hoch-



Plan I, Fig. 198.



Plan II, Fig. 199.



Plan III, Fig. 200.

parterre (I) die Hauptuhr kommt, im übrigen die 6 Nebenuhren wie eingezeichnet, montiert werden. Die nächsten Stockwerke (II und III) erhalten 10 bzw. 8 Nebenuhren.

Für die Batterie selbst mit der Ladevorrichtung am Schaltbrette und den Anschluß an die Starkstromleitung findet sich ein Raum im Souterrain, der unter dem Raum 1 im Hochparterre liegt und gleichzeitig als Schaltkammer für die elektrische Beleuchtung dient. Im Hochparterre müssen wir noch eine Verteilertafel anbringen, welche mit den Regulierwiderständen für die einzelnen Linien versehen ist. Als geeignetsten Platz dazu nehmen wir die Wand des Korridores an das Zimmer 7, welche die der Hauptuhr am nächsten liegende ist.

Nach der Lage und der Anzahl der Uhren werden wir dieselben in Linien abteilen, und zwar so, daß jedes Stockwerk eine von den andern unabhängige Linie bildet. Eine vierte Linie besteht in der Leitung für den Aufzug der Hauptuhr.

Schematisch dargestellt haben wir in Fig. 201 die Anlage derart vor uns, daß wir uns sogleich ein Bild für die Art und Weise, in welcher wir die Leitung zu führen haben, schaffen können. Die Batterie und das Schaltbrett, liegen beide im Souterrain. Da der Anschluß der Starkstromleitung nur einige Meter weit in denselben Lokale erfolgt, so haben wir nur den Batteriestrom nach aufwärts mittels zweier Leiter zum Verteiler zu leiten. Hier

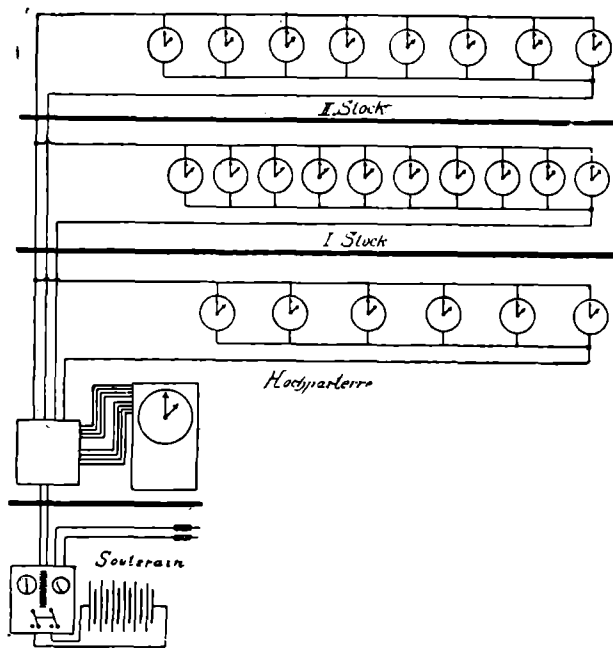


Fig. 201.

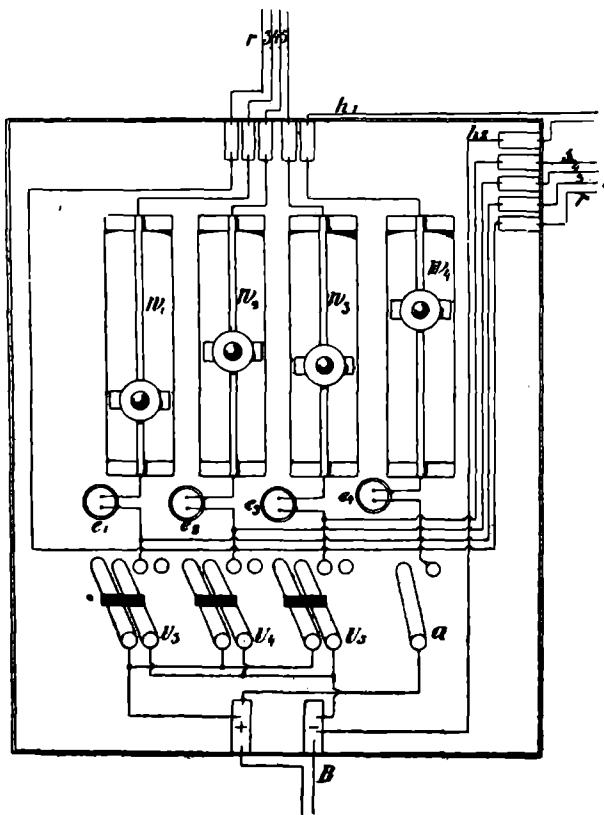


Fig. 202.

werden die beiden Leiter an Sammelschienen angeschlossen, von wo sie mit den Apparaten verbunden werden. Das Schema des Schaltbrettes finden wir in Fig. 202.

$U_3 U_4$ und U_5 sind Nachstellvorrichtungen für die drei Nebenuhrleitungen. $W_1 W_2 W_3$ deren Regulierwiderstände, W_4 der Widerstand für den Aufzug.

Oben sind die Leitungen 3, 4, 5 für die Nebenuhrlinien mit der gemeinsamen Rückleitung r , $h_1 h_2$ sind die Stromzuführungen zum Hauptuhrwerk, an gleicher Seite 3, 4, 5 die Leitungen zu den Kontakten in der Hauptuhr.

Es müssen also zwei Drähte von der Batterie aus dem Souterrainraume in das Hochparterre führen. Dies geschieht in Rohren, welche in die Mauer eingelassen sind. Im Hochparterre, Vorraum Nr. 1 werden dieselben in einem sogenannten Verteilerkästchen mit der horizontalführenden, die eine Korridormauer an der eingezeichneten Stelle transversierenden Leitung zum Verteiler verbunden. Die zweite Korridormauer transversieren 8 vom Verteiler zur Hauptuhr führende Leitungen. Auch diese sind in Rohre verlegt, und zwar benutzt man 2 Rohre mit je 4 Drähten, um das Aus- und Einziehen zu erleichtern. Die Rohre münden nach der Transversierung in einem Verteilerkasten, der wie der erste gleichfalls ganz in die Mauer versenkt und außen nicht sichtbar ist. Der Blechdeckel ist mit derselben Tapete wie die Mauer überzogen und mit kleinen Schrauben angeschraubt. Vom Verteilerkasten führen die Drähte zum Verteiler.

Wie das Schaltungsschema zeigt, gehen vom Verteiler 3 Leitungen in den ersten Stock, von welchen 2 in den zweiten führen. Im Hochparterre führt eine Doppelleitung im Kreise durch den Korridor, an welche die einzelnen Nebenuhren geschlossen sind, ebenso im ersten und zweiten Stock.

Einfacher ist es, wenn man die Steigleitung gleichfalls in den Verteilerkasten münden läßt, in welchem die Transversierungsleitungen zur Hauptuhr führen, weil man sonst für die Steigleitung separat einen Verteilerkasten in die Mauer einsetzen müßte.

Dies muß im ersten und zweiten Stock ohnehin an jenen Stellen geschehen, an denen die Nebenuhrleitungen (Linien) an die Steigleitung angeschlossen werden.

Sonst sind in allen Ecken solche Kästchen anzubringen, damit dem nachträglichen Auswechseln der Drähte bei eventuellen Reparaturen sich keine Schwierigkeiten entgegensetzen.

Bei der Kostenberechnung sind nun vorerst alle Apparate einzustellen und zwar: 1. Hauptuhr, 2. Nebenuhren, 3. Batterie, 4. Schalttafel komplett zur Ladung der Batterie, 5. Verteilertafel komplett für die Linien, 6. Leitung, die sich zusammenstellt aus a) Draht, dessen Länge aus dem Plane genau ersichtlich ist, b.) den Rohren für die Leitung, die gleichfalls nach dem Plane zu bestimmen sind, (bei beiden ist ein kleiner Zuschlag für das Verschneiden und die Verbindungen zu nehmen) c.) die Verteilungskasten, die aus einem größeren im Hochparterre, und ungefähr 15—20 kleinen in jedem Stockwerke bestehen. d.) ferner Kleinmaterial wie Gips, Hacken, Rohrschellen, Stahldübel, Isolierband, Verbindungsklemmen etc. e.) Die Montage der Leitung, bestehend in Maurerarbeit, Monteurarbeit, Hilfsarbeiter etc. f.) Die Montage und Ingangsetzung der Uhren, einschließlich der Wartung und Beaufsichtigung während der Zeit der Garantie.

Allgemein gültige Zahlen lassen sich hierfür nicht einsetzen, weil deren Höhe von dem Orte, den Arbeitslöhnen daselbst, den schwankenden Materialpreisen, schließlich von den Bezugsquellen abhängen und die Höhe des Gewinnes, der sich bei der Arbeit erzielen läßt, von der Konkurrenz bestimmt wird. Jeder einsichtige Geschäftsmann wird leicht das Richtige treffen können, wenn er aufmerksam und genau kalkuliert.



Die Kontakte.

Ein weiterer schwieriger Teil, der mit großer Aufmerksamkeit behandelt sein will, ist die richtige Ausführung der Kontakte. Kontakte, welche nicht zweckmäßig der Stromgattung und der Stromstärke angepaßt sind, verderben vor der Zeit und müssen um ein sicheres Funktionieren zu gewähren, häufig nachgesehen

werden. Diese Überwachung garantiert zwar innerhalb gewisser Grenzen den ununterbrochenen Betrieb, verteuert aber die Instandhaltungskosten so bedeutend, daß man wohl zu anderen Auskunftsmitteln greifen muß. Das erste derselben ist die Verwendung von möglichst schwachen Strömen, ferner die Anwendung von Hilfsmitteln zur Verminderung des Induktionsfunken. Diese Schutzmittel richten sich nach der Art des Kontaktes, dessen Grundtypen man als Schleifkontakt, Berührungskontakt oder Quecksilberkontakt bezeichnet, je nachdem der Stromübergang an stets wechselnden Punkten fester Körper erfolgt oder aber nur an einem Punkte, in welchen sich die stromgebenden Teile lösen, also den Strom unterbrechen, endlich der Stromschluß durch Quecksilber und einen festen Körper hergestellt wird.

Den Berührungskontakt finden wir an jeder Hausklingel, einen Schleifkontakt stellen uns dagegen Bürste und Kollektor einer Dynamomaschine dar. In den meisten Fällen ist der Schleifkontakt dem Berührungskontakt vorzuziehen.

Bei der Wahl eines Schutzmittels, eventuell einer geeigneten Konstruktion des Stromschließers ist in erster Linie die Art der Stromquelle, dann die Häufigkeit der Beanspruchung zu berücksichtigen. Bei einfachen Berührungskontakten hilft man sich, indem man zur Magnetspule parallel einen bifilar gewickelten Widerstand, der ein mehrfaches des Spulenwiderstandes beträgt, schaltet. In diesem Leiter kann sich der Induktionsstrom, durch welchen sonst der Öffnungsfunke bedeutend verstärkt würde, verlaufen.

An den Berührungsstellen findet deshalb nur eine Verbrennung statt, welche der von der Energie der Batterie bedungene Öffnungsfunke verursacht. Fig. 203.

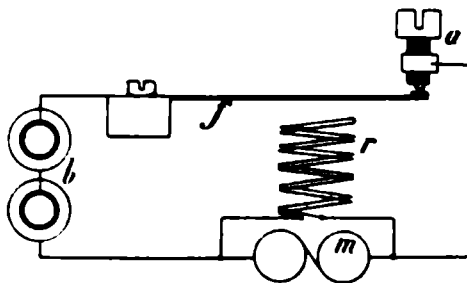


Fig. 203.

Zweck der bifilaren Wicklung des Widerstandes ist, die Wirkung des natürlich auch in den Wicklungen des Widerstandes infolge Selbstinduktion auftretenden Stromes aufzuheben.

Eine zweite Vorrichtung, welche von Hipp entworfen und ausgeführt wurde besteht darin, daß zwei Kontakte angeordnet sind, von welchen der erste die Stromschließung bewirkt, der zweite aber beim Schließen und Oeffnen des Kontaktes die Magnetspule kurz schließt. Es tritt bei dieser bekannten Anordnung jedoch der Übelstand auf, daß mit der Magnetspule auch die Batterie während eines kleinen Momentes kurzgeschlossen ist und ihre Abnutzung natürlich rascher erfolgt. Diese Anordnung zeigt uns Fig. 204, 205 und 206.

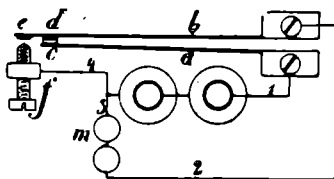


Fig. 204.

Der Vorgang beim Stromschlusse ist folgender:

Die Feder a wird gehoben, drückt auf die Feder b durch den Platinansatz c, wodurch sich diese von der Kontaktschraube, welche ihr in der Ruhelage als Stützpunkt dient, entfernt. Dies ist die in Fig. 204 gezeichnete Lage.

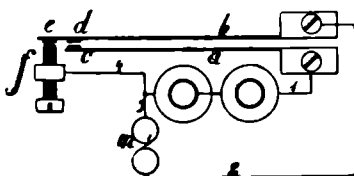


Fig. 205.

Verfolgt man nun den Stromweg, so ergibt sich: Der Strom geht von der Batterie über a nach c und d über b zu dem Magneten m und in die Batterie zurück.

Beim Öffnen des Kontaktes gelangen die Federn in die in Fig. 206 gezeichnete Lage. Es findet durch die Rückkehr der Feder e auf ihren Ruhe- oder Stützpunkt, die Schraube f, in jenem Momente ein zweiter Kontakt statt, wo sich c von d löst.

Der in den Magnetspulen *m* bei dem Unterbrechen entstehende Induktionsstrom findet somit einen geschlossenen Leiter und geht von 2 nach Hebel *b*, durch den Kontakt *cd*, Leiter 4, Leiter 3 in die Spule zurück.

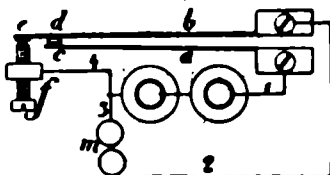


Fig. 208.

Gleichzeitig hatte jedoch auch die Batterie einen Kurzschluß erlitten, indem der Strom aus der Batterie über Leiter 1, Feder *a*, Kontakt *cd* in die Feder *c*, Kontakt *ef* in den Leiter 4 und 3 und somit zur Batterie zurückging.

Diesem Übelstand kann man begegnen, wenn man im Leiter 4 einen bifilaren Widerstand von höherem Werte, mindestens aber gleicher Stärke der Magnetspulen einschaltet.

Bei der Ausführung des mechanischen Teiles des Kontaktes ist zu sehen, daß die Feder *b* zwischen *c* und *d* sehr schwach ist, so daß mit Sicherheit der Kontakt *ef* geschlossen werden kann, wenn sich *c* von *d* entfernt. Ein bewährtes Mittel ist auch die Anbringung eines Kondensators, welcher im Nebenschluß zu dem Kontakte geschaltet wird. Fig. 207. In dieser Abbildung ist *B*

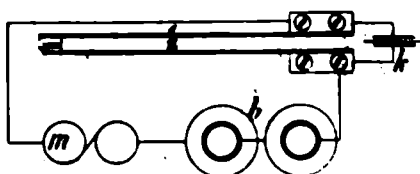


Fig. 207.

die Batterie, *M* die Magnetspule, *K* der Kondensator und 1 und 2 die Kontaktfedern. Die Entladung des Kondensators nach erfolgter Unterbrechung ist durch den geschlossenen Stromweg leicht erklärlich.

Auch Polarisationszellen verwendet man sowohl im Nebenschluß zum Kontakte als auch zum Magneten. Fig. 208 und Fig. 209.

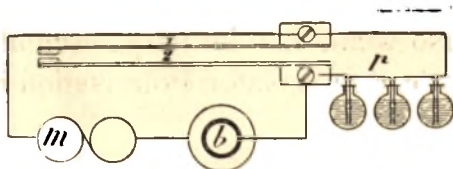


Fig. 208.

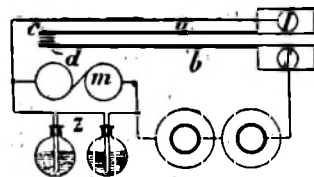


Fig. 209.

Stehen die Polarisationszellen zum Kontakte im Nebenschluß, so wird in den Zellen durch Polarisation ein Gegenstrom erzeugt, welcher dem Batteriestrom entgegengesetzt gerichtet ist und denselben aufhebt. Beim Kontaktschließen findet ein Kurzschluß der Zellenbatterie statt, welcher dieselbe augenblicklich entladet, so daß sie durch den beim Öffnen auftretenden Induktionsstrom im Vereine mit der Batterie wieder nachgeladen werden kann und dem Batteriestrom den Weg durch die Zellen sperrt.

Das vollständige Prinzip einer Sicherungsvorrichtung besitzen wir im Doppelkontakt, der gewöhnlich aus dem Hauptkontakte und einem Nebenkтакте besteht. Dem Nebenkтакте kommt in diesem Falle die Aufgabe des Funkenreißers zu, während der Hauptkontakt für den eigentlichen Stromübergang dient und dank der Nebenkтакте rein bleibt. Ein einfacher Doppelkontakt ist in Fig. 210 abgebildet.

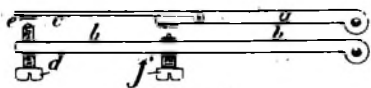


Fig. 210.

Das Schließen geschieht hier ebenfalls durch Gegeneinanderbewegung der Hebel a und b, wobei die erste Berührung bei dem Kontakte d (Nebenkontakt) erfolgt.

Der Hebel c ist auf dem Hebel a beweglich gelagert, so daß bei einer weiteren Hebung des Hebels b auch f mit der entsprechenden Kontaktstelle auf a in Berührung kommt. Beim Öffnen findet der umgekehrte Vorgang statt, indem sich der Kontakt zuerst bei f öffnet. An dieser Stelle kann jetzt kein Funke auftreten, da ja de noch geschlossen ist. Der Funke tritt also erst nach Oeffnung dieses Kontaktes zwischen ed auf, so daß man natürlich diese Berührungsstellen zweckmäßig aus einem Material herstellt, welches keinen Oxydbelag annimmt, beispielsweise aus Mikrophonkohle oder dochtloser Bogenlampenkohle.

Durch Vermehrung dieser Funkenreißer wird eine längere Lebensdauer derselben erzielt, ebenso wenn man im Parallelschluß einen der früheren angeführten Apparate, Kondensator, Polarisationszellen usw. verwendet.

Der Staffelkontakt stellt eine etwas kompliziertere Ausführungsform des Vorhergehenden dar. Fig. 211. Bei diesem

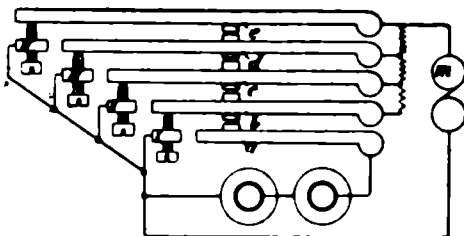


Fig. 211.

Kontakte sind 5 Hebel übereinander angeordnet, so daß beim Heben des untersten Hebels a der Reihe nach sämtliche Hebel miteinander in Berührung kommen. Vom Hebel b angefangen befindet sich zwischen je zwei Hebeln ein Widerstand, welcher durch Berührung der beiden Hebel kurz geschlossen wird.

Wird Hebel a zur Berührung mit Hebel b gebracht, so geht der Strom von der Batterie über Leiter 1, Hebel a, Hebel b, 1. 2. und 3, Widerstand in den Leiter 2, dann in die Magnetwicklung M, durch den Leiter 3 zurück. Der Strom ist also durch den Widerstand 1, 2 und 3, geflossen. Der Strom wird stärker wenn sich Hebel b mit c berührt, da dann nur Widerstand 2 und 3 vorgeschaltet ist. Bei der Berührung von c und d ist der Strom neuerdings angestiegen, da nur mehr Widerstand 3 eingeschaltet ist. Berühren sich auch d und e, so ist der Kontakt vollständig geschlossen, es geht der volle Strom durch.

Beim Öffnen des Kontaktes wird vorerst Hebel e auf die Unterlage IV zu liegen kommen, um den schwachen Induktionsstrom, welcher beim Schwächen des Stromes durch Wiedereinschalten des Widerstandes 3 entsteht, einen Leiter zu bieten. Der gleiche Vorgang findet beim Öffnen der übrigen Kontakte statt, so daß den Induktionsströmen stets ein geschlossener Weg durch die Kontaktschrauben III, II und I geboten wird. Beim Unterbrechen der Hebel a und b ist der Batteriestrom durch die vorgeschalteten

Widerstände 1—3 so sehr geschwächt, daß auch hier der Funke keine besondere Zerstörung vollführen kann, und die Lebensdauer eine sehr lange sein wird.

Die Schleifkontakte verdienen unter allen Umständen, wenn sie sich anbringen lassen, den Vorzug.

Ihre Lebensdauer ist eine bedeutend längere und ein „Versagen“ kommt bei einigermaßen aufmerksamer Überwachung nicht vor. In Fig. 212 und 213 ist ein einfacher Schleifkontakt dargestellt.

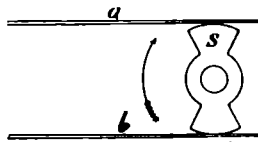


Fig. 212.

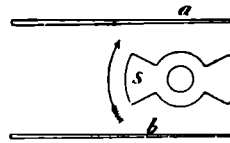


Fig. 213.

S ist das rotierende Kontaktstück, welches auf einer Laufwerkswelle aufgepaßt ist und zum Zwecke des Stromschließens eine halbe Umdrehung macht.

Dabei kommt das Kontaktstück mit den beiden Federn a und b in Berührung, so daß eine metallische Verbindung der beiden Kontaktfedern hergestellt ist.

Aus der Art der Bewegung dieses Kontaktstückes geht hervor, daß der Kontakt an einer ganz anderen Stelle geschlossen als geöffnet wird, so daß sich durch lange Zeit eine oxydfreie Stelle für den Beginn des Kontaktes erhält, da das Verbrennen von der Öffnungsstelle an gegen die Schließungsstelle hinschreitet.

Auch die Reibung der Feder trägt bei, durch Abscheuern der Berührungsstellen die Kontakte länger funktionsfähig zu erhalten.

Diese reinigende Wirkung der Kontaktfedern läßt sich erhöhen, wenn man das rotierende Kontaktstück nach Fig. 214 formt. Der eigentliche Körper des Kontaktstückes wird aus Fibre

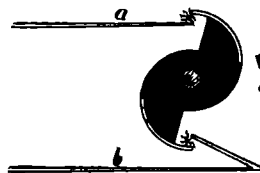


Fig. 214.

oder Hartgummi gemacht, welche Materiale infolge ihres rauhen Kornes und ihrer harten Beschaffenheit eine abschleifende Wirkung auf die Kontaktfedern ausüben. Als günstigstes Moment kommt noch hinzu, daß die Metallschienen den Hartgummi übergreifen, so daß die Federn an den Kanten dieser Lamellen scharf abfallen. Der Funke wird also an den Innenseiten der Lamellen und Außenseiten der Federn überspringen und deshalb die eigentlichen reibenden Flächen frei halten.

Eine günstige Anordnung erzielt man, wenn man die Kontaktfedern teilt und die einzelnen Teile verschieden lang macht, wodurch der Funke an der längsten Feder gerissen wird was die anderen schont. Es ist selbstverständlich, daß man auch hier Nebenschlußwiderstände, Polarisationszellen und Kondensatoren verwenden kann, um den Funken auf alle Fälle seiner schädlichen Wirkung zu berauben. Fig. 215 zeigt einen Schleifkontakt, der

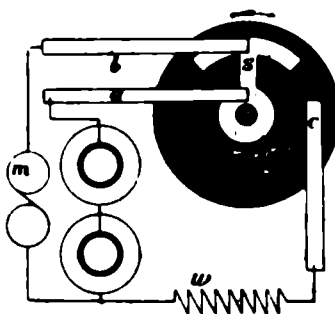


Fig. 215.

mit einer Kurzschlußlamelle versehen ist, welche die Magnetspule im Momente des Unterbrechens kurzschließt, so daß der Induktionsstrom einen geschlossenen Leiter findet.

Das rotierende Kontaktstück ist eine Scheibe aus isolierendem Material, auf welche das Metallsegment S aufgeschraubt ist. Die Schleiffeder a vermittelt die Zuleitung des Stromes von der Batterie, die Feder b die Verbindung mit der Magnetspule und die Feder c das Kurzschließen der Spule, bevor die Feder b die Metalllamelle S verläßt, also den Kontakt unterbricht. Um die Batterie vor dem Stromverlust durch das gleichzeitige Kurzschließen zu bewahren, ist ein Widerstand W zwischen der Feder c und der Magnetspule eingeschaltet.

Die Verwendung von Starkstrom bedingt eine andere Konstruktion der Kontakte und auch den Gebrauch anderer Materialien, wenn man die Vorteile desselben voll und ganz ausnützen will.

Als Schleifkontakte sind die Stromschließer für Starkstrom bedeutend schwieriger auszuführen, da zumeist wegen der starken Funkenbildung, welche in Form eines Lichtbogens auftritt, nur unoxydierbare Mittel verwendet werden können, zu denen in erster Linie chemisch reine Kohle gehört.

Die einfachste Form eines Berührungskontaktes stellt die Fig. 216 dar. Die beiden Kohlen des Stromschließers sind in

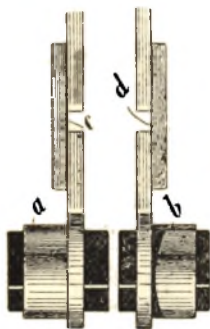


Fig. 216.

Metallfassungen geschraubt, die vom Uhrwerk bei c und d isoliert sind. Das Material für die Kohlen muß sehr sorgfältig geprüft werden.

Unter Umständen sind Bogenlampenkohlen zu verwenden, doch sind diese meistens mit Metallsalzen vermischt, welche allerdings Einfluß auf die Leitungsfähigkeit derselben sowie auf die Farbe des Lichtbogens nehmen, jedoch infolge der unvollständigen Verbrennung einen weißen Belag an den Berührungsstellen zurücklassen, der unter Umständen die Leitungsfähigkeit stark beeinträchtigt und häufig Veranlassung zu unliebsamen Störungen bildet.

Man verwendet also die weicheren Kontaktkohlen, welche vielfach bei den Ausschaltern der Aufzüge zu treffen sind.

Bei ausgedehnten Anlagen, bei Verwendung großer Uhren insbesondere aber bei Stromschließern von Schlagwerken tritt infolge der hohen Stromstärke der Unterbrecherfunke in einer

derartigen Länge als Lichtbogen auf, daß er bei normaler Bewegung der Kontakthebel niemals abgerissen werden könnte.

Es ist dann notwendig eine Vorrichtung einzubauen, welche bewirkt, daß der Funke möglichst rasch, ehe noch die Hebel vollständig auseinandergegangen sind, unterbrochen wird.

Zu diesem Zwecke nützt man die eigentümliche Wirkung aus, welche ein Elektromagnet oder auch ein permanenter Magnet auf den elektrischen Lichtbogen ausübt.

Ein Lichtbogen, wird in einem magnetischen Felde je nach Stromrichtung und Polarität abgestoßen, beziehungsweise angezogen. Und zwar ist bei entsprechender Feldstärke die Wirkung so groß, daß der Bogen sofort erlischt.

Zur Verstärkung dieser Wirkung, d. h. um ein möglichst starkes Feld zu bekommen, verwendet man am Besten einen Elektromagneten, in der durch Abbildung 217 veranschaulichten Weise.

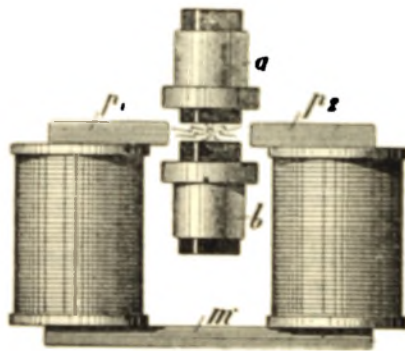


Fig. 217.

A und B sind die beiden Kohlenbehälter mit den Kontaktkohlen, M der als Funkenbläser verwendete Magnet, dessen Polschuhe P_1 und P_2 beiderseits der Kontaktkohlen einander gegenüberstehen, so daß der Lichtbogen die dichtesten Bündel der Kraftlinien durchschneiden muß.

Die Spulen des Magneten können ruhig in Serienschaltung im Stromkreis liegen, da, solange der Funke nicht vollständig erloschen ist, immer noch ein Strom durch die Windungen geht und den Magnet erregt.

Bei empfindlicheren Anlagen, in denen Störungen auftreten würden, wenn durch die sich infolge Abbrennens stets wechselnde Oberflächenbeschaffenheit des Stromschließers der

Widerstand verändert wird, empfiehlt es sich Doppelkontakte anzuwenden, welche aus einem Vorkontakte, der durch Kohlen hergestellt wird und dem eigentlichen Platinkontakte bestehen.

Der Vorgang ist im Wesentlichsten folgender:

Bei der Funktion der beiden Hebel berühren sich vorerst die Kohlen und nehmen bei etwaiger Vibration die dabei entstehenden Funken auf, sodann berühren sich die Platinschrauben und bieten dem Stromübergange eine stets gleichbleibende, gutleitende, metallische Oberfläche.

Beim Öffnen ist der Vorgang umgekehrt. Es entfernen sich zuerst die beiden Platinkontaktteile, der Strom ist jedoch noch nicht unterbrochen, da die Kohlen sich noch berühren, sodann öffnen sich auch diese und nehmen hierbei den Funken ab.

Fig. 218 zeigt diese Anordnung.

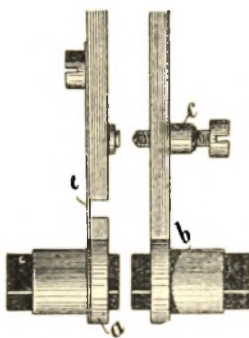


Fig. 218.

a und b sind die Kohlen mit ihren Fassungen, wovon die Fassung a durch eine elastische Feder e an dem oberen Kontakt-hebel angeschraubt ist, die Fassung b mit dem Hebel, der die Kontaktschraube c trägt, fest verbunden ist. Die Kontaktschraube c steht dem zweiten Metallkontaktteile des oberen Hebels gegenüber, so daß sie unter gegebenen Verhältnissen einander berühren können. Die Entfernung der Kohlen voneinander muß kleiner sein, als die des Platinkontaktes.

Dadurch berühren sich die Kohlen eher und im weiteren Verlaufe der Bewegung der beiden Hebel zueinander wird die Kohle a mit der Feder e abgebogen, so daß nun auch die beiden Metallteile in Berührung treten.

Da durch Vibration der Hebel sich sehr häufig eine ungenügende Berührung der Stromübergangsstellen ergibt, so daß durch ein kontinuierliches Funkenüberspringen diese Flächen einer raschen Zerstörung unterworfen sind, ist es vorteilhaft, wenn nicht durch entsprechend stabile Konstruktion die Vibration behoben werden kann, Stromschließer in nachfolgender Ausführung zu bauen.

Fig. 219 und 220 zeigt uns einen derartigen Kontakt, welcher nach dem Prinzip des Doppelstromschließers gebaut ist.

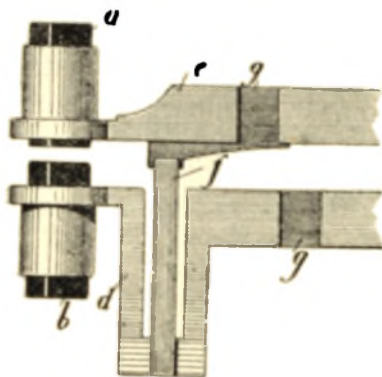


Fig. 219.



Fig. 220.

Der Metallkontakt besteht nicht aus zwei Schrauben, sondern aus einer Doppelfeder, zwischen deren platinieren Enden sich ein isolierender Keil schiebt. Derselbe ist an seinem dicken Ende mit dem oberen Kontakthebel durch Metallstücke verbunden. Die Kohlen sind so wie bei den früheren Kontakten angeordnet. Die Kohle a ist in ihrer Führung beweglich und federnd, so daß beim Stromschließen sich zuerst die Kohlen berühren, sodann bei Weiterbewegung gleichzeitig mit dem Zurückweichen der Kohle a sich die Federn auf dem isolierenden Keil nach aufwärts schieben, bis sie die Metallteile übergreifen und selbst bei Vibration einen ununterbrochenen Stromschluß geben. Beim Unterbrechen des Kontaktes schieben sich die Federn zuerst von den Metallteilen auf den isolierenden Keil, sodann gehen die Kohlen auseinander, den Stromkreis unterbrechend.

Wo zur Bewegung der Kohlenhebel genügende Kraft vorhanden ist, kann man den in Fig. 221 dargestellten Kontakt, welchem man eine sehr lange Funktionsdauer nachrühmen muß, verwenden.

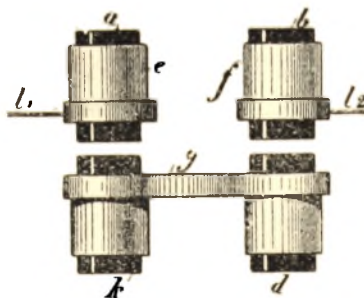


Fig. 221.

Der bewegliche Kohlenhebel g trägt zwei Kohlen, welche miteinander leitend verbunden sind. Bei Aufwärtsbewegung des Hebels berühren sich diese Kohlen mit denen der beiden oberen Hebel e und f. Der Strom geht daher durch l_2 in den Kohlenhalter f, durch Kohle b in Kohle d, durch Hebel g in Kohle k, durch Kohle a in Hebel e und Leitung l_1 .

Beim Öffnen, das bei beiden Kohlenpaaren gleichzeitig geschehen muß, springt allerdings ein Funke auf den beiden Unterbrecherstellen, jedoch ist der Luftwiderstand an beiden unterbrochenen Stellen so groß, daß naturgemäß der Funke in kürzester Entfernung bereits erlischt.

Macht man bei gleicher Stromstärke einen Versuch mit einem einfachen Kohlenkontakt und dem vorher beschriebenen, so findet man, daß an ersterem der Funke bedeutend länger ist als an letzterem und daher an ersterem auch eine größere Abnutzung stattfindet.

Da das Verbrennen der Berührungsstellen nur bei Anwesenheit von Sauerstoff stattfindet, war man bestrebt, die Kontakte in luftleere (evakuierte) Glasgefäße einzubauen. Weil nun ein Teil des Kontaktes immer beweglich sein muß, die verschmolzenen Glasgefäße aber keine Bewegung fester Teile gestatten, wurde die Verbindung zweier eingeschmolzenen Platindrähte durch Quecksilber vorgenommen.

Diese Kontakte werden teilweise als rotierende, teilweise als Kippkontakte ausgeführt.

Als Träger der Glasgefäße werden dann in der Regel Klöben verwendet, die aus Aluminiumblech gebogen sind, und den Glaskörper umschließen. Man wird zum Schutze des Glases noch zweckmäßig eine elastische Zwischenlage geben, um ein festes Sitzen des Kontaktgefäßes im Kloben zu erzielen.

Fig. 222 stellt eine Kippkontakthanordnung dar, Fig. 223 den rotierenden Kontakt für das Kontaktlaufwerk einer Normaluhr.



Fig. 222.



Fig. 223.

Im ersten Falle wird durch das Neigen des Klobens der Kontaktkörper in eine solche Lage gebracht, daß das Quecksilber nach unten läuft und die beiden Platinstifte verbindet.

Das Unterbrechen geschieht durch die entgegengesetzte Bewegung, wobei das Quecksilber der Schwere gehorchend in seine frühere Lage zurückkehrt und die leitende Verbindung der beiden Platinstifte öffnet. Es zieht sich ein langer Quecksilberlichtbogen zwischen Kontaktstift und Quecksilber, der erst in einer gewissen Entfernung erlischt. Hierbei werden die Metallstifte erwärmt und dehnen sich aus, weshalb häufig die Glasgefäße zerspringen. Für stärkere Ströme müssen deshalb Schutzmaßregeln getroffen werden, indem man die Metallstifte möglichst dick macht, eventuell die Enden mit Kohle oder Graphit umgibt, welche zwar gute Elektrizitätsleiter sind, aber die Wärme schlecht fortpflanzen. Auch die Qualität des Glases ist zu berücksichtigen; es eignen sich die spröden Gläser absolut nicht, daher sind böhmische und venezianische Glassorten zu vermeiden, dagegen können die Jenenser Gläser vorteilhaft verwendet werden.

Der rotierende Kontakt besteht aus einem kreisförmig gebogenen, endlos verschmolzenem Glasrohre oder einem kreisförmigen, flachen Glashohlkörper. In beiden Fällen befinden sich die Platinstifte an der Peripherie in geringem Abstände, von einander eingeschmolzen. Eine geringe Menge Quecksilber verbindet bei der Rotation des Kontaktkörpers um seine horizontale Achse bei jeder Umdrehung einmal die Plattinstifte.

Um den Anschluß nach außen zu bewirken, werden die Stifte mit zwei an der Welle isoliert befestigten Kontaktringen leitend verbunden, die durch zwei Schleiffedern und Klemmen die Verbindung mit dem Stromkreise herstellen.



Der Antrieb der selbstständigen elektrischen Uhren.

Direkter Pendelantrieb.

An den elektrischen Uhren fällt dem Motor vielfach eine andere Arbeit zu, als an den mechanischen.

Dies trifft insbesondere dort ein, wo der Antrieb des Uhrwerkes durch das Pendel erfolgt.

Zu den ersten praktisch verwendbaren Lösungen zählt die von Dr. M. Hipp gefundene. Der Antrieb des Pendels erfolgt durch einen Elektromagneten, der einen am Pendel befestigten Eisenkörper zeitweise anzieht.

Das Sinnreiche an dieser Anordnung liegt im Kontakte, der erst dann funktioniert, wenn die Schwingungsweite des Pendels bis zu einer gewissen Grenze herabgesunken ist. Die einfachste Ausführungsform dieses Kontaktes stellt uns die Abbildung 224 dar.

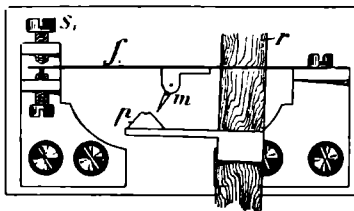


Fig. 224.

f ist die leicht abbiegbare Kontaktfeder, welche mit der Schraube S_1 zur Berührung gebracht werden kann. In diesem Momente findet der Strom einen geschlossenen Leiter, durch den er seinen Weg in den Magneten nimmt.

Die Hebung der Feder in die Kontaktstellung findet durch das Pendel r statt. An diesem ist ein wagrechter Arm mit dem

Stahlprisma p , über welchem das in der Kontaktfeder gelagerte messerartige Hebelchen m schwingt.

Bei normaler Schwingungsweite des Pendels weicht dieses Messerchen dem Prisma aus, indem es über dasselbe hinweggleitet und auf der anderen Seite abfällt.

Wird aber die Schwingungsweite kleiner, so bleibt es mit der Spitze in der Nut des Prismas liegen und wird beim Retourschwingen des Pendels in seinem Drehungspunkte gehoben, wobei die Feder in die Kontaktstellung kommt.

Beim Weiterschwingen des Pendels, mit zunehmender Neigung des Messerchens, entfernt sich die Kontaktfeder von der Kontaktschraube und unterbricht den Strom. Dies muß zeitgerecht erfolgen, nämlich knapp bevor das Pendel, bzw. der an ihm befestigte Eisenanker die Symmetrale des Magneten durchschwingt, da sonst nach der Impulserteilung eine Verzögerung der Schwingung durch die zurückhaltende Einwirkung des Magneten hervorgerufen würde. Diese Einstellung erreicht man durch Regulierschrauben, mittels deren das Messerchen an der Feder verschoben werden kann. Zur Höhen- und Tiefeneinstellung dienen gleichfalls feine Regulierschrauben, welche das Prisma höher und tiefer zu stellen erlauben.

Einen derartigen Kontakt mit der Einrichtung zum Kurzschließen des Induktionsstromkreises zeigt Fig. 225. Hier sind

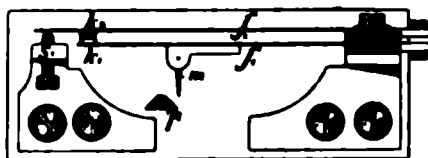


Fig. 225.

zwei Federn angeordnet, indem die Kontaktschraube S durch die Feder $f_2 k_2$ ersetzt wurde. Der Kontakt wird also erteilt, wenn die Feder f_1 gehoben wird und die Feder f_2 berührt. Die Bewegung der Feder geschieht wie am vorhergegangenen Kontakt durch das Messer m und Prisma p .

Die Bewegung nach aufwärts ist so groß eingestellt, daß auch die Feder f_2 von ihrem Stützpunkte S_1 abgehoben wird.

Geht bei der Unterbrechung des Kontaktes die Feder f_1 nach unten, so folgt ihr, zufolge ihrer Spannung, die Feder f_2 und wird auf S_1 in dem Momente zur Ruhe kommen, wenn die Feder f_1 die Feder f_2 verläßt. Also im Momente des Unterbrechens ist ein Stromkreis geschlossen, der dem Induktionsstrome einen geschlossenen Leiter bietet und daher verhütet, daß ein starker Funke an der Öffnungsstelle überspringt.

Die Anordnungen der Magnete dieser Pendel ergibt Fig. 226 und Fig. 227. In dem einen Falle steht der Magnet im Mittel der



Fig. 226.

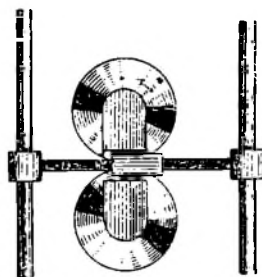


Fig. 227.

Pendelschwingung genau unterhalb der Pendelspitze, welcher den Eisenanker trägt, im anderen Falle ist die Anordnung des Magneten senkrecht zur Schwingungsebene getroffen, wobei der Eisenanker am Roste des Pendels zwischen den beiden Polschuhen hindurchschwingt; letztere Anordnung ist bei Hipp's Präzisionsuhren vorhanden. In beiden Fällen ist der Magnet so einzustellen, daß das Pendel nur in der Richtungsebene seiner Schwingungen angetrieben wird, da es sonst beim Schwingen die Ebene verläßt und „tanzt“

Dasselbe gilt auch von dem Prisma des Kontaktes und dem Messerchen, die beide in der Schwingungsebene liegen müssen. Um dies zu erreichen, wird entweder das Pendel gekröpft, wobei Prisma und Messer in der Kröpfung liegen und symmetrisch in die Schwingungsebene kommen (Fig. 228—230) oder aber beide liegen seitlich des Pendels in der Schwingungsrichtung.

Die Inbetriebsetzung einer solchen Uhr darf daher nur erfolgen, nachdem diese Einstellung vorgenommen wurde.

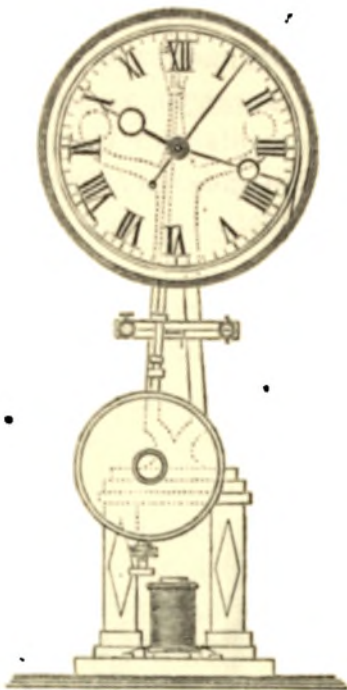


Fig. 228.



Fig. 229.



Fig. 230.

Bei der Montage eines solchen Werkes in den Kasten ist schon darauf zu sehen, daß Prisma und Pendel in einer Ebene schwingen, wenn der Kasten genau senkrecht hängt. Das Prinzip dieses Pendelantriebes wurde von mehreren Fabriken angewendet. Es findet sich in den Hauptuhren von Siemens & Halske sowie Honisch. Fig. 231.

An letzterer trifft sich auch der Pendelantriebskontakt mit Nebenschlußvorrichtung, wie er an der Hippschen Uhr verwendet wurde. Die Kontaktanordnung für die Nebenuhren ist zweifach, so daß zwei Nebenuhrlinien damit betätigt werden können.

Die Schaltung des Zeigerwerkes der Hauptuhr wird auf eigentümliche Art vorgenommen. Am Pendel ist zwischen einem Messingsteg und einem Kloben ein Sperrad *b* gelagert, daß die Schwingungen des Pendels mitmacht. Eine Sperrklinke *c* hindert die rückgängige Bewegung des Sperrades, das von einer am Uhrgestell befestigten Feder *y*, bei jeder zweiten Schwingung des Pendels, um einen Zahn vorgeschoben wird. Die Zahnzahl des Rades ist so bemessen, daß es in der Minute eine halbe Umdrehung macht. An zwei gegenüberliegenden Schenkeln sind in einer gewissen Entfernung von der Peripherie Stifte eingebohrt,

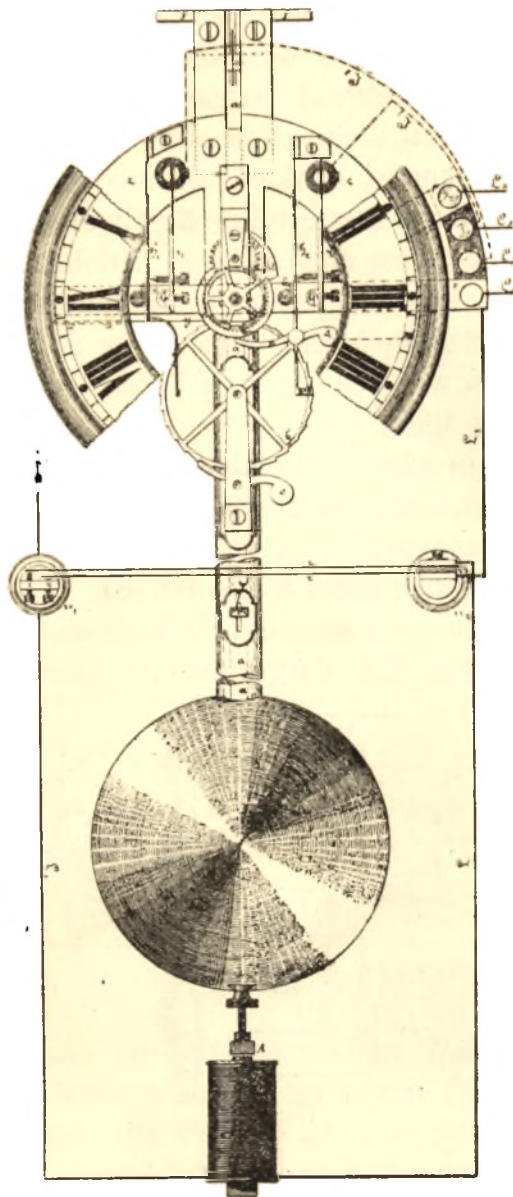


Fig. 231.

die in jeder Minute einmal, bei einer Schwingung des Pendels nach rechts, die Feder h_1 und h_2 von ihrem isolierenden Stützpunkte k und k_1 abheben und mit der Kontaktschraube i_1 , bzw. i_2 in Berührung bringen. Hierdurch werden zwei Kontakte geschlossen, welche den Strom einer Batterie in die Uhrleitungen L_3 und L_4 leiten. Ein Metallsteg e , der mit der Klemme L_5 versehen ist, bietet durch zwei bis in die Hälfte ausgefräste Pfeiler l_1 und l_2

Stützpunkte für die Kontaktfedern i_1 und i_2 und schließt im Momente des Unterbrechens des Kontaktes in bekannter Weise die Magnetspulen der Nebenuhren kurz, wodurch dem Induktionsstrom ein geschlossener Weg geboten und der schädliche Öffnungsfunke an den Nebenuhrkontakten vermieden wird. Der Weg des Stromes von der Batterie führt durch die Klemme L_1 direkt in das Uhrgestell und von diesem in die Kontaktfedern h_1 und h_2 .

Die Feder h_1 trägt noch eine Sperrklinke s , die beim Retourgehen der Kontaktfedern in ein 60zahniges Sperrrad (Minutenrad) greift und dieses sowie den damit verbundenen Minutenzeiger um einen Zahn weiterschiebt.

Bei den besprochenen Pendelkontakten fällt der Umstand schwer ins Gewicht, daß durch das Heben der Feder, das Pendel in einer Weise beansprucht wird, die der Genauigkeit seiner Schwingungen durchaus nicht förderlich ist.

Um dieses zu verhindern, läßt sich der Kontakt so umbauen wie er in Fig. 232 dargestellt ist. Am Pendel befinden

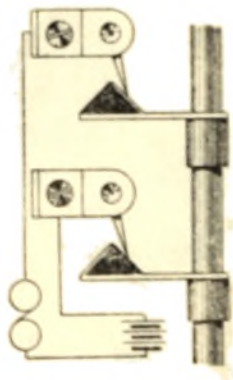


Fig. 232.

sich unter einander zwei dreieckige Prismen mit der Spitze nach oben, die auf den einander entgegengesetzten Seiten, wie in der Fig. 232 ersichtlich, isoliert sind.

Die zwei Messerchen sind an der Rückwand des Uhrkastens gelagert, so daß sie über die Prismen hinweggleiten können. Schwache Schleiffedern vermitteln die leitende Verbindung der Messerchen mit den Klemmen, während die Prismen miteinander durch das Pendel leitend verbunden sind.

Das Spiel des Kontaktes ist ähnlich wie bei den vorhergehenden; bei genügend weiter Schwingung schleifen beide

Messerchen an derselben Seite der Prismen, so daß eines die isolierte, das andere die metallische Seite streift.

Beide fallen ab und streifen beim Rückgang auf der anderen Seite, so daß jetzt das erste die metallische Seite, das andere die isolierte berührt.

Wird die Schwingungsweite kleiner, so kann nur mehr eines der Messerchen abfallen, das zu diesem Zwecke etwas kürzer gehalten wurde und bei der Umkehr der Pendelbewegung liegen jetzt beide Messerchen an der metallischen Seite der Prismen, diese leitend verbindend.

Der Vorteil dieser Anordnung liegt noch darin, daß hier ein Schleifkontakt vorhanden ist, während sonst nur ein Berührungskontakt gegeben wird. Die Belastungsänderung des Pendels ist aber praktisch gleich null.

Die Einrichtung des Sekundenkontaktes (Fig. 233) der Hipp-schen Normaluhren ist äußerst sinnreich.

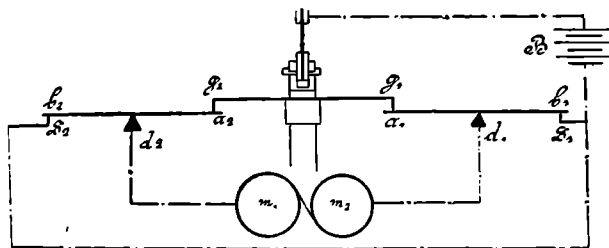


Fig. 233.

Dieser Kontakt ist für polarisierte Magnete gebaut und besteht aus einem horizontalen Wagebalken am oberen Ende des Pendels, dem durch die Pendelfeder der Strom des positiven Poles der Batterie zugeführt wird. Abwechselnd berühren die Enden g_1 und g_2 dieses Hebels die Enden a_1 und a_2 der auf den Schneiden d_1 und d_2 gelagerten Kontakthebel und bieten somit dem Strome folgenden Weg: Linksschwingen des Pendels, Strom geht über Pendelfeder, g_1 , a_1 , d_1 den Magnet m , in die Klemmschraube bei d_2 und durch b_2 , S_2 zum negativen Pole der Batterie zurück. Rechtsschwingung des Pendels: g_2 drückt auf a_2 und hebt dadurch b_2 von S_2 . Der Strom nimmt daher seinen Weg durch d_2 in den Magnet m und durch d_1 , b_1 , S_1 zum negativen Pol der Batterie zurück. Auch diese sinnreiche Anordnung ist heute

Gemeingut geworden und wird an zahlreichen Regulatoren angewendet.

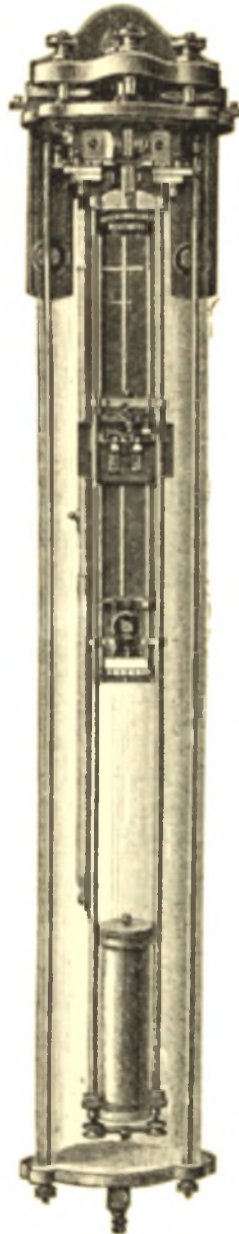


Fig. 234.

Die von Hipp gebauten Normaluhren (Fig. 234) für Zeitdienstanlagen werden unter Glasverschluß im Vacuum betrieben. Das eigentliche Zeigerwerk ist außerhalb des Gehäuses, so daß dieses nur das Sekundenpendel (Quecksilberkompensation), den

Antriebskontakt, den Antriebsmagneten, den Sekundenkontakt, Barometer sowie Thermometer, eventuell auch ein Hygrometer birgt.

Ähnlich dem Sekundenkontakt von Hipp ist jener von Professor Osnaghy, der in Fig. 235 dargestellt ist. Der Kontakt

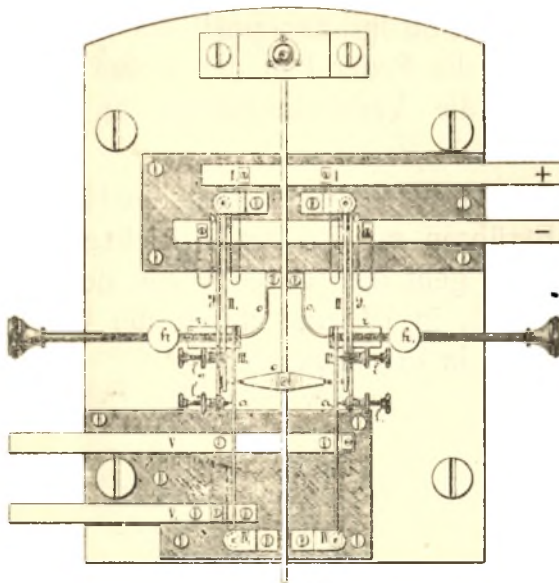


Fig. 235.

wird hier durch die Gabel eines astronomischen Sekundenregulators bewirkt, indem sie bei ihren Schwingungen links und rechts an die vom Uhrwerk isoliert gelagerten, dem Drucke schwacher Federn unterworfenen Hebel anstößt. Die Zuleitung des Stromes erfolgt durch die zwei Metallschienen $+$ und $-$ und wird durch die Federn in die Hebel II und II₁ geleitet.

Die Verbindung zu den Klemmen des Uhranschlusses vermitteln die Lamellen V und V₁, die durch Federn die leitende Verbindung mit den Hebeln IV und IV₁ herstellen.

Auf den Hebeln II und II₁ befinden sich die Kontaktschrauben I bzw. I₁₁₁, ihnen gegenüber an den Hebeln IV und IV₁ an den Stellen III und III₁ der Platinbelag. Außerdem tragen die Hebel II und II₁ je einen Hebel y und y₁ isoliert mit ihnen verschraubt, die durch Federn zu der negativen Lamelle der Batterieverbindung den leitenden Übergang herstellen. Die Enden der Hebel y und y₁ sind mit Kontaktschrauben I₁₁ und I₁ versehen. Das an der Gabel angeschraubte Querstück e stößt mit den Elfen-

beinspitzen abwechselnd an den Hebel IV und IV₁ und bringt daher IV mit den Schrauben I und später mit I₁, IV₁ aber mit den Schrauben I₁₁, später mit I₁₁₁ in Berührung. Der Stromweg ist also folgender: Rechtsschwingung der Gabel; Heben des Hebels IV, Berühren mit I₁, dann Berühren mit I und gleichzeitiges Unterbrechen bei I₁. Der Strom der positiven Klemme geht also in diesem Falle durch die Feder I in den Hebel II, durch I über III in IV und durch die Verbindungsfeder an V, zu den Apparaten.

Linksschwingen der Gabel; Heben des Hebels IV₁, Berühren mit I₁₁, dann Berühren mit I₁₁₁ und gleichzeitiges Unterbrechen bei I₁₁. Der Strom geht also durch I, von der positiven Lamelle über II, I₁₁₁ über III, in IV₁ und durch die Verbindungsfeder in die Lamelle V₁ und in die Apparate.

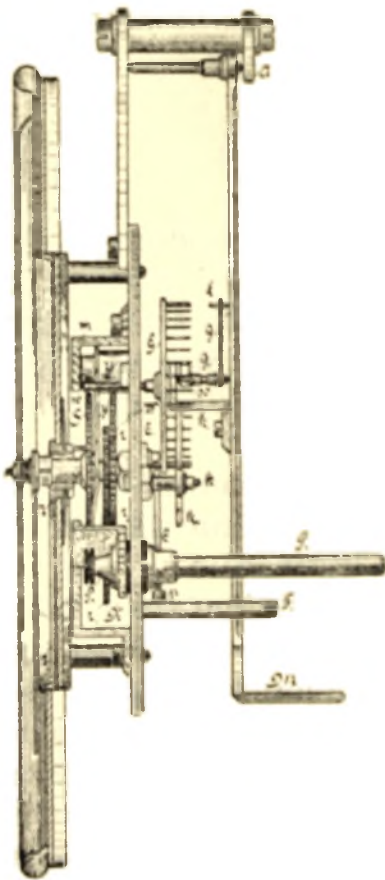


Fig. 236.

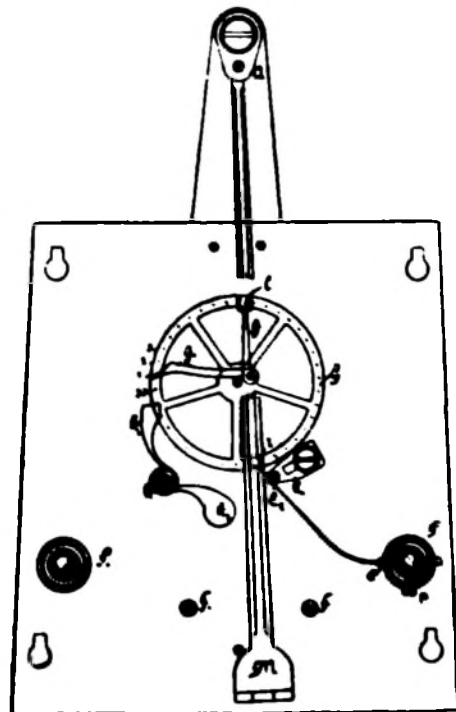


Fig. 237.

Die Schrauben l_1 und l_{11} , welche den Kontakt früher schließen und später öffnen, verhindern den Induktionsfunken, indem sie dem Induktionsstrom einen geschlossenen Leiter bieten.

Ein einfacher Pendelantrieb, der in bestimmten regelmäßigen Zeitintervallen durch einen Elektromagneten erteilt wird, ist in der Normaluhr mit Weckeinrichtung von A. Lang enthalten. Fig. 236, 237 und 238.

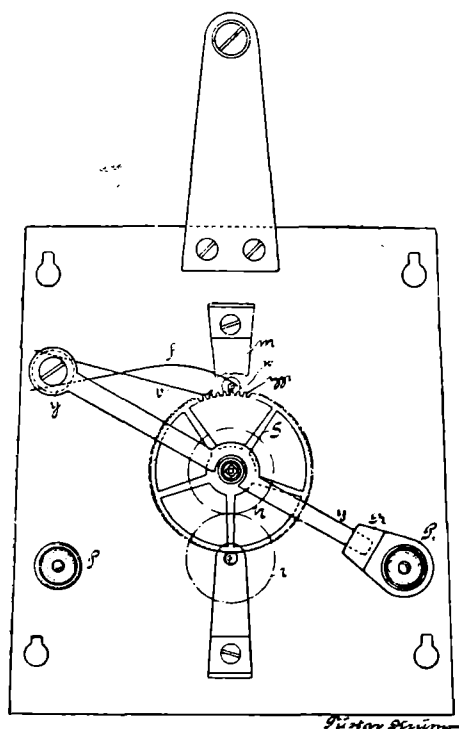


Fig. 238.

Das Pendel ist bei dieser Konstruktion so wie bei den Hippuhren der treibende Teil des Werkes und wird durch einen Elektromagneten in Bewegung erhalten. Die Schaltvorrichtung befindet sich an der Gabel M des Werkes, die nicht mit einem Anker versehen ist, sondern eine Sperrklinke g, g trägt, deren oberes Ende g einen entsprechend breiten Einschnitt hat, der die Bewegung der Sperrklinke an einem Stiften l in der Gabel begrenzt.

Das Schaltrad, welches sich in der Minute einmal umdreht besitzt eine entsprechende Anzahl von Stiften, zwischen denen sich die Sperrklinke bei der Oszillation der Gabel schiebt und

das Schaltrad um je eine Teilung transportiert. Die rückgängige Bewegung des Rades hindert eine Sperrklinke k.

Der Kontakt für den Stromkreis des Impulsmagneten wird durch einen Stift am Schaltrade geschlossen, der nach je einer Umdrehung während des Transportes des Rades die Feder C streift.

In diesem Falle ist das Intervall zwischen zwei Kontakten eine Minute, kann aber nach Bedarf durch Vermehrung der Kontaktstifte im Schaltrade vermindert werden.

Die Welle des Schaltrades geht durch die Gestellplatte durch und trägt an ihrem oberen Ende einen Zahn, welcher in ein 60zahniges Minutenrad greift und dieses bei jeder Umdrehung des Schaltrades um einen Zahn weiterbewegt. Das Minutenrad wird durch ein Kippgesperre gehalten und vermittelt die Uebersetzung auf das Stundenrad in bekannter Weise.

Auch in den älteren Uhren von H. Aron ist der Pendelantrieb durch einen Elektromagneten hergestellt, welcher in das Uhr-

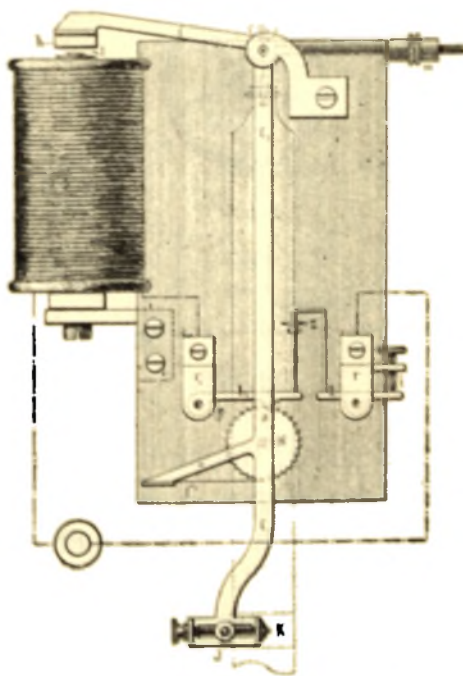


Fig. 239

werk eingebaut ist, Fig 239 und durch den Anker b mittels des Armes l auf die Gabel und durch den Gabelstiften J auf das

Pendel wirkt. Das Schaltrad H wird durch eine seitlich an der Gabel befindliche Feder f bei jeder Schwingung um einen Zahn transportiert. Die rückgängige Bewegung ist durch eine Sperrklinke L_1 behindert, die beim Ausheben aus dem Rade durch den Kontakt Z die Verbindung des Elektromagneten mit der Batterie herstellt.

Bringt man hier am Schaltrade ähnlich wie in der Uhr von Lang (Seite 254) einen Stift an, so kann, wenn der Kontakthebel vom Sperrkegel separiert wird, der Stromschluß auch in längeren Intervallen erfolgen.

Eine einfache Radübersetzung vermittelt vom Schaltrade aus die Bewegung der Minutenwelle.

Die Firma C. Bohmeyer verlegt den Magnetantrieb an das obere Ende des Pendels, wobei der Eisenanker unter dem Einfluße eines permanenten Magneten (c in Fig. 240) steht. Der per-

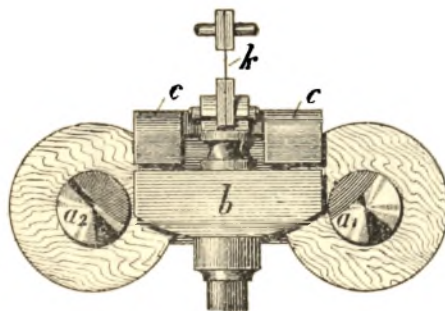


Fig 240.

manente Magnet trägt an seinem unteren Ende die beiden Schenkel des Elektromagneten a_2 und a_1 und verleiht ihnen die entgegengesetzte Polarität wie dem Eisenanker.

Der Kontakt wird in der bekannten Weise der Hipp-Regulatoren (polarisierender Sekundenkontakt Seite 251) erteilt, so daß der Eisenanker abwechselnd von der einen Seite des Magneten angezogen, von der anderen aber abgestoßen, bei der Umkehrung der Schwingung jedoch umgekehrt beeinflußt wird. Diese Anordnung soll sich durch denkbar niedrigen Stromverbrauch auszeichnen.

Indirekter Pendelantrieb.

Bei allen diesen Konstruktionen ist die Genauigkeit des Ganges des Zeitmessers, von der gleichbleibenden Spannung der Stromquelle

abhängig, weshalb zahlreiche Versuche gemacht wurden, den Antrieb indirekt herzustellen.

Zu diesen gehört auch die Normaluhr von L. M. Engelhardt in Fig. 241. Die Gabel, welche teilweise in der Zeichnung durch

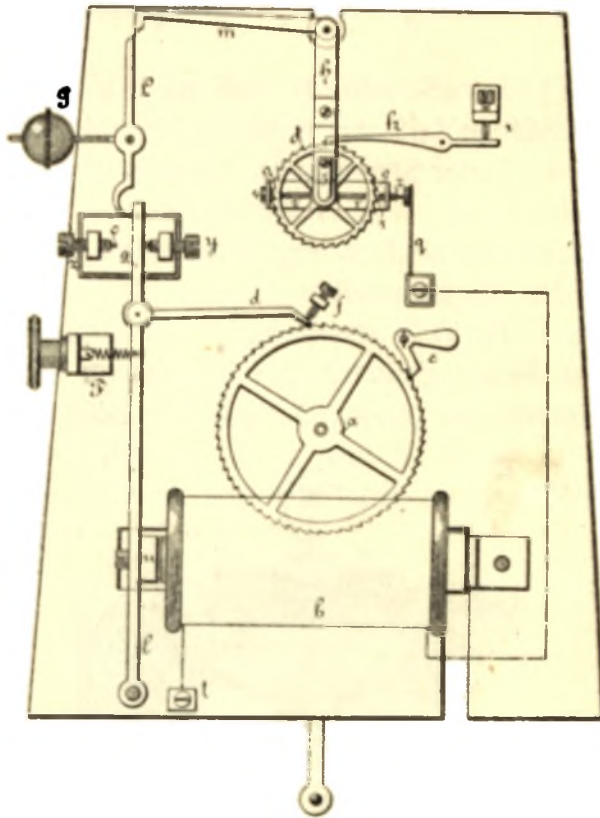


Fig. 241.

das Werk verdeckt wird, trägt einen Arm h mit einem Kloben zwischen dem ein Schaltrad j gelagert ist. Dieses macht die Schwingungen der Gabel mit und wird dabei durch den auf der Werkplatte gelagerten Sperrkegel k bei jeder zweiten Schwingung um einen Zahn weitergeschoben. Das Schaltrad trägt einen Stift, der nach je einer Umdrehung desselben so steht, daß er bei der Rechtsschwingung der Gabel auf die Kontaktwelle r drückt und diese mit der Feder q zur Berührung bringt. Dadurch wird dem Strom eine leitende Verbindung geschaffen, der Magnet b erregt und der Anker n am Hebel l angezogen. Der Hebel drückt durch die Sperrklinke d auf das Schaltrad a (Minutenrad) und bewegt dieses um einen Zahn vor.

Gleichzeitig hat sich aber der durch das Gewicht *g* beschwerte Hebel *L* mit seiner schiefen Fläche auf die des Gabelhebels *m* gelegt und erteilt der Gabel somit einen Impuls. Bei der Rückkehr des Hebels *l* infolge der Spannkraft der Feder *F* geht auch der Hebel *L* in seine Ruhestellung zurück.

Der Antrieb erfolgt hier also durch den Druck des stets gleichbleibenden Gewichtes des Hebels *L*, wodurch die störenden Einflüsse der Stromschwankungen vermieden werden.

Ähnlich ist die Lösung versucht in der Uhr von Stony & Küßling. Fig. 242.

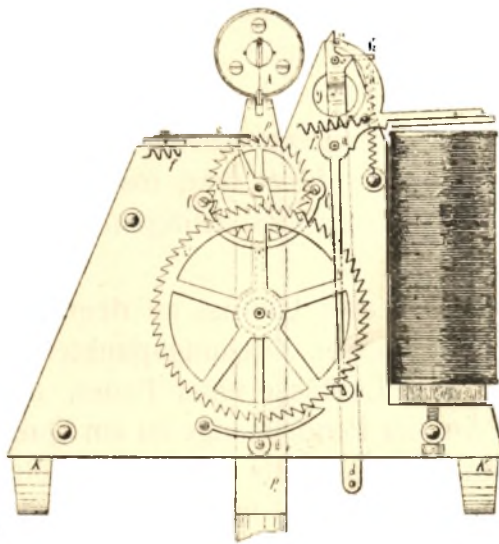


Fig. 242.

Das Pendel betätigt durch einen Anker die Vorwärtsbewegung des Gangrades an dessen Welle ein zweiflügeliger Arm sitzt, dessen eines, längeres Ende mit einem Platinstreifen versehen ist. Die Kontaktfeder *c* ist so angebracht, daß beim Vorwärtsschreiten des Gangrades der eine Flügel des Armes die Feder streift und einen Strom schließt, der den Magneten erregt.

Über den Magneten ist ein Anker *a* an einem Hebel, dessen eines Ende mit der Klinke *h* in die Zähne des Schaltrades (Minutenrades) greift und dieses um einen Zahn weiterbewegt.

Die Bewegung des Ankers macht der auf ihm ruhende Hebel *y*, der unter der Einwirkung einer Feder *k* steht, mit und drückt mit dem Stift *d* auf das Pendel, diesem neue Kraft zuführend.

Auch bei dieser Uhr ist die Antriebskraft unabhängig, indem der Zug der Feder f auf den Hebel y stets gleich bleibt, also auch der Druck, den dieser Hebel auf das Pendel ausübt, keiner Veränderung unterworfen ist.

Vollkommener als bei diesen Konstruktionen ist die konstante Kraftübertragung auf das Pendel in den Antriebsvorrichtungen durch die Pendelfederabbiegung zum Ausdrucke gebracht.

Die erste Anwendung dieses Prinzipes war in einer Anordnung zu sehen, die unter dem Titel „Elektro chronometrischer Regulator mit isochronen Schwingungen“ von Aug. Joly, in der Internationalen elektrotechnischen Ausstellung in Wien 1884 zu sehen war.

Fig. 243 gibt ein Bild dieser Ausführung, die zwar konstruktiv noch nicht richtig durchgeführt war, trotzdem die Hauptpunkte, welche auch die Grundlage der heutigen Konstruktionen bilden, berücksichtigte.

Die Pendelfeder dieser Uhr ist an dem unteren Ende eines Eisenankers unterhalb dessen Drehungspunktes befestigt. Dieser Anker steht unter dem Einflusse einer Feder, die ihn vom Magneten wegzieht. An der Pendelstange ist ein Querarm angebracht, welcher mit einem nach abwärts gebogenem Platinstift bei jeder Linksschwingung des Pendels in ein Quecksilbergefaß taucht, wodurch ein Strom geschlossen wird, der den Magneten betätigt und durch Anziehen des Eisenankers die Pendelfeder nach die linken Seite biegt. Dieser Spannung folgt das Pendel durch die Umkehrung seiner Bewegung und unterbricht den Kontakt, wobei der Anker nun durch die Abreißfeder auf die entgegengesetzte Seite gezogen wird.

Die Mängel dieser Anordnung liegen teilweise im Kontakt, hauptsächlich aber in der Anordnung des Drehungspunktes des Ankers, der mit dem des Pendels nicht übereinstimmt, und diesen in jeder Phase seiner Bewegung örtlich verlegt. Inwieweit hier von isochronischen Schwingungen gesprochen werden kann, ist nicht zu enträtseln. Immerhin bildete diese Konstruktion die Basis, auf welcher sich die Folgenden entwickeln konnten.

Eine Verbesserung dieser Antriebsvorrichtungen finden wir schon im Pendelantrieb der Siemens-Schuckert-Werke.

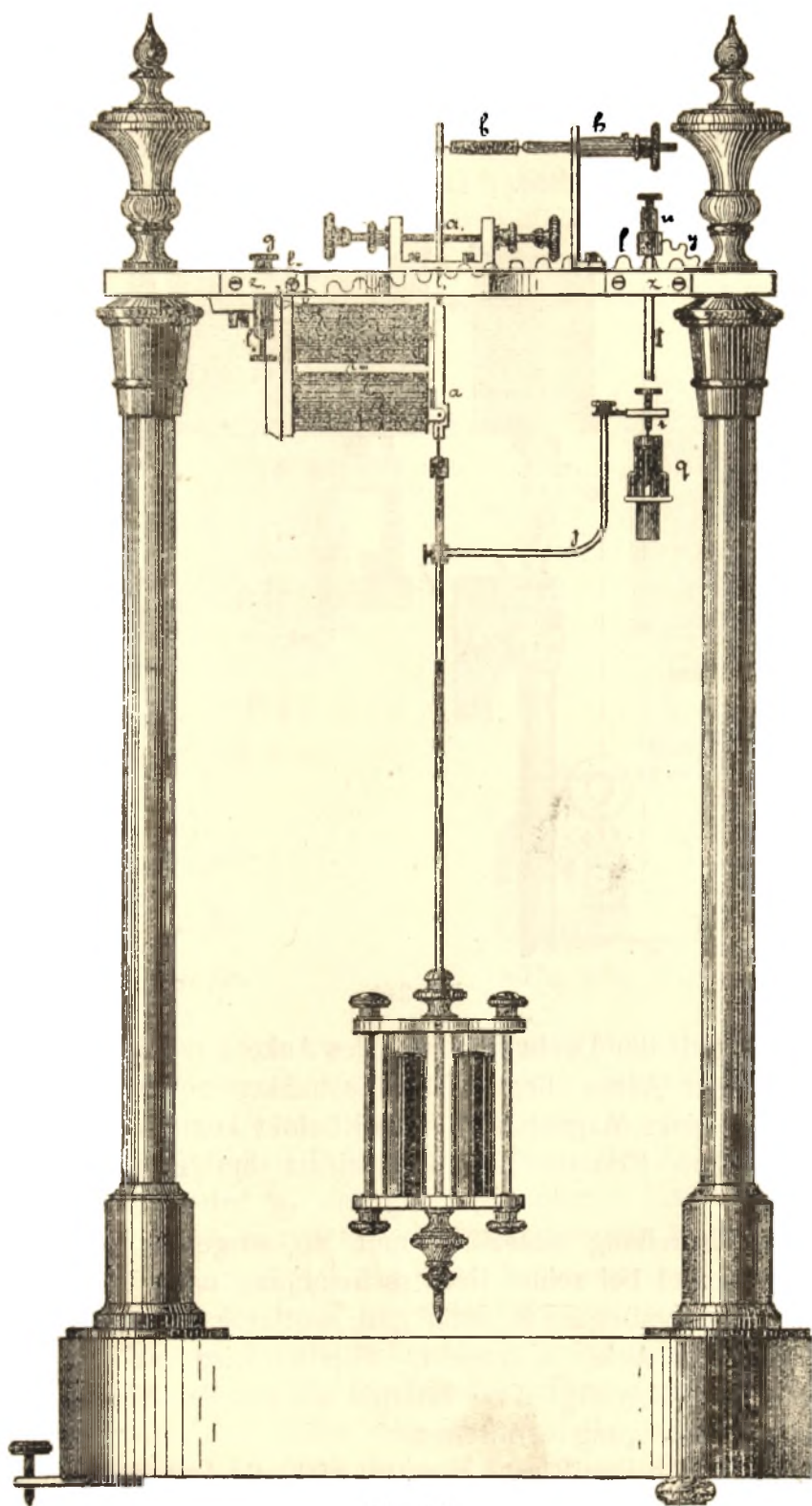


Fig. 243.

Die obere Fassung der Pendelfeder ist an einem verkehrt u-förmigen Eisenanker *a* geschraubt, dessen nach unten gekehrte Schenkel (Fig. 244) mit harten Stahlprismen versehen sind und in Achatnuten aufstehen. Die Länge der Pendelfeder ist so

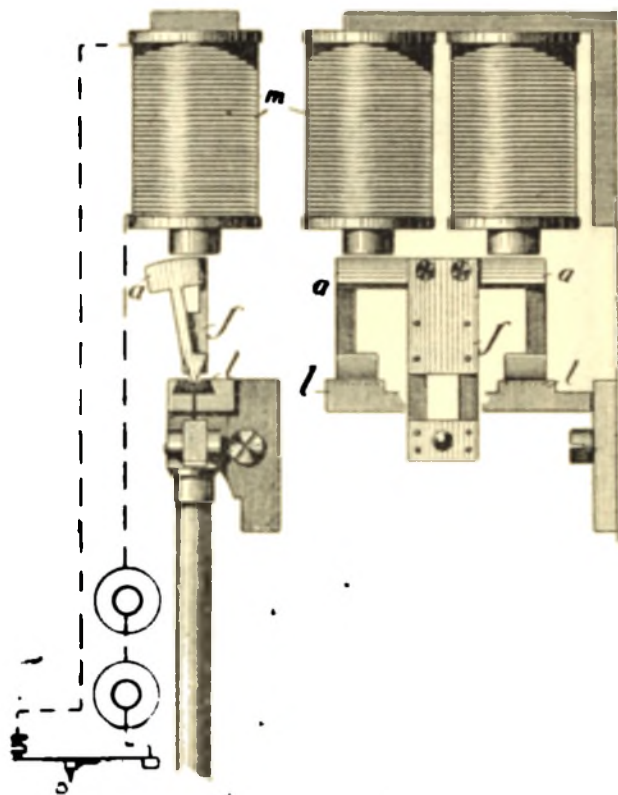


Fig. 244.

bemessen, daß der Drehungspunkt des Ankers mit dem des Pendels in einer Achse liegt. Der Eisenanker *a* steht unter der Einwirkung eines Magneten *m*. Als Kontakt kommt der bekannte einfache Hipp-Kontakt mit Stahlprisma am Pendel zur Anwendung.

Die Einstellung desselben muß so vorgenommen werden, daß das Pendel bei seiner Rechtsschwingung nach Verkleinerung des Schwingungsbogens Kontakt gibt, wodurch der Magnet erregt wird und den Anker *a* anzieht. Hierbei wird die Pendelfeder gespannt und überträgt diese Energie auf das Pendel zum Ersatze der in der Bewegung verlorenen.

Auch bei dieser Klasse bewährt sich die Anwendung polarisierter Magnete gut, weshalb die meisten Erfinder die Anordnung

ihrer Antriebsvorrichtungen nach diesen Grundsätzen durchführen.

Professor A. Irk verwendet bei seiner trefflichen Konstruktion die Pendelfederanordnung nach dem Straßer'schen Prinzip (Fig. 245, 246), indem er am abbiegbaren oberen Ende der Pendelfeder eine kurze Gabel *g* befestigt, in welcher ein am Eisenanker befindlicher Gabelstift greift. Der Eisenanker *a* ist auf einer Achse drehbar

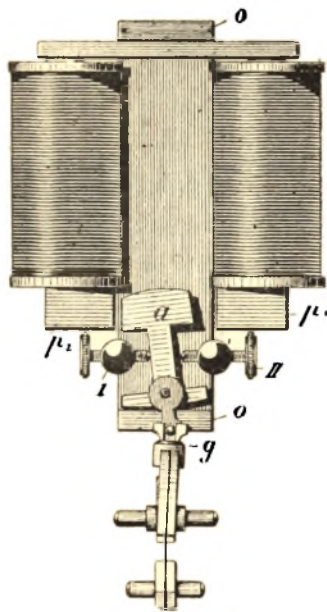


Fig. 245.

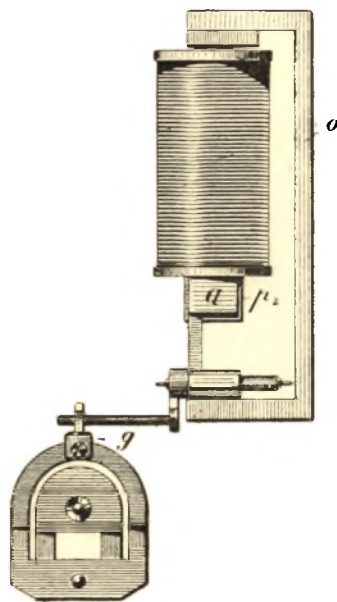


Fig. 246.

gelagert und wird von einem permanenten Magneten *o* induziert. Da der Elektromagnet auf dem anderen Schenkel des Ankers aufgeschraubt ist, werden seine Polschuhe *p*₁ und *p*₂ die dem Anker entgegengesetzte Polarität aufweisen, der Anker daher entweder an *p*₁ oder *p*₂ anliegen. Am oberen Ende des Pendels befindet sich der bekannte Hipp-Sekundenkontakt, in dessen Stromkreis der Magnet liegt. Bei den Schwingungen des Pendels gehen daher im Rythmus der Schwingungen polarisierte Ströme durch den Magnet, die den Anker abwechselnd nach links und nach rechts treiben, was auf die Pendelfeder im Sinne der Schwingungen spannend wirkt und daher stets gleich starke Impulse erteilt, die von der Stromstärke faktisch unabhängig sind. Die Impulse brauchen wegen des geringen Widerstandes, den die Kontaktauslösung

bietet, äußerst minimal zu sein, so daß die Beanspruchung der Stromquelle ein geringes Maß nicht übersteigt.

Die Anordnung von Heinrich Cohen jun. in München macht auch den Auslösungswiderstand des Kontaktes von der Pendelschwingung nahezu unabhängig. Fig. 247 und 248.

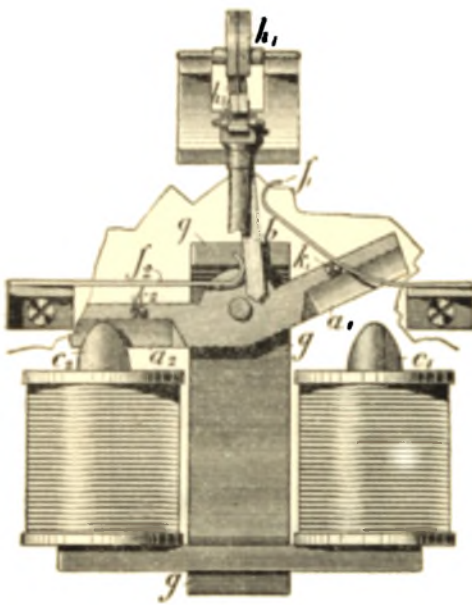


Fig. 247.

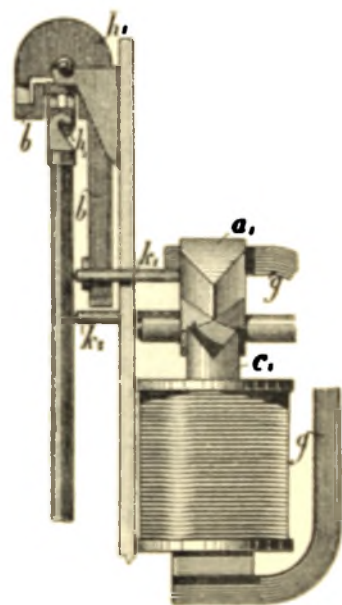


Fig. 248.

Der schwingende Eisenanker a_1 a_2 steht unter der Induktionswirkung eines permanenten Magneten g , an dessen zweitem Pole der Elektromagnet c_1 c_2 aufgeschraubt ist.

Zwecks erhöhter Induktionswirkung sind die Polschuhe des Elektromagneten mit schrägen Ausnehmungen versehen in welche die prismatischen Arme des Eisenankers a_1 a_2 hineinpasse.

Die Abbiegung der Pendelfeder geschieht von unten aus, weshalb der Unterteil der Feder eine lange Zunge b besitzt, die gleichzeitig zum Kontaktgeben eingerichtet ist. Die zwei Federn f_1 und f_2 bilden die Zu-, beziehungsweise Ableitung des Stromes.

Die Arme des Ankers tragen zwei Stifte k_1 und k_2 , welche beim Schwingen des Ankers abwechselnd die Feder f_1 und f_2 aufheben und von der Kontaktzunge b der Pendelfeder entfernen.

Nehmen wir an, das Pendel schwinde nach rechts, so wird am Ende der Schwingung die Kontaktzunge von der Feder f_2 ab-

gehoben und mit f_1 in Berührung gebracht. Hierdurch wird ein Strom geschlossen, der den Magnet derart polarisiert, daß der Anker eine Schwingung ausführt und mit dem Arme a_1 in c_1 kommt, wobei sich natürlich a_2 von c_2 entfernt. Die Schraube k_2 steigt und biegt die Feder f_2 ab, wobei gleichzeitig mit dem Niedergehen der Schraube k_1 die Feder f_1 auf die Zunge b drückt und dieselbe über die Mittellinie hinausführt. Hierdurch wird die Pendelfeder gespannt und erteilt in bekannter Weise dem Pendel einen Impuls. Der umgekehrte Vorgang findet statt, wenn das Pendel retour schwingt, indem am Ende der Schwingung die Zunge von f_1 abgehoben wird und mit f_2 in Berührung kommt, wodurch der Anker mit a_2 in c_2 einschwingt, a_1 von c_1 aber abgestoßen wird. Die Zunge der Spannfeder wird nach rechts gedrückt und spannt die Feder des Pendels in dieser Richtung.

Die Kontakte wirken ungemein kräftig, weil sie als Reibungskontakte ausgebaut sind und durch den starken Druck der Zunge und der Feder sich selbst im Gebrauch abscheuern.

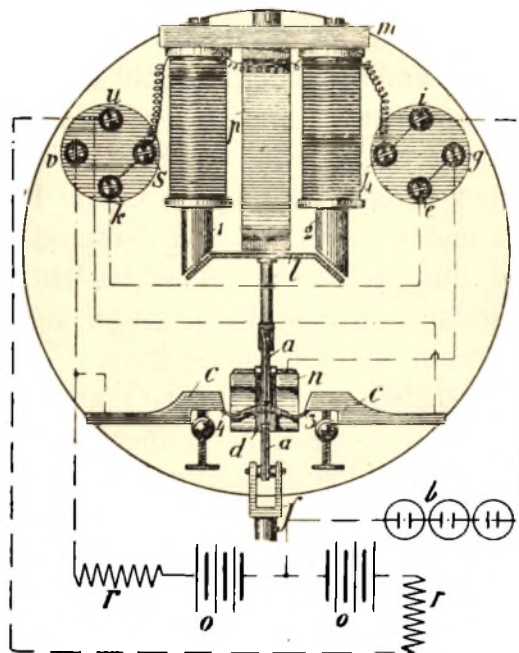


Fig. 249.

Die E. Pfeiffersche Anordnung (Fig. 249) dieses Pendelantriebes zeigt eine grundsätzliche Änderung nur in der Schaltung

der Stromquelle, bei welcher durch Zwischenschalten von Polarisationszellen der Induktionsstrom aufgefangen und beim nächsten Kontakt nutzbringend verwendet wird. Der Betrieb stellt sich deshalb ökonomischer und die Kontakte bleiben rein, weil die Unterbrechung des Stromes in den Zellen stattfindet.

Die Anordnung und das Schaltungsschema ist in Fig. 249 ersichtlich.

Der mit dem abbiegbaren Teile der Pendelfeder verbundene Eisenanker *l* steht unter der Induktionswirkung eines permanenten Magneten *p*, dessen zweiter Pol den Elektromagneten *m* mit den Schenkeln 1 und 2 trägt.

Die Anordnung des Kontaktes ist ähnlich wie bei den Hippischen Regulatoren, indem am oberen Ende des Pendels ein horizontales Querstück mit den Armen 3 und 4 abwechselnd die beiden Hebel *C* und *C*₁ berührt und von ihren Unterlagen abhebt. *O* ist eine geteilte Batterie, die in der Mitte zwischen zwei ungleichnamigen Polen durch einen Verbindungsleiter mit den Polarisationszellen, deren Zahl sich nach der Stromspannung richtet, verbunden ist.

Bei der ersten Pendelschwingung gibt die Kontakteinrichtung einen Stromschluß. Nehmen wir an, es käme 4 mit *c* in Berührung, so fließt der Strom von der Batterie in die Zellen über *ih* in den Magneten *m* und über *skeg* in die Pendelaufhängung *n*, sodann über 4 und *C*, ferner den Widerstand *r* in die Batterie zurück. Die von ihm geleistete Arbeit besteht zunächst in der Magnetisierung, sodann in der Polarisation der Zellen, welche nun dem Batteriestrom die gleiche Spannung entgegensetzen, so daß derselbe unterbrochen wird. Beim Öffnen des Kontaktes ist der Strom unterbrochen, der Kontakt öffnet sich daher funkenfrei. Bei der Umkehrung der Pendelbewegung berührt 3 den Hebel *C*₁, es geht der positive Strom über *r* in *u*, über *C*₁ und 3 in *n*, über *geks* in *m* und über *hi* in die Polarisationszellen, die nun das Potentiale im gleichen Sinne besitzen, von wo er verstärkt durch diesen Strom nach dem negativen Pole der Batterie zurückkehrt. Das Entladen der Polarisationszellen geschieht so rasch, daß sofort das Aufladen in umgekehrter Richtung beginnt, mit dessen Vollendung der Strom unterbrochen ist und der Kontakt sich funkenfrei öffnet.

Der elektrische Aufzug.

Eine gesonderte Stellung nehmen die elektrische Uhren ein, deren Antriebskraft in dem Zug eines der Schwerkraft unterworfenen Körpers oder der Wirkung einer gespannten elastischen Feder besteht.

Der Elektrizität obliegt dann die Aufgabe durch Umsetzen in mechanische Energie, das Gewicht bzw. die Feder aufzuziehen. Da das Aufziehen in kürzeren Intervallen erfolgen kann, vereinfacht sich das Laufwerk indem dessen Übersetzung kleiner wird und gleichzeitig kann der Zug des Motors in demselben Verhältnis heruntergesetzt werden.

Die Erfindungen derartiger Aufzüge sind ungemein zahlreich, da gerade auf diesem Gebiete durch zahlreiche Varianten derselbe Erfolg erzielt werden kann. Im Nachstehenden sind daher nur die wichtigsten beschrieben, welche als Vertreter bestimmter Klassen gelten können.

Das Privileg des Nestors unter diesen Erfindungen dürfte die Konstruktion des Mechanikers Mayer besitzen, die an Sekundenregulatoren auch von der Firma Nehers' Söhne in München ausgeführt wurde und nach Angaben des Herrn Neher jun. wahrscheinlich das Vorbild des Aufzuges Herrn Dr. S. Rieflers wurde

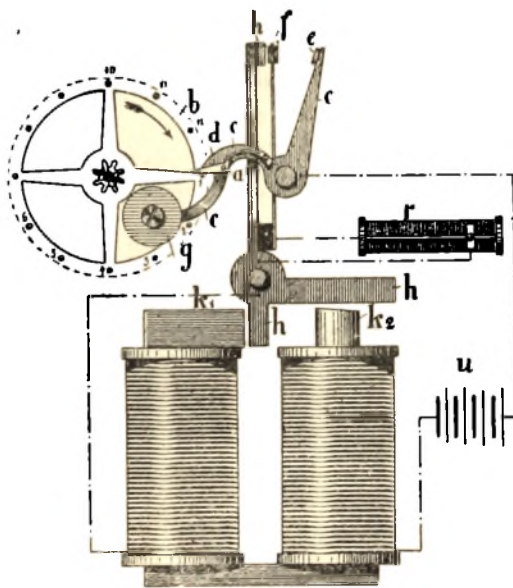


Fig. 250

Fig. 250 stellt eine schematische Ansicht dieses Aufzuges dar. Im kleinen Bodenrad sind eine Anzahl von Stifte eingebohrt, von denen stets einer unter der Einwirkung des Gewichtes g des Hebels c steht. Da der Hebel die Bewegung des kleinen Bodenrades mitmacht, kommt zur Zeit der Kontaktteil e mit der Feder f in Berührung und schließt einen Stromkreis, in welchem außer dem Magneten noch ein Widerstand r eingeschaltet ist.

Der Magnet wird erregt und zieht den Anker h an, der zunächst mit seinem oberen Teile gleichfalls die Feder f berührt und dadurch den Widerstand r kurzschließt, wodurch der Strom mit voller Stärke den Magnet erregt und auf den Anker e einwirkt. Durch den Stoß, den hierbei der Hebel c erhält, wird dieser zurückgeschleudert und klinkt nach dem Zurückbiegen seiner Sperrklinke a mit dieser in den nächsten Stift (12) des Kleinbodenrades ein. Hierdurch wurde auch der Strom unterbrochen und der Anker h kehrt durch die Wirkung einer Abreißfeder in seine Ruhelage zurück.

Beim Unterbrechen des Stromes wird der umgekehrte Vorgang eingehalten wie beim Schließen. Es entfernt sich zuerst f von h durch Einschalten des Widerstandes r den Strom schwächend, worauf der Strom bei f e gänzlich unterbrochen wird.

Durch die Wahl der Stiftzahl kann dieser Kontakt auch zum Minutenkontakt ausgebildet werden, doch empfiehlt er sich nicht seiner kurzen Zeitdauer wegen zum Betriebe von Nebenuhren verwendet zu werden.

Der Aufzug von A. Wimbauer (Fig. 251) trägt den Magneten auf dem Werkgestelle seitlich befestigt. Der Antrieb des Werkes erfolgt durch ein Gewicht g , das an einem Hebel drehbar um die Minutenradachse angeordnet ist und mit einer Sperrklinke in das am Minutenrade befestigte Sperrrad greift.

Dieses wird durch das Gewicht angetrieben und durch das sonst normal ausgeführte Gehwerk der Uhr im geregelten Ablauf erhalten. Nach einer bestimmten Zeit drückt ein Stift des Gewichtshebels auf l_1 , wobei dieser Hebel beiseite geschoben wird und den Kontakthebel u freigibt, welcher infolge seiner Schwere auf die Kontaktschraube y fällt, und einen Strom schließt, der den Magneten erregt. Der Anker a wird angezogen und bewegt, da er mit dem Hebel m fest verbunden ist, diesen mit der Schraube

z nach aufwärts, wobei das Gewicht erfaßt und gleichfalls emporgeschleudert wird. Die Schraube z, die durch eine Bohrung des Hebels u geht, reißt dabei diesen von der Kontaktschraube ab

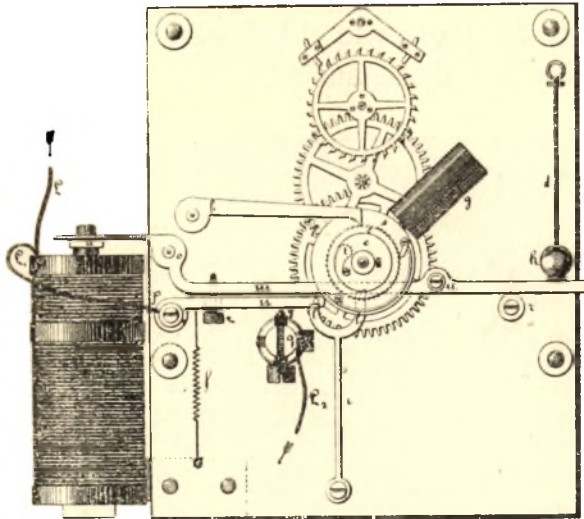


Fig. 251.

und unterbricht den Stromkreis. Hierbei stellt sich der Hebel l durch Federkraft unter den Hebel u und verhindert dessen Herunterfallen auf die Kontaktschraube y. Das Gewichtchen k wird durch den Hebel m gleichfalls emporgeschleudert und bewirkt durch sein Herunterfallen auf den Hebel, das Abreißen des Ankers vom Magneten, für den Fall, daß dieser infolge Remanenzerscheinungen am Magneten haften bliebe.

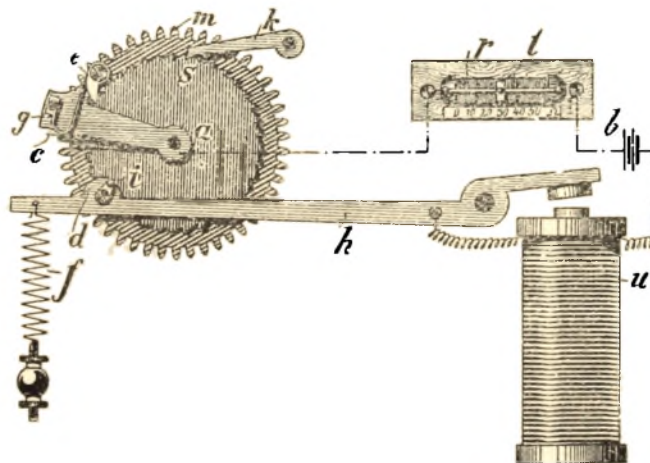


Fig. 252.

Der Rieflersche Aufzug ist sehr einfach gehalten und zeichnet sich durch ungemein sichere und präzise Funktion aus. (Fig. 252.)

Auch hier erfolgt der Antrieb durch das Schwergewicht, welches ein um die Radachse drehbarer Hebel mittels Sperrkegel und Sperrscheibe auf diese ausübt.

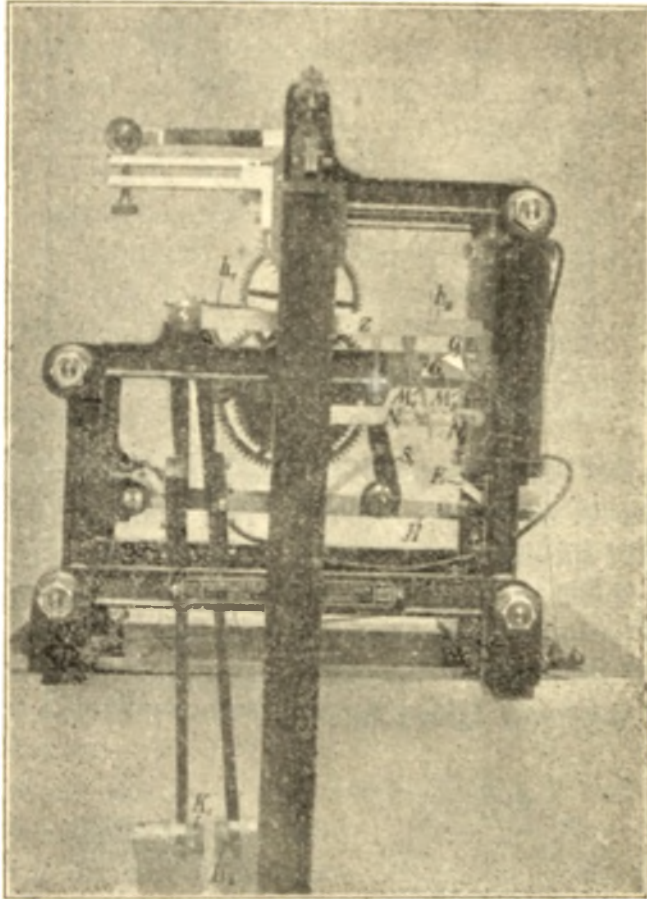


Fig. 253.

Der Gewichtshebel *g* trägt nach unten eine Feder *c*, welche beim langsamen Sinken während des Ablaufes auf die Kontaktstelle des Hebels *h* kommt, und einen Strom schließt, der den Magneten erregt.

Der Anker auf dem Hebel *h* wird angezogen, wobei dieser nach aufwärts schnell, den Gewichtshebel *g* mitnehmend. Wenn der Hebel *h* eine gewisse Höhe erreicht hat, drückt er durch den

isolierten Stift i die Kontaktfeder c von dem leitenden Teil des Hebels h. Infolge der Einwirkung des Sperrkegels e bleibt Hebel g in der gehobenen Stellung und nimmt das Sperrrad und damit auch das Laufwerk der Uhr, in dem durch die Hemmung geregelter Ablauf mit, bis er den Hebel h erreicht und neuerdings an diesem den Stromkreis schließt, um den Aufzug zu betätigen.

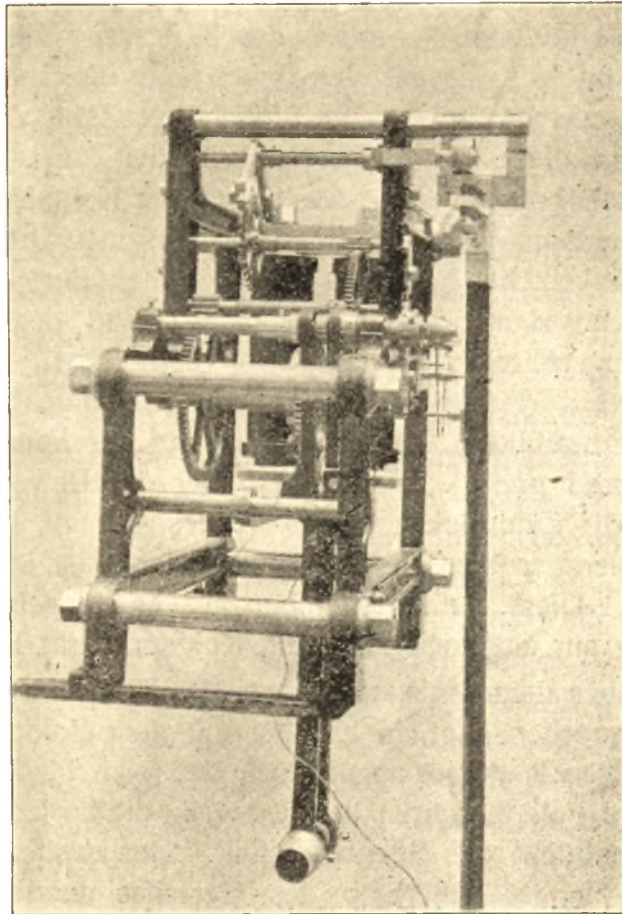


Fig. 254.

Eine auf ähnlichem Prinzip beruhende Aufzugsvorrichtung für starke Normaluhren ist in der Abbildung 253 und 254 ersichtlich. Zum Antriebe in dieser Uhr dient ein in Intervallen von einer Minute unter Einwirkung eines Elektromagneten stehender Eisenanker E, welcher an einem horizontal gelagerten Hebel H befestigt ist und vermittle einer gleichfalls auf diesen Hebel gelagerten Sperrklinke S₁ einen Zug auf ein an der Minutenradwelle

befestigtes Sperrrad ausübt, welches seinerseits den Druck in der Drehrichtung des Minutenrades auf dieses überträgt und dadurch das Gehwerk in Gang erhält. Dieses Sperrrad besitzt 60 Zähne; es wird also in jeder Minute der Zahn, an welchem die Sperrklinke greift, in die Stellung kommen, welche der vorhergehende Zahn vor Ablauf dieser Minute eingenommen hat. In diesem Augenblicke wird vom Uhrwerk ein Kontakt ausgelöst, der einen elektrischen Strom in den Magneten sendet, durch dessen Einwirkung der Eisenanker und mit diesem der Hebel und die Sperrklinke gehoben wird, welche in den nachfolgenden Zahn eingreift und diesen bis an die Stelle des vorhergehenden führt, worauf sich das Spiel wiederholt. Der zur Auslösung des Kontaktes dienende Apparat besteht aus zwei um einen gemeinsamen Drehungspunkt drehbaren Winkelhebel h_1 und h_2 , von welchem der eine auf einer in Zapfen gelagerten Achse befestigt, während der andere mit einem Führungsrohre auf derselben aufgesteckt ist. An dem auf der Achse festen Winkelhebel h_1 ist der horizontale Arm zu einer Sperrklinke ausgebildet, welcher in das auf der Minutenradwelle sitzende Sperrrad greift. Er wird also bei der Bewegung dieses Rades, über die Zahnrüden des Sperrades gleitend, langsam gehoben, und, wenn er über die Zahnschnecke gelangt ist, in die nächste Lücke fallen. Diese Bewegung überträgt er auf seinen anderen Arm, welcher am untersten Ende ein Kohlepräparat K_1 trägt.

Gegenüber dem senkrechten Arm des Winkelhebels, welchen wir jetzt besprechen, liegt ein gleicher mit dem Kohlepräparat K_2 des zweiten Hebels derart angeordnet, daß sich beide Kohlepräparate in dem Falle berühren können, wenn die horizontale Sperrklinke in eine Lücke des Sperrades fällt. Der zweite Arm dieses Winkelhebels h_2 ist außerhalb des Gestelles an dem Rohre in horizontaler Lage befestigt und liegt infolgedessen gedeckt unter dem entsprechenden Arm des ersten.

Der vordere Hebel trägt eine Schraube z , auf welcher der rückwärtige derart ruht, daß, wenn der erstere infolge Bewegung der Sperrklinke gehoben, diese Bewegung auf den letzteren übertragen wird.

Es wird also mit diesem Arme eine analoge Bewegung der beiden Kohlenräger K_1 und K_2 erfolgen. Am Gestelle befinden sich zwei unter steter Einwirkung der Gegenschwünge G_1 und G_2

stehende vertikale Hebelchen M_1 und M_2 , welche durch die Schrauben N_1 und N_2 am Pendelarm a beim Schwingen des Pendels abwechselnd aus ihrer durch Stifte begrenzten Ruhelage bewegt werden. Senkrecht über den Drehungspunkten dieser Hebel befinden sich in den bereits beschriebenen horizontalen Armen h_1 und h_2 Stifte, welche sich, wenn die beiden Arme infolge Bewegung des Sperrades die Höchstlage erreicht haben, derart über den beiden Hebelchen befinden, daß keiner der beiden Arme h_1 und h_2 bei Ruhelage der Hebelchen M_1 und M_2 , auch wenn der unterstützte Zahn des Sperrades sich von der Sperrklinke entfernt hat, herunterfallen kann.

Es beginnt nun folgendes Spiel: Wir nehmen an, die Pendelschwingung erfolgt von links nach rechts, es würde also Hebel M_2 vom Stift des Armes h_2 weggedrückt. Bei dieser Schwingung bleibt der Kontakt unverändert, da h_2 auf der bereits erwähnten Schraube Z des Hebels h_1 liegt, welcher seinerseits wieder unterstützt wird vom Hebel M_1 . Es wird nun bei Rückschwingung des Pendels vorerst M_2 seine Ruhelage unter dem Arm h_2 einnehmen, hernach durch Schraube N_1 Hebel M_1 aus seiner Ruhelage gedrückt. Hierbei wird der Stift des Armes h_1 freigegeben. Der Arm bewegt sich nach abwärts, die gleiche Bewegung führt der mit diesem Hebel und der Sperrklinke verbundene Kohlenträger K_1 aus, wodurch er auf K_2 zu liegen kommt. Durch diese Berührung wird der Strom geschlossen und sowohl die Aufzugsvorrichtung als auch die in den Stromkreis eingeschalteten Nebenuhren betätigt. Bei Rückschwingung des Pendels kommt M_1 zur Ruhe, während M_2 aus der den Arm h_2 unterstützenden Lage geführt wird, wobei sich derselbe nach abwärts bewegt und K_1 sich von K_2 entfernt, den Strom unterbrechend. Durch das langsame Heben der beiden Arme h_1 und h_2 durch die Sperrklinke kommen die an denselben befestigten Stifte wieder über den Hebel M_1 und M_2 zu liegen, bis nach Verlassen des Sperrzahnes vom Kegel die Auslösung neuerdings erfolgen kann.

Die Uhren von Heinrich Cohen jun. haben die auf Seite 137 beschriebene Magnetanordnung, welche sich durch eine ungemein starke Kraftäußerung auszeichnet. Der Eisenanker E_1 geht mit zwei Schenkeln in die Spulen S und S_1 (Fig. 255) und betreibt durch sein Eigengewicht, welches mit dem Hebel H durch ein Zahnsegment auf das Minutentrieb wirkt, das Laufwerk.

In dem beweglichen Eisenanker E_1 ist eine kleine Säule F eingeschraubt, auf welcher ein isolierter Konus J , eine Kontakthülse K mit einer Kontaktscheibe K_1 stecken, die dem Drucke einer kleinen Spiralfeder ausgesetzt sind.

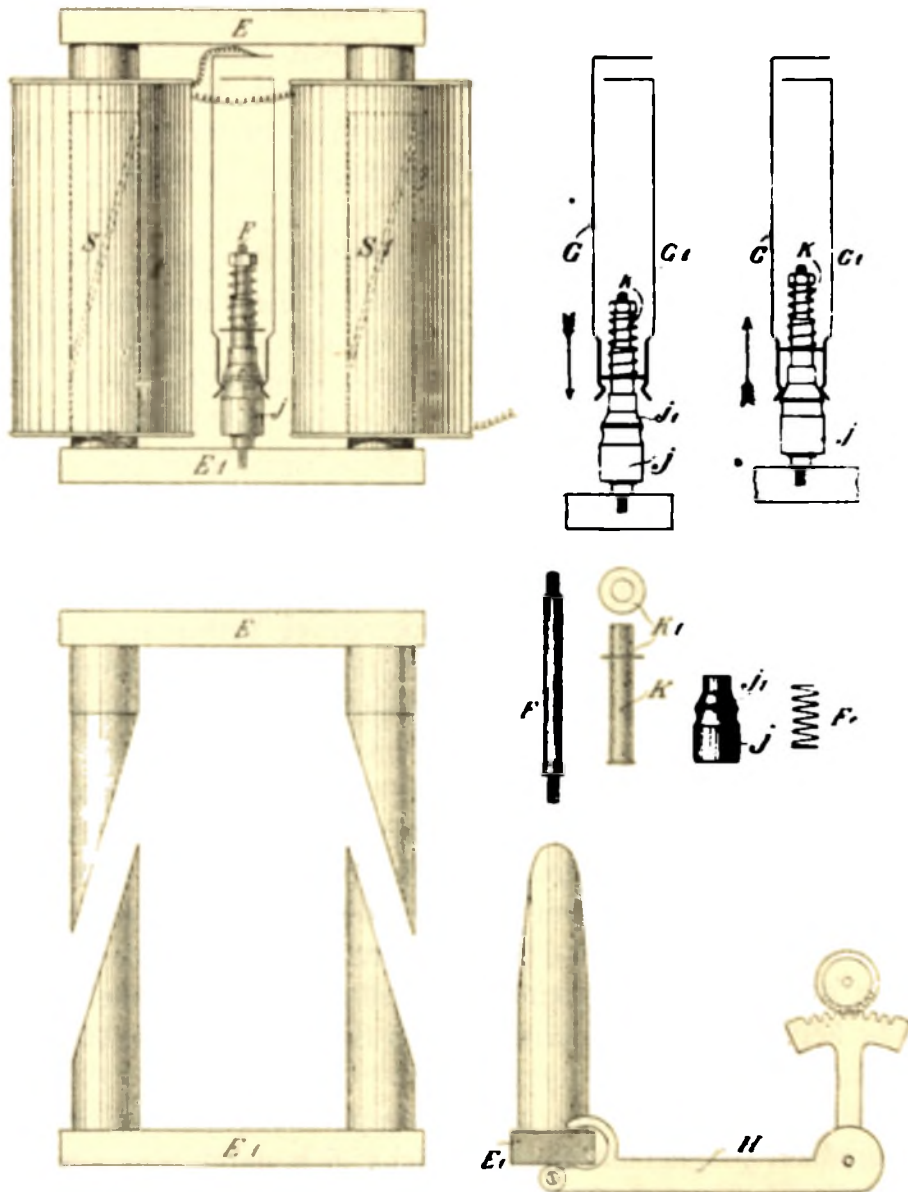


Fig. 255.

Links und rechts dieser Hülse stehen die beiden Kontaktfeder, die im aufgezogenen Zustande der Uhr in der isolierten

Nute der Hülse J liegen. Ihre Spannung ist genügend groß, daß sie beim Sinken des Eisenankers die Hülse J zurückhalten, wodurch die Kontaktscheibe den unteren, isolierten Rand der Hülse berührt und dort aufgehalten wird.

Im Weiterschreiten der Bewegung wird durch das Festhalten der Hülse J die Feder gespannt und die am oberen Ende der Säule F befindliche Mutter die Kontakthülse K nach unten drücken, die ihrerseits die Hülse J vor sich herschiebt, bis beide Federn G und G_1 über den Rand der Nute derselben gleiten. Nun wird die Hülse nach abwärts geschleudert und gleichzeitig legen sich die beiden Federn an die Kontaktscheibe an und schließen den Strom.

Der Magnet zieht nun den Anker an, wobei sich vorerst die Federn von der Kontaktscheibe abheben und nur durch ihre Berührung mit dem konischen, leitenden Teile J_1 der Hülse J Kontakt geben, bis durch das Weiterschreiten der anziehenden Bewegung die Federn in die isolierte Nute der Hülse J einschnappen und den Strom unterbrechen.

Da sich stets wechselnde Stellen der Kontaktteile dem Stromübergange bieten und der Druck der Federn ein größerer sein kann, ist die Funktion eine äußerst sichere.

Der Aufzug von D. Perret zeichnet sich wesentlich durch zwei Momente aus: die Kontaktanordnung und den Aufzugsmagneten. Der Antrieb erfolgt hier im Gegensatze zu den bereits besprochenen Einrichtungen durch eine gespannte Feder f (Fig. 256), die am Arme a_1 eines dreiarmigen Hebels wirkt.

Das Ende a_3 dieses Hebels trägt die Sperrklinke b, die in das Sperrrad n eingreift. Dieses Rad sitzt auf der Minutenradswelle und überträgt den Druck der Feder f auf das Laufwerk. Dieses unterscheidet sich einschließlich der Hemmung in keiner Weise von dem einer anderen Uhr.

Dem Sperrkegel b_1 gegenüber befindet sich eine Kontaktfeder l, welche durch das Zwischenstück k auf den Rücken des Sperrkegels wirkt und beim Sinken desselben, sich an das Kontaktstück m anlegt, einen Vorkontakt schließend. Mit dem Vorwärtsschreiten des Sperrkegels b_1 und der damit zusammenhängenden Drehung des Rades n wird der feste Sperrkegel b_2 aus den Zähnen des Rades n herausgehoben, wobei der Haken c der Sperrklinke, die Kontaktfeder d von dem Kontaktstücke e abhebt,

so daß sie sich von e schon entfernt hat, wenn die Feder l auf m liegt. Ist das Rad n um eine volle Zahnteilung weitergerückt, fällt der Kegel b₂ in die nächste Zahnluke, c gibt d frei, d berührt e und durch den damit erfolgenden Stromschluß wird der Anker h des Magneten angezogen, die Schraube i drückt auf a₂ und hebt a₃ mit der Sperrklinke b₁, die im Momente, wo sie in die nächste Zahnluke einfällt, durch das Zwischenstück die Feder l freigibt und dadurch den Kontakt unterbricht. Die Feder f ist wieder gespannt und wirkt treibend auf das Laufwerk.

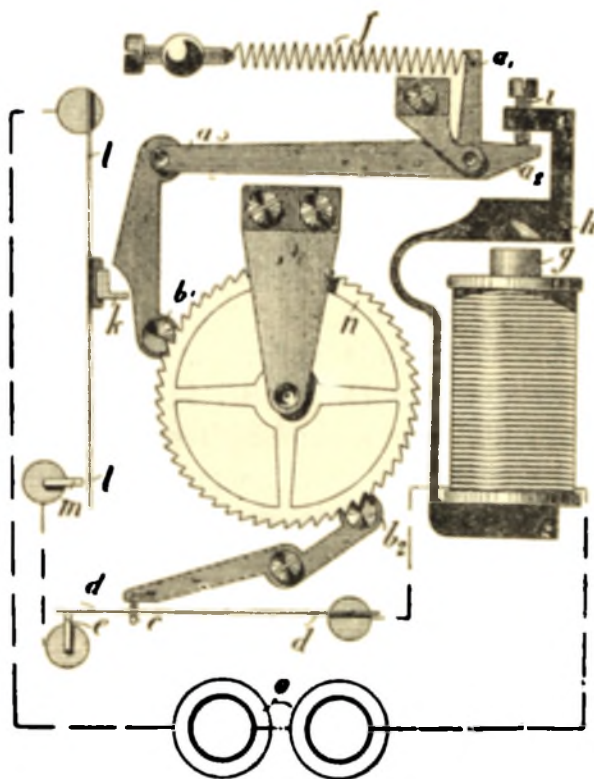


Fig. 256.

Das Wesentlichste am Magneten liegt in der Ausnutzung der Induktion durch seine eigentümliche Form, weshalb diese Uhren mit ganz schwachen Strömen funktionieren.

Der Aufzug erfolgt sehr rasch, so daß sich ein äußerst geringer Stromverbrauch ergibt.

Am Aufzuge H. Aron schwingt ein Eisenanker a zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten h (Fig. 257), der nur mit einer Spule i versehen ist.

Der Drehungspunkt des Ankers fällt mit dem eines vielzahnigen Sperrrades zusammen, in dessen Zähne ein am Anker gelagerter Sperrkegel eingreift und dieses bei seinen Schwingungen mitnimmt. Ein zweiter Sperrkegel, der am Gestelle befestigt ist, verhindert die rückgängige Bewegung des Sperrades.

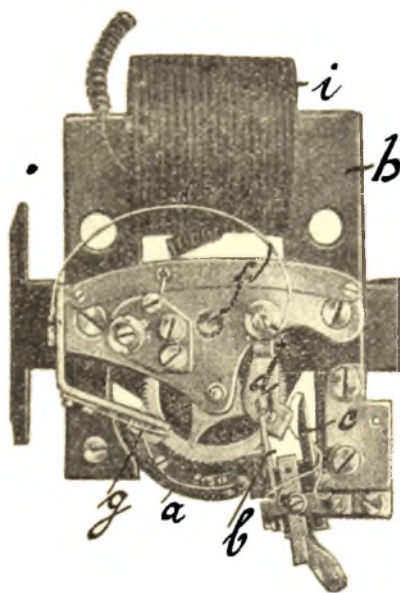


Fig. 257.

Der Anker steht unter der Einwirkung einer Feder *F*, welche ihn in jener Richtung betätigt, in der er das Sperrrad mitnehmen und damit das Uhrwerk treiben muß. Wenn er einen gewissen Weg zurückgelegt hat schließt er einen Kontakt, wobei der Magnet erregt wird, den Anker zurückschwingen läßt und hierbei den Strom unterbricht.

Die Feder wurde damit neuerlich gespannt und wirkt in der beschriebenen Weise auf das Gehwerk der Uhr.

Der Kontakt besteht aus einer gabelförmigen Kippe mit den beiden Armen *b* und *c*, zwischen denen sich der Kontaktstift *d* des Ankers bewegt. An der Kippe wirkt ein Federzug, der in einer gewissen Stellung der Gabel gerade durch deren Drehungspunkt geht. Wird die Gabel nur etwas über diesen toten Punkt hinübergeführt, so wirkt sie in gleicher Richtung drehend auf die Gabel ein. Die Zugwirkung der Feder macht sich daher nach zwei Richtungen geltend. Der Gabelteil *b* ist leitend, der Teil *c*

isoliert. Nehmen wir an, die Uhr geht und war soeben aufgezogen worden, so liegt der Kontaktstift d auf dem isolierten Gabelteile und führt ihn bei seiner Ablaufbewegung vor sich her. Damit gelangt die Gabel in ihre tote Stellung, überschreitet diese und die Feder wirkt nun in derselben Richtung antreibend auf sie, so daß sich das isolierte Gabelende von dem Kontaktstift entfernt und dafür der Gabelarm a anlegt, wodurch der Strom geschlossen und der Magnet erregt wird. Der Anker schwingt zurück und nimmt mit dem Kontaktstift durch Druck auf den leitenden Gabelteil die Gabel mit, führt sie über den toten Punkt, worauf die Feder in der Antriebsrichtung wirkend, den leitenden Gabelteil vom Stift d entfernt und den isolierten dafür zur Berührung bringt. Der Kontakt ist unterbrochen und die Ankerbewegung kehrt sich um, den isolierten Teil c vor sich herbewegend.

Diese Aufzüge sind außerhalb des Uhrwerkes montiert und stehen mit diesem durch Kegelnradsübersetzung in Verbindung.

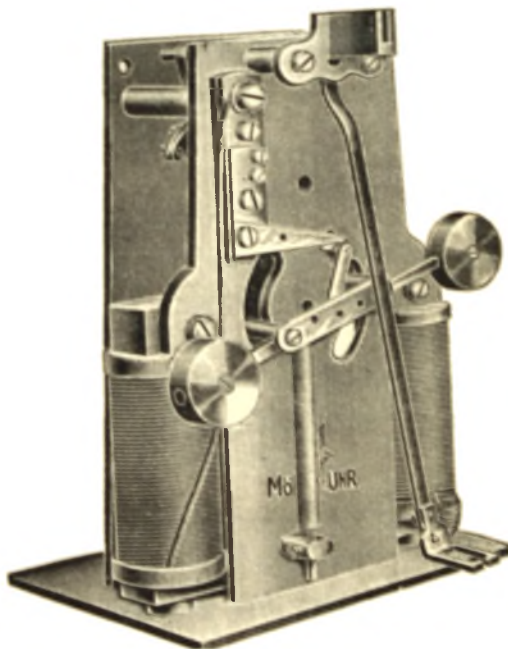


Fig. 25³.

Auch der Antrieb der Uhren der Firma Möller wird durch die Spannkraft einer Feder bewirkt, welche den Anker eines Elektromagneten beeinflußt und durch ein Gesperre auf das Laufwerk übertragen wird.

Der Eisenanker schwingt zwischen den Polen eines Elektromagneten, wodurch eine ziemlich ausgiebige Bewegung erzielt wird. Um dem Anker einen gewissen Schwung zu verleihen, gehen zwei an ihm befestigte Säulen durch entsprechende Schlitze der Platine und werden außerhalb dieser durch einen längeren Hebel verbunden, dessen Enden durch Gewichte beschwert sind. Fig. 258.

Die Kontakteinrichtung besteht aus einem an dem Gewichtshebel angeschraubten Arme mit dem Kontaktstift 1 (Fig. 259, Fig. 260 und Fig. 261), ferner aus einem an dem Uhrgestell beweglichen Doppelhebel 4 und 5 der vom Gestelle isoliert ist.

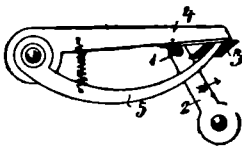


Fig. 259.

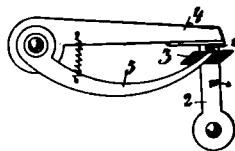


Fig. 260.

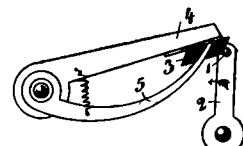


Fig. 261.

Denken wir uns, die Uhr wäre gerade aufgezogen worden, so finden wir die Stellung der Kontaktteile in Fig. 261 illustriert. Der Hebel 2 macht die Bewegung des Ankers in der Pfeilrichtung mit und drückt auf die schiefe Fläche des Isolators 3 des Hebels 5, diesen hebend.

Nach einer gewissen Zeit steht der Stift unter der rückwärtigen Kante des Isolierstückes und läßt dieses im nächsten Momente abfallen, so daß der Kontakthebel 4 auf den Stift 1 fällt und den Strom schließt. Fig. 259. Der Anker schwingt und macht die der Ablaufsrichtung entgegengesetzte Bewegung (Fig. 260) in der Pfeilrichtung, wodurch sich der Kontaktstift zwischen das Isolierstück und die Kontaktfläche des Hebels 4 schiebt, bis er im weiteren Verlaufe seiner Bewegung beide verläßt und dadurch den Strom unterbricht. Die Uhr ist aufgezogen und das Spiel des Ablaufes bis zum Kontaktgeben wiederholt sich, worauf der Aufzug neuerlich erfolgt.

Um die Anwendung polarisierter Magnete zu ermöglichen, ist ein rotierender Kontakt erforderlich. Beide bringen gewisse Vorteile mit sich, die sich in einem sicheren Funktionieren aller Teile äußern.

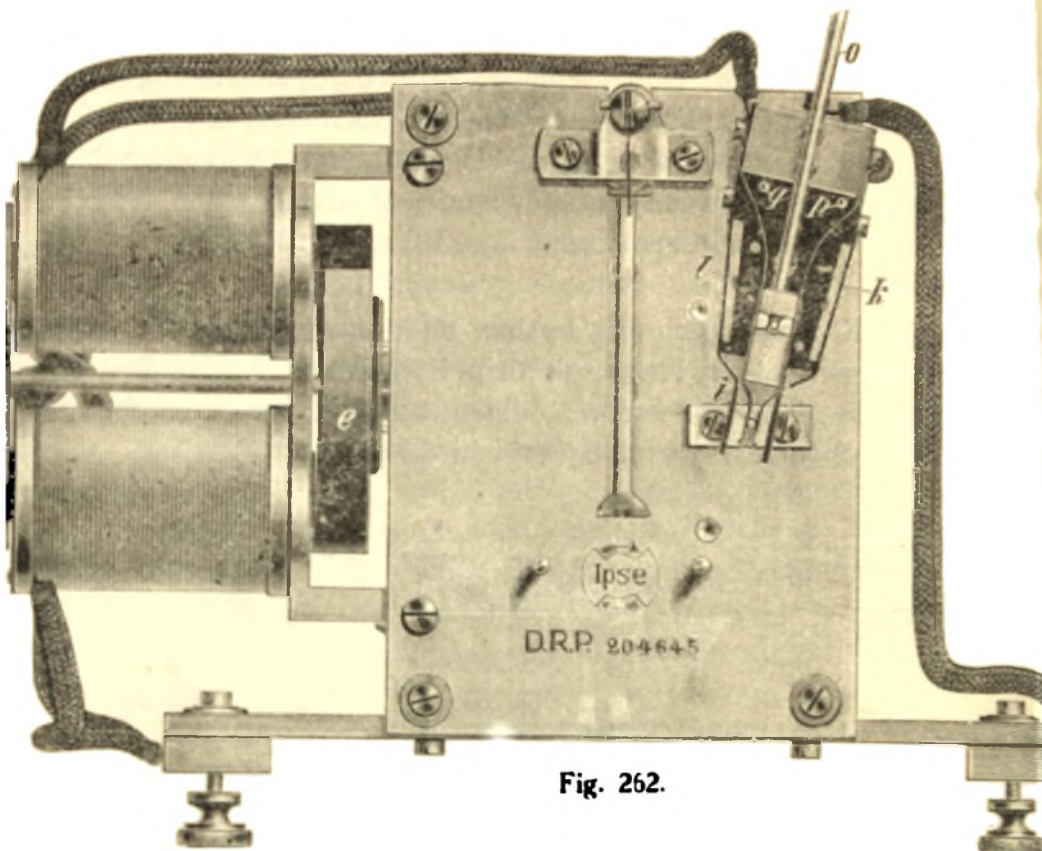


Fig. 262.

Diese Einrichtungen wurden von der Firma C. Bohmeyer in ihren Uhren vereinigt (Fig. 262 und 263). Natürlich ist für den Kontakt ein eigenes Laufwerk erforderlich, das, gleich dem Gehwerke von einer Feder angetrieben wird.

Als Motor dient ein doppeltes Magnetsystem, dessen Schenkel so angeordnet sind, daß je zwei diagonal gegenüberstehende miteinander verbunden sind. Ein Anker in der Form eines doppelten Segmentes schwingt über den Polen und wird von diesen so beeinflusst, daß er durch das wechselnde Einschalten der Magnete eine drehende Bewegung ausführt. Die Schaltung des Apparates geht aus der Fig. 263 hervor.

Diese rotierende Bewegung überträgt sich durch Kegelräder oder Kronrad und Trieb auf das Federhaus F_1 , welches am Minutenrad beweglich befestigt ist. Die rückgängige Bewegung des Ankers verhindert die Sperrklinke b , welche hinter einem der vier Stifte des Ankers einfällt. Das Minutenrad greift in das Trieb des Kleinbodenrades und in ein auf dem Federhause F_2 aufgesetztes Rad ein, so daß

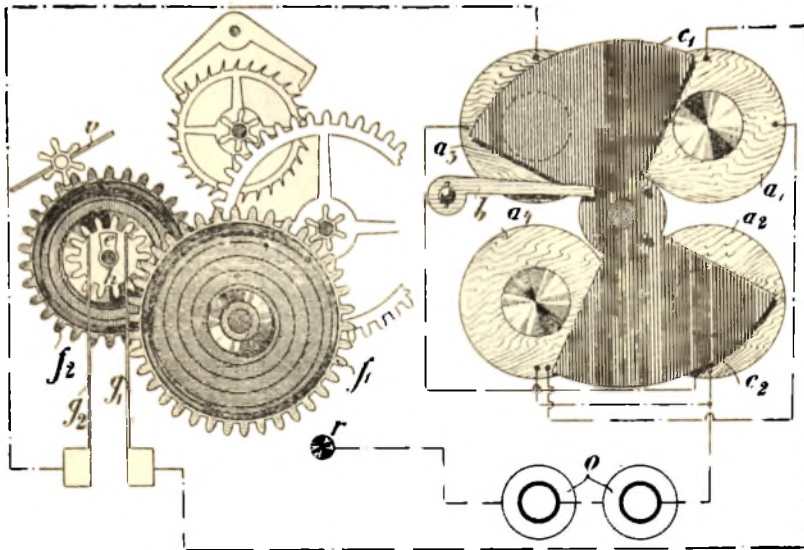


Fig. 263.

beim Ablaufe des Gehwerkes das Federhaus F_2 des Laufwerkes gedreht und die darin befindliche Feder gespannt wird. Das Lauf- und Kontaktrad dieses Federhauses trägt zwei Stifte, die in einem mehrzackigen Stern, der an der Minutenradwelle sitzt, greifen. Fig. 264. Sobald dieser Stern eine gewisse Stellung er-

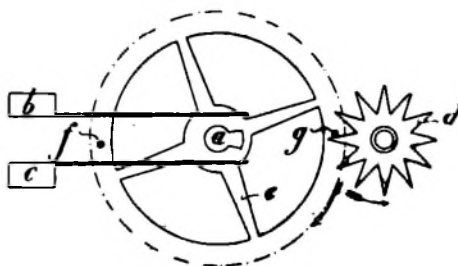


Fig. 264.

reicht hat, wird ein Stift frei und das Kontaktrad macht eine halbe Umdrehung, worauf sich der zweite Stift an der nächsten Zacke des Sternes stellt und mit dieser weiterdreht. Da auf der Welle des Kontaktrades ein Exzenter sitzt, macht dieser die Bewegung mit und berührt abwechselnd bei jeder halben Umdrehung die linke und die rechte Kontaktfeder $g_2 g_1$ (Fig. 263), wodurch der Strom abwechselnd die beiden Magneten erregt, jedesmal ~~den~~ Anker um 90° nach vorwärts dreht und die Feder des Gehwerkes wieder nachspannt.

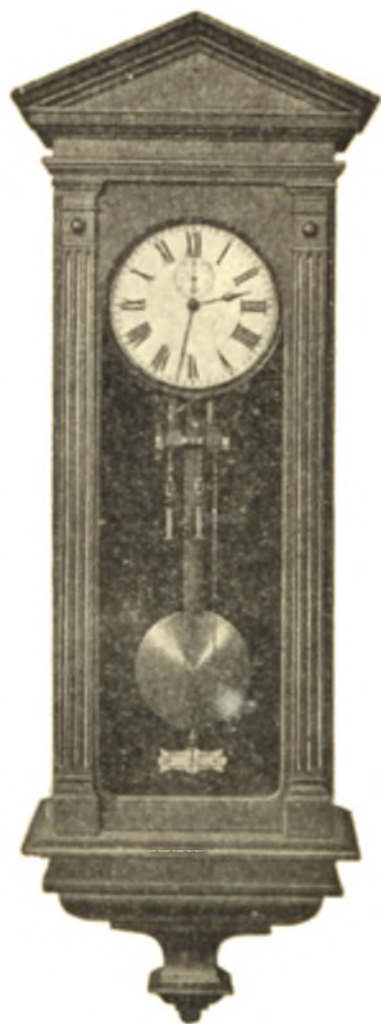


Fig. 265.

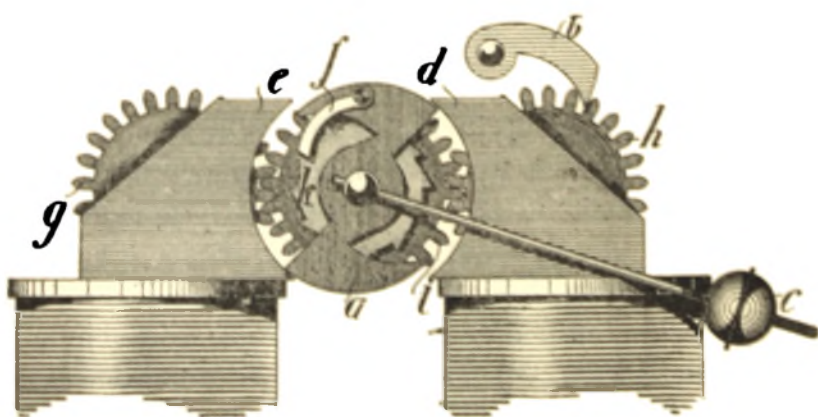


Fig. 266.

Die Normaluhr von Th. Wagner in Wiesbaden mit Selbstaufzug (Fig. 265) wird durch Gewichte betrieben, die an einer endlosen Kette hängen. Der Kontakt wird gleich dem der Bohmayer Uhr von einem separaten Laufwerk betätigt. Der Motor für den Aufzugsmechanismus besteht aus einem schwingenden Z-förmigen Anker *a*, der zwischen den Polen *e* und *d* eines Elektromagneten drehbar gelagert ist. Fig. 266. Auf seiner Achse sitzt beweglich ein Stirnrad *i*, auf dem ein Sperrad *k* aufgeschraubt ist, das durch einen am Eisenanker drehbaren Sperrkegel *f* von diesem in einer Richtung mitgenommen wird, während die Rückbewegung des Eisenankers, die durch das Gewicht *c* bewirkt wird, leer erfolgt.

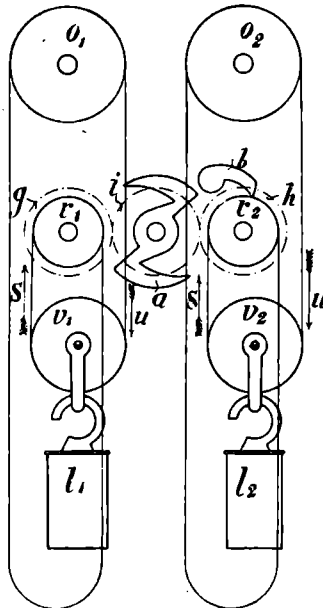


Fig. 267.

Der Eisenanker befindet sich zwischen den Polschuhen in einer Lage, daß er, wenn er den Einfluß derselben unterworfen ist, eine Schwingung von 60° ausführt.

Das Rad *i* greift in zwei Räder *g* und *h* ein, welche auf der Welle eine Kettenrolle tragen.

Das Rad *h* wird an der rückgängigen Bewegung durch eine Sperrklinke *b* gehindert.

In Fig. 267 ist eine schematische Ansicht des Kettenlaufes beim Aufzug gegeben.

Darnach bewegen sich die endlosen Ketten während des Aufzuges in der Richtung der Pfeile S, wobei der Zug auf die Uhrwerkswalzen o_1 und o_2 nicht unterbrochen wird, weil der zweite Teil der Kette der Flaschenzüge von diesen über die Uhrwerkswalzen geht. Der Gewichtszug, der natürlich an beiden Kettenteilen wirkt, wird diese Walzen also auch während des Aufziehens drehend beeinflussen können. Beim Ablaufen bleibt der über die Aufziehungswalzen r_1 und r_2 gehende Teil der endlosen Kette in Ruhe, weshalb zufolge des Gewichtszuges unter der hemmenden Einwirkung der Ablaufregler sich die Uhrwerkswalzen o_1 und o_2 drehen.

Bei den Normaluhren von Th. Wagner ist die Kontakteinrichtung für polarisierende Ströme konstruiert und wird in Zeitintervallen von je einer Minute geschlossen (siehe Normaluhren), so daß in den Stromkreis auch Nebenuhren eingeschaltet werden können.

Turmuhraufzüge.

Unter den automatischen Aufzugsvorrichtungen für Turmuhren nehmen unstreitig die durch das Umlaufräderwerk bewirkten den ersten Platz ein.

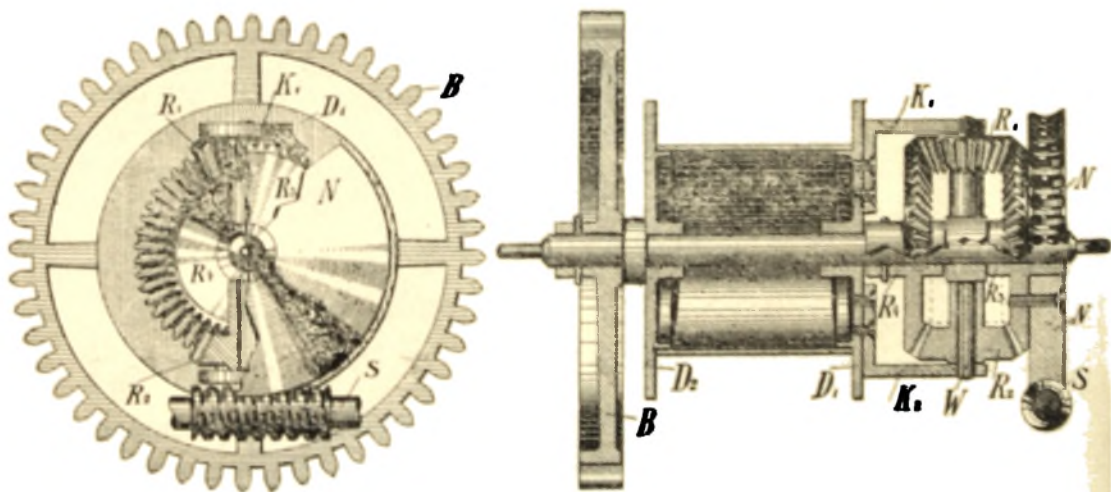


Fig. 268.

Fig. 268 stellt einen solchen Mechanismus dar, welcher in das Bodenrad eingebaut ist. B ist das Bodenrad, welches, wie im Schnitte ersichtlich, mit der Welle fest verbunden ist. Bei dieser Anordnung entfällt das Gesperre und es folgt auf das Bodenrad sofort die Walze, die mit den beiden Deckeln D_1 und D_2 auf der Welle beweglich sitzt. K_1 und K_2 sind zwei Klöben,

welche eine feste Achse führen, die in ihrer Mitte durchbohrt ist, so daß die Bodenradachse hindurchgeht. Hinter dem Deckel D_1 ist ein Kegelrad R_4 auf der Welle des Bodenrades verstiftet und macht die Bewegung desselben mit. Auf der Welle W sitzen zwei kleinere Kegelräder R_1 und R_2 , die in R_4 eingreifen. Ein dem letzten gleiches Kegelrad R_3 ist mit einem Schneckenrad verschraubt auf die Bodenradswelle beweglich gesteckt und kommt mit den Rädern R_1 und R_2 in Eingriff. Endlich ist S die Schnecke, die mit dem Motor gekuppelt ist und das Schneckenrad N treibt.

Nehmen wir an, die Uhr wäre abgelaufen und der Motor eingeschaltet, so dreht sich die Schnecke und durch sie das Schneckenrad N . Dieses nimmt das Kegelrad R_3 mit. Da das Kegelrad R_4 mit dem Bodenrad verbunden ist, gibt es einen Stützpunkt ab und es drehen sich die, durch das Rad R_3 bewegten kleinen Kegelräder R_1 und R_2 um das Rad R_4 herum. Hierbei nehmen sie die Walze, welche mit den Lagern von R_1 und R_2 fest verbunden ist, mit und ziehen das Gewicht auf. Da R_4 einen Stützpunkt bildet, ist es interessant den Druck und seine Wirkung zu kennen.

Wenn das Gewicht aufgewunden wird, findet der Druck, der bei dieser Bewegung dem Stützpunkt b erteilt wird, in entgegengesetzter Richtung statt, also im Sinne der Drehrichtung des Bodenrades. Die Größe des Druckes ist abhängig von der Größe des Widerstandes der Arbeit, die geleistet wird, also gleich dem Zug des Gewichtes, weshalb bei dieser Anordnung keine Störung ein-

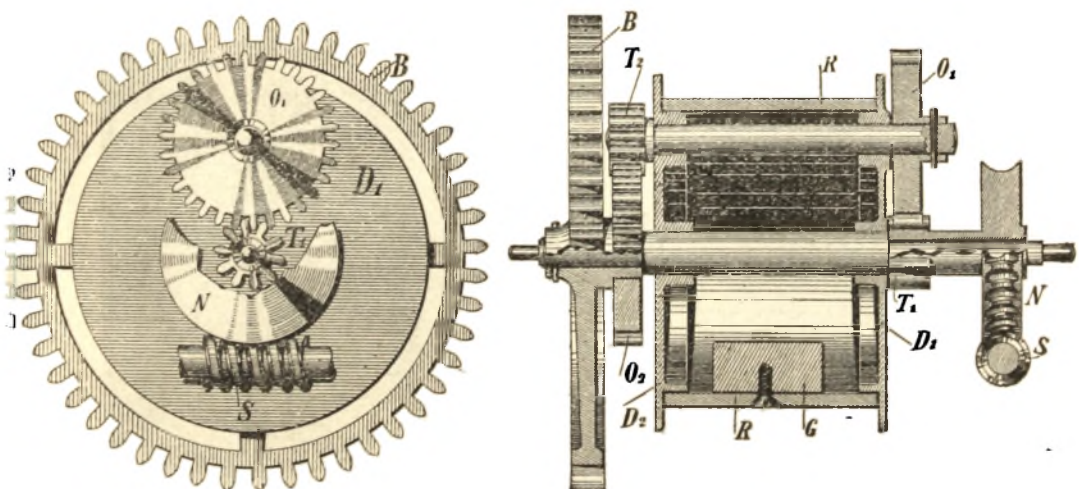


Fig. 269.

tritt, selbst wenn es das Bodenrad eines Schlagwerkes wäre, das während des Aufziehens zum Schlagen anfangen würde.

Nachdem das Aufziehen beendet und der Motor ausgeschaltet ist, steht die Schnecke und das Schneckenrad ruhig, das Gewicht wirkt aber durch Zug auf die Walze und bewegt diese, also auch die an ihr gelagerten Kegelräder R_1 und R_2 . Kegelrad R_3 steht durch das Schneckenrad fest, so werden die kleinen Kegelräder R_1 und R_2 in Rotation versetzt und übertragen diese Bewegung auf das Kegelrad R_4 und mit diesem auf das Bodenrad.

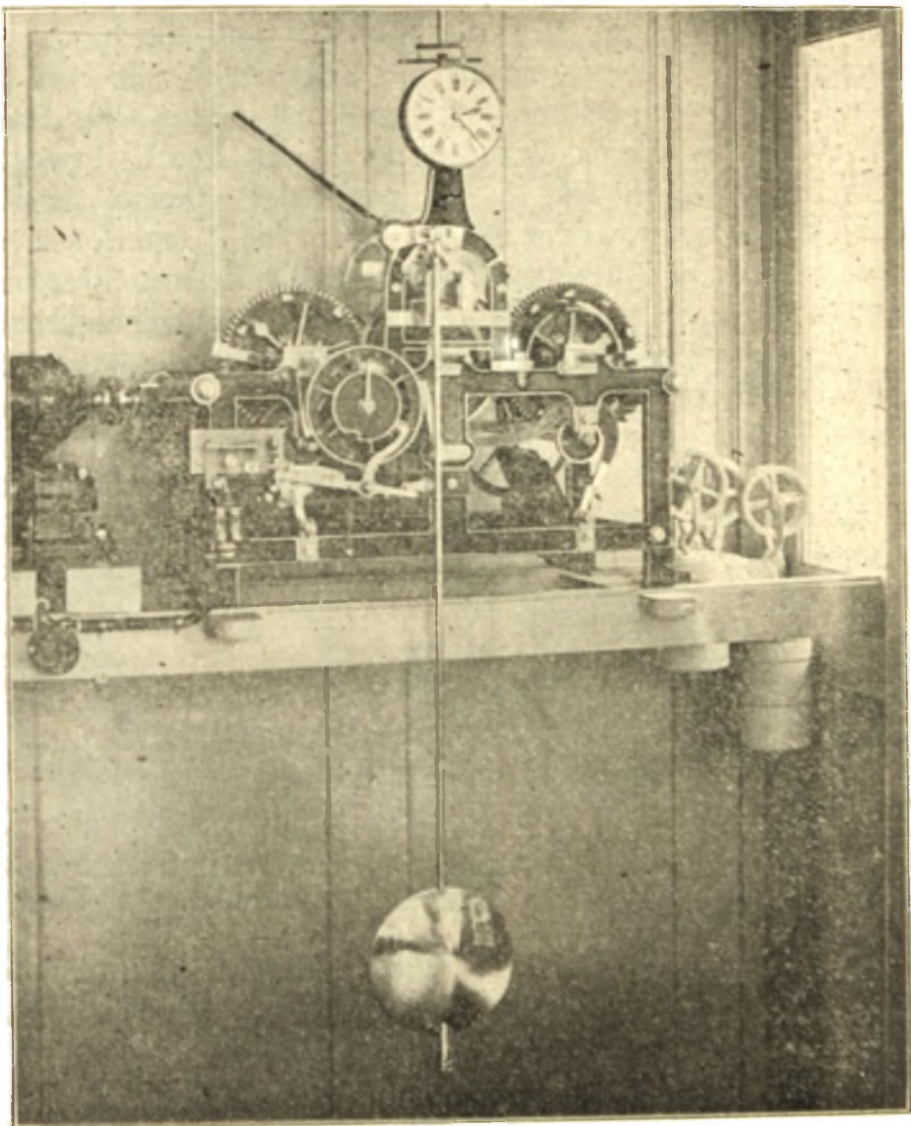


Fig. 270.

Der Zug des Gewichtes äußert sich daher auf das Bodenrad, ohne daß dieses ein Gesperre zur Verbindung mit der Walze nötig hätte.

In ähnlicher Weise ist die Vorrichtung aus der Turmuhrenfabrik E. Nehers Söhne. Nur werden hier Stirnräder verwendet, die den Mechanismus wesentlich vereinfachen. Fig. 269.

Das Bodenrad sitzt wie im ersten Falle auf der Welle fest und trägt verschraubt ein Stirnrad O_2 . Die Walze sitzt beweglich auf der Bodenradswelle. An einer Stelle sind die beiden Walzendeckel D_1 und D_2 durchbohrt für eine durchgehende Welle, die am Bodenradsende das Trieb T_2 und am anderen Ende das dem Rade, O_2 gleiche Stirnrad O_1 trägt. Das Trieb T_2 greift in O_2 während ein mit dem Schneckenrade N verbundenes Trieb T_1 , das gleichfalls beweglich auf der Welle sitzt, in O_1 greift.

Beim Aufziehen dreht sich N und mit ihm das Trieb T_1 , welches auch O_1 und T_2 in Drehung versetzt. Da O_2 mit dem Bodenrade stille steht, läuft T_2 um O_2 herum, die Walze mitnehmend und das Gewicht hebend.

Beim Ablaufen steht T_1 still, und deshalb muß O_1 und T_2 herumlaufen, wobei es durch das Trieb T_2 das Stirnrad O_2 und damit das Bodenrad B mitnimmt. Auch hier entfällt Kontragesperre und Gesperre.

Die Schaltvorrichtung für den Motor wird beim Einschalten von der Gehwerkswalze betrieben.

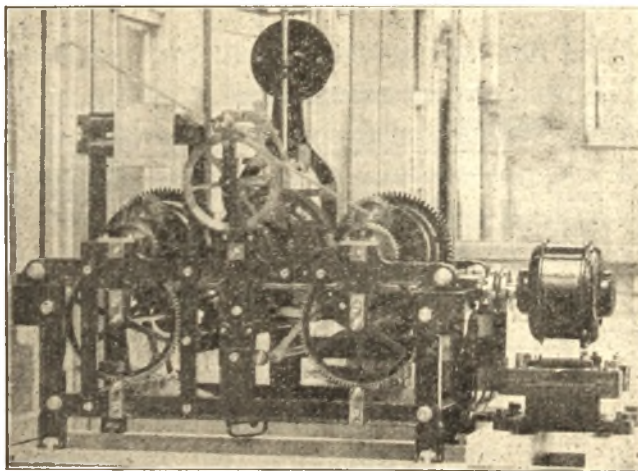


Fig. 271.

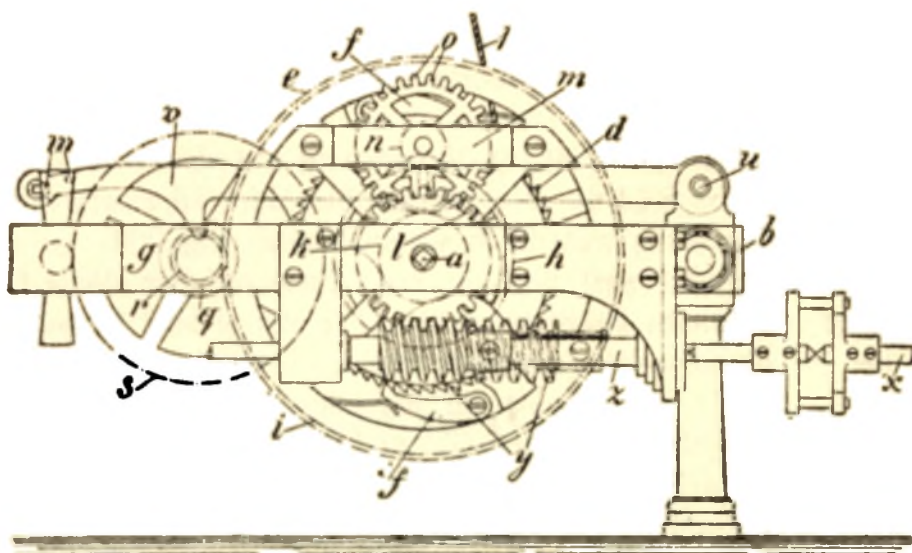


Fig. 272.

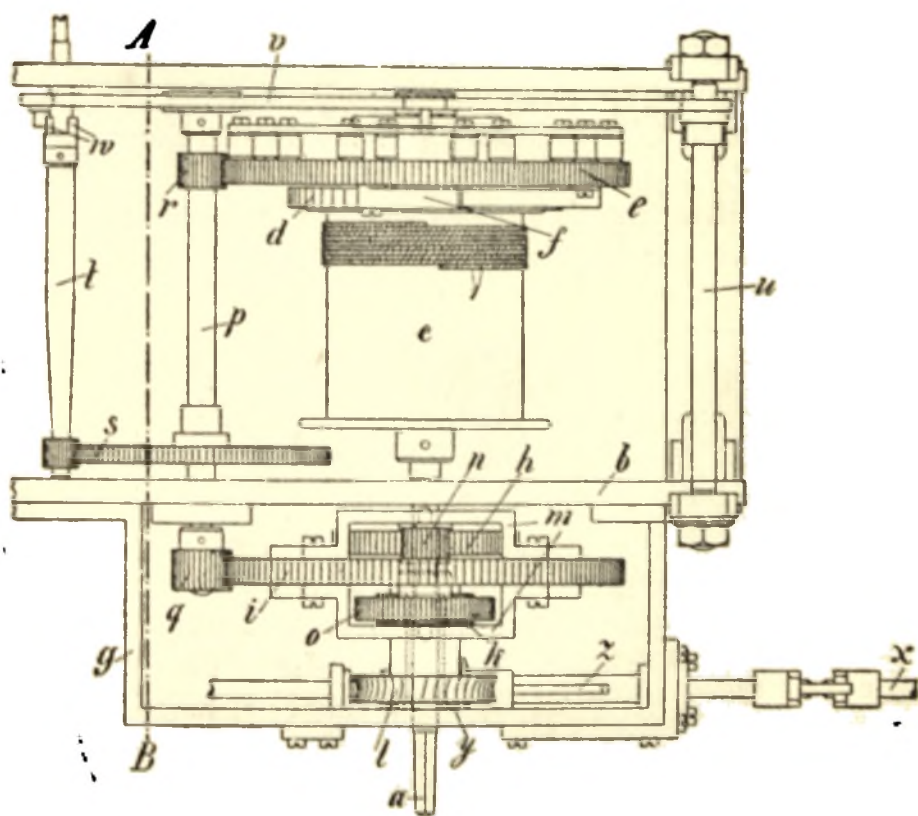


Fig. 273.

Der Schalter besteht aus einem oberen, federnden Kohlenhalter und einem unteren, drehbaren (siehe Fig. 270 linke Seite des Werkes).

Der untere Kohlenhalter ruht mit einer Rolle auf einem grobzahnigen Rade, so daß er je nach der Stellung desselben zwischen den Zähnen eingefallen ist, in welcher Stellung sich die Kohlen nicht berühren oder auf einem der breiten Zähne liegt, wobei er gehoben ist und die Kohlen durch Berührung den Stromübergang ermöglichen.

Auf diesem Schaltrade sitzt ein Sperrrad mit der doppelten Zahnzahl. In dieses greift ein Sperrkegel ein, der am Ende eines Armes des dreiteiligen Hebels sitzt.

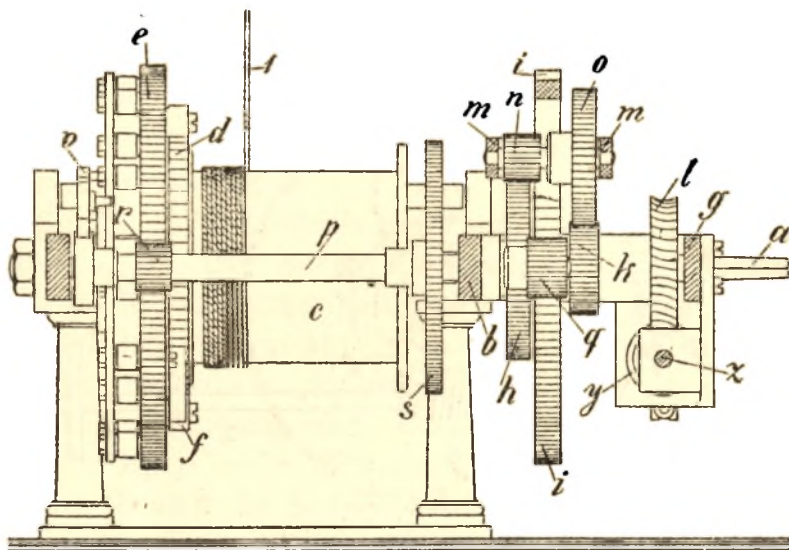


Fig. 274.

Der aufrechte Arm dieses Hebels fällt mit einer Nase, nach je einer Umdrehung der Schlagscheibe in eine daselbst angebrachte Nut, wobei der Sperrkegel das Schaltrad um eine halbe Teilung nach vorwärts bewegt und durch Heben des Kohlenhalters den Strom schließt. Auf der Rückseite des Werkes (Fig. 271) befindet sich ein Schaltrad, das bei jeder Walzenumdrehung um eine Teilung verschoben wird, nach 12 Umgängen drückt ein Stift auf einen Hebel, der seinerseits den dreiarmligen Schalthebel derart betätigt, daß das Schaltrad um eine halbe Teilung verschoben wird, den Kohlenhebel abfallen läßt und den Strom unterbricht.

Der automatische Turnuhrenaufzug von Schwilgue & Ungerer (Fig. 272 bis Fig. 276) ist eine Anwendung des Umlaufräderwerkes,

wobei dieses außer mit einem an der Walzenwelle befestigten Aufzugsrade noch mit einem Trieb des Laufwerkes in Verbindung steht.

h ist das an der Walzenwelle festgestellte Aufzugsrad, l das mit dem Triebe k auf derselben Welle lose steckende Schneckenrad, das durch die Schnecke y transportiert wird.

Das große Rad i trägt die Umlaufräder o und n und zwar greift o in das Trieb k des Schneckenrades, n in das Aufzugsrad h, während i selbst in ein an der ersten Laufwerktradsachse steckendes Trieb q greift.

Das große Rad i wird durch dieses Trieb beim Aufziehen festgehalten, so daß durch das Drehen des Triebes k infolge der Radübersetzung $ko - nh$ die Walze gedreht und das Seil aufgewickelt wird.

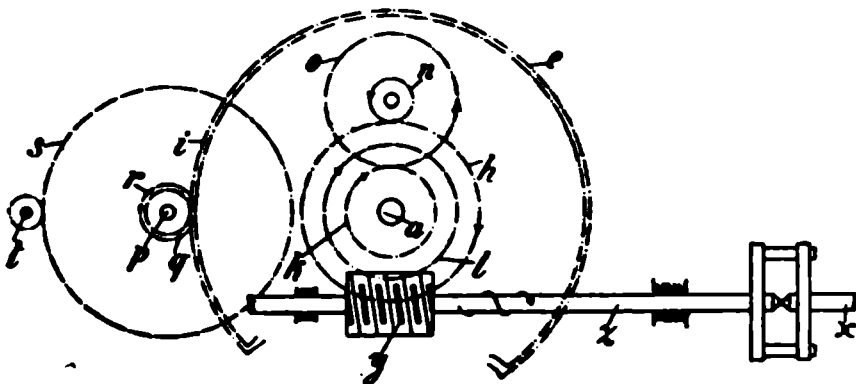


Fig. 275.

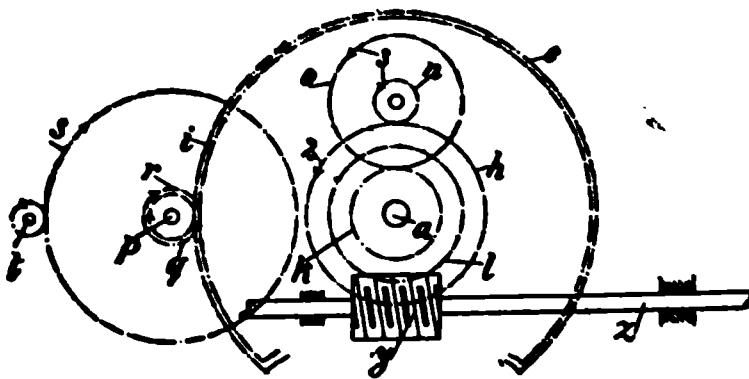


Fig. 276.

Nach erfolgtem Aufzuge wird der Motor ausgeschaltet, das Schneckenrad steht still.

Beim Abläufen muß sich das Umlaufräderwerk mit der Walze mitbewegen, indem das an der Laufradachse befestigte Trieb dem Rade i dieselbe Drehrichtung erteilt, als das Bodenrad hat.

Durch passend gewählte Zahnzahlen wird das Übersetzungsverhältnis des Umlaufräderwerkes so gemacht, daß das Rad o um das Trieb k herumläuft, ohne dieses drehend zu beeinflussen.

Alle die vorgenannten Aufzüge leiden an dem Umstand, daß sie in alte Werke nur nach Umgestaltung derselben eingebaut werden können. Häufig wird man aber vor die Aufgabe gestellt zu einer Uhr alten Systems einen Automaten zu bauen, an der sich eine Umgestaltung nicht durchführen läßt. Dann empfiehlt sich nachfolgende Einrichtung.

Es sei hier aber von vornherein darauf hingewiesen, daß dort, wo anwendbar, doch stets die Aufzüge mit Umlaufräderwerk vorgezogen werden sollen.

Fig. 1, Tafel VIII stellt die Einrichtung des Automaten für ein Stundenschlagwerk dar. Aus der Abbildung ist schon ersichtlich, daß der gesamte Mechanismus außerhalb des Uhrwerkes zu liegen kommt und mit diesem nur durch Ketten v_1 und v_2 verbunden ist, die über Kettenräder k_1 und k_2 laufen, welche an den Aufzugsvierecken angebracht sind.

Der im Bilde nicht dargestellte Elektromotor treibt durch Ketten oder Riemen die Schneckenwelle d an, die ihrerseits das Schneckenrad a transportiert. Auf der Welle des Schneckenrades sitzen zwei Exzenter b_2 und b_1 fest, die durch Exzenteringe und Pleuelstangen t_1 und t_2 die beweglichen Arme S_1 und S_2 in Oszillation versetzen. Die Arme S_1 und S_2 sitzen auf der Welle des Sperrades q_1 und q_2 beweglich und treiben durch die Sperrklinken o_1 und o_2 die genannten Sperrräder.

Auf der Welle des letzteren sitzen noch die Kettenräder, die durch Ketten mit den Kettenrädern der Aufzugsvierecke verbunden sind. Daraus ergibt sich, daß beim Laufen des Motors die Walzen des Uhrwerkes w_1 und w_2 stoßweise, im Rythmus der Exzenterbewegung gedreht werden und das Seil aufwickeln.

Dies geschieht so lange, bis eine der Gewichtsrollen r_1 oder r_2 eines so an der Decke angebrachten Fallbretter f_1 oder f_2 drücken und langsam heben, wobei das Zugseil Z_1 oder Z_2 gespannt wird und an den Hebeln n_1 oder n_2 wirkt. Diese geben

dem Zuge nach und heben sich, wobei sich die Nase I, bzw. II solange vorschiebt, bis sie durch den zurückgehenden Sperrkegel erfaßt und beim Vorwärtsgehen desselben mitgenommen wird. Hierbei hebt sich der Ansatz m_1 bzw. m_2 des Hebels n und kommt auf die Rast l_1 oder l_2 zu liegen.

Die Sperrklinke gleitet nun auf dem glatten zum Mittelpunkt konzentrischen Rand des Hebelsegmentes n_1 oder n_2 .

Der Aufzug für den einen Teil des Werkes ist somit unterbrochen. Beim zweiten Teile erfolgt er noch so lange, bis durch Einwirkung der Gewichtsrolle auf das Fallbrett und durch dieses mit den Zugseil auf den zweiten Hebel, auch diese Kupplung gelöst ist.

Als Stromschließer für den Motor dienen die isolierten Silberstücke l_1, l_2 auf den Hebeln i_1, i_2 und m_1, m_2 auf den Hebeln n_1 und n_2 , i_1 und i_2 stehen durch schwache Ketten mit dem Anker h des Elektromagneten e in Verbindung und werden durch Erregung des Magneten so bewegt, daß die Hebelenden m_1 und m_2 von der isolierten Rast der Hebel i abfallen können.

Die Erregung des Auslösemagneten geschieht durch einen Kontakt an der Schlagscheibe des Uhrwerkes, der alle 12 Stunden in der Dauer von 10 Sekunden erteilt wird. Dieser Kontakt erregt gleichzeitig ein Relais, welches auf diese Dauer den Stromkreis des Motors schließt und dessen Angehen bewirkt. Die Exzenter drehen sich die Sperrklinken o_1 und o_2 werden nacheinander zurückgeführt und stoßen mit ihren Gegenschwüngen derart an die Zapfen p_1 und p_2 , daß sie aus dem Segment n_1 und n_2 herausgehoben werden und diese ganz zurückfallen lassen. Nunmehr berührt m_1, l_1 und m_2, l_2 , beide Kontakte sind parallel geschaltet und vermitteln nun den Strom zum Motor einen geschlossenen Leiter, der Aufzug funktioniert.

Der Turmuhraufzug von C. Rochlitz wird durch einen Elektromotor mit Schneckenübersetzung bewirkt. Die Gewichte hängen an endlosen Ketten (Fig. 277), die über die Kettenräder gehen, ferner die Aufzugsräder übergreifen. In der einen Schleife der Kette ist der Flaschenzug des Gewichtes, in der anderen die Rolle des Spanngewichtes. (Siehe auch Aufzug Th. Wagner. Seite 283.) An jedem der drei Aufzugsräder ist ein Schneckenrad befestigt. Die durchgehende Schneckenwelle treibt alle Aufzug-

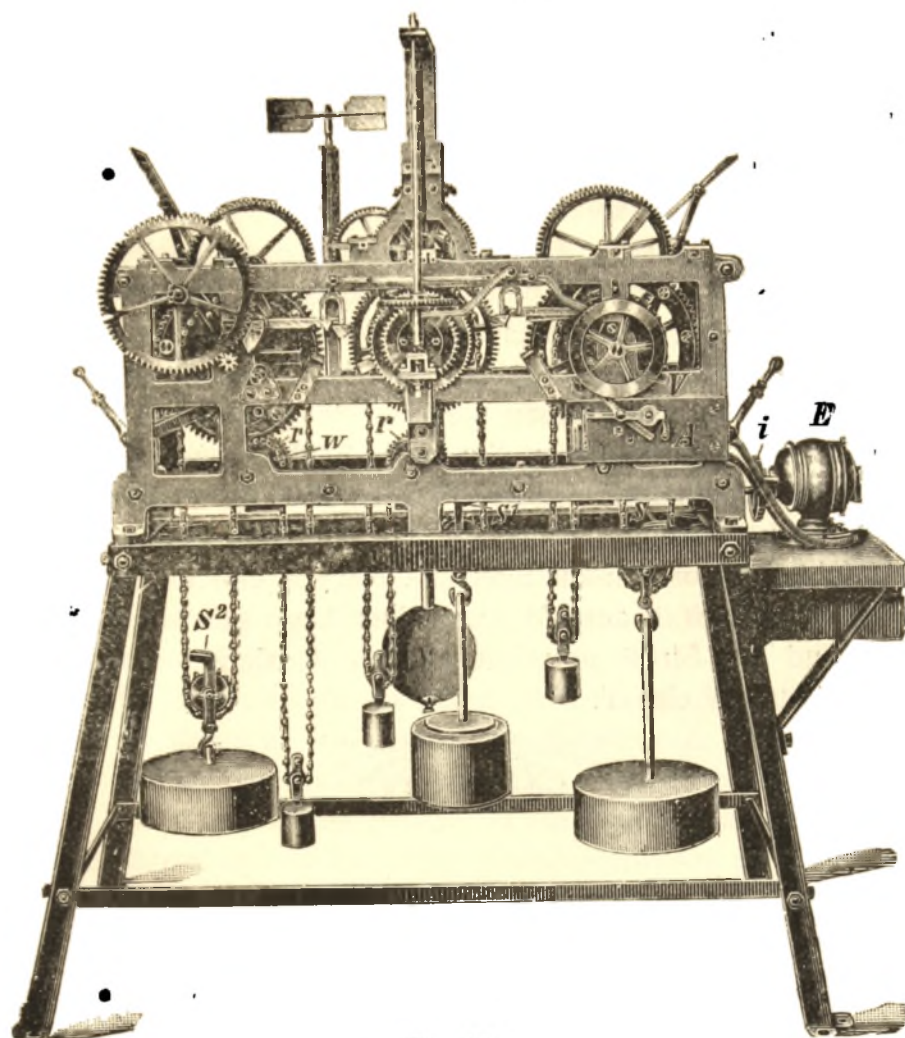


Fig. 277.

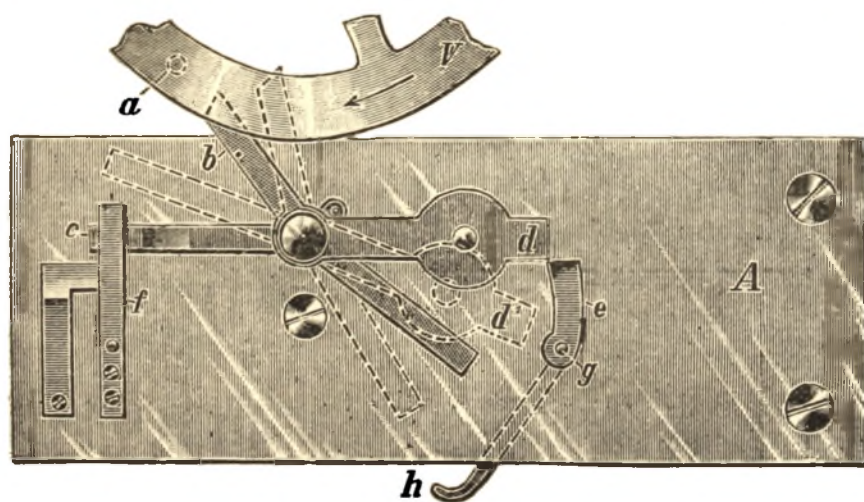


Fig. 278.

räder gleichzeitig. Doch können alle drei Schnecken, die von der Welle durch verschiebbare Mitnehmer angetrieben werden auch einzeln abgestellt werden. Hierzu sind an den Gewichtsf flaschenzügen die Nasen S, S_1, S_2 angebracht, die bei aufgezogenen Gewichten die Mitnehmer ausrücken.

Beim Ablaufen der Gewichte werden die Mitnehmer wieder eingeschoben und können daher nach dem Einschalten des Kontaktes wieder aufgezogen werden.

Der Kontakt (Fig. 278) ist auf der Platte A montiert und wird durch das Einschieben des Hebels d betätigt. Die Auslösung des Kontaktes erfolgt durch die Schlagscheibe des Viertelwerkes, indem ein Stift den Arm b nach abwärts dreht und c mit f in Berührung bringt. Damit der Hebel d nicht selbst nach abwärts fällt, schiebt sich die Sperrklinke e vor und wird, wenn das Viertelgewicht mit s anstößt, aus seiner Lage geschoben, so daß er fällt und den Strom unterbricht. Das Aufziehen der Gewichte erfolgt stündlich einmal.



Normaluhren.

Unter den Normaluhren nehmen die Variationen jener Konstruktionen, die in Zeitintervallen von je einer Minute Kontakt geben müssen, den weitesten Raum ein.

Es ist eben jene Form, welche den Bedürfnissen der großen Allgemeinheit am anpassungsfähigsten ist, indem sie sowohl die ökonomische Herstellung und den billigen Betrieb, wie auch die im Verkehrsleben einzuhaltende Genauigkeitsgrenze ziemlich günstig zu verbinden vermag.

Wissenschaftliche Institute, welche mit genauesten Zeitangaben bei Beobachtungsinstrumenten und Registrierapparaten arbeiten müssen, bedürfen natürlich Instrumente, bei denen die Kostenfrage der Anschaffung und des Betriebes gegen den Zweck der Uhr hintenangestellt werden muß, weshalb hier alle Grundsätze der Wissenschaft dem Konstrukteur als Unterlage dienen sollen.

Diese Instrumente sind dann auch bei scheinbar einfacher Ausführung Kunstwerke hohen Ranges.

Normaluhren für Minutenspringer.

Um die Getriebezahl dieser Uhren zu vermindern, baut man sie häufig für Gewichts- oder Federzug, die von Hand aus aufgezogen werden. Es entspricht das Werk im wesentlichsten dem einer gewöhnlichen Uhr und erhält nur eine Kontakteinrichtung hinzu, welche von dem eigentlichen Gehwerke in bestimmten Zeitzwischenräumen betätigt wird. Die Kontakte werden in den neueren Uhren stets als Schleifkontakte ausgeführt und zweckmäßig von einem eigenen Laufwerke betrieben.

Die Normaluhr von C. Bohmeyer ist für polarisierte Nebenuhren bestimmt. Sie besteht aus einem normalen Gehwerk, dessen Kleinbodenradtrieb durch die rückwärtige Platine hindurchgeht. Die Zahnzahlen sind so bemessen, daß das Trieb in jeder Minute sich um einen Zahn weiterbewegt. (Siehe auch Auslösung des Aufzugswerkes Bohmeyer. Fig. 265, Seite 281.)

Das Kontaktlaufwerk ist neben dem Gehwerk zwischen den Platinen untergebracht und besitzt ein Kontaktrad, dessen Wellen auf beiden Seiten der Platinen herausragt. Am Ende dieser Welle, auf Seite der rückwärtigen Platine, ist ein zweiflügeliger Hebel, der mit einem Arme in das Trieb des Kleinbodenrades greift und daher nach dem Vorwärtsschreiten desselben um je eine Zahnteilung frei wird, wobei er unter dem Einfluß des Laufwerkes eine halbe Umdrehung beschreibt, bis sich der zweite Arm des Hebels in den nächsten Zahn des Triebes legt. (Vergleiche Kontaktanordnung des Bohmeyer Aufzuges, Seite 280, 281.)

Auf gleicher Welle ist ein kleiner Flügel f (Fig. 279), auf der Seite der vorderen Platine, der abwechselnd bei jeder halben Umdrehung an einer der beiden Kontaktfedern a und b schleift.

Ein massives T-förmiges Zwischenstück c bietet bei unterbrochenem Kontakte beiden Federn einen Stützpunkt.

Der positive Strom der Batterie wird durch eine Schleiffeder der Welle des Flügels zugeführt, der negative Pol ist mit dem Zwischenstück C verbunden. Rotiert der Flügel, so wird abwechselnd die linke und die rechte Feder von ihrem Stützpunkte abgehoben.

Die Klemmen dieser beiden Federn sind mit der Uhrleitung verbunden, so daß der Strom abwechselnd in seiner Richtung durch dieselbe geht.

Berührt f—b, so fließt der Strom der Batterie über f durch b in die Uhrleitung über a in c und zum zweiten Pol zurück.

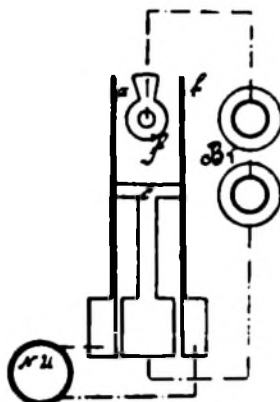


Fig. 279.

Bei der nächsten halben Drehung des Flügels in der darauffolgenden Minute fließt der Strom von f über a in die Uhrenlinie und über l und c in die Batterie zurück.

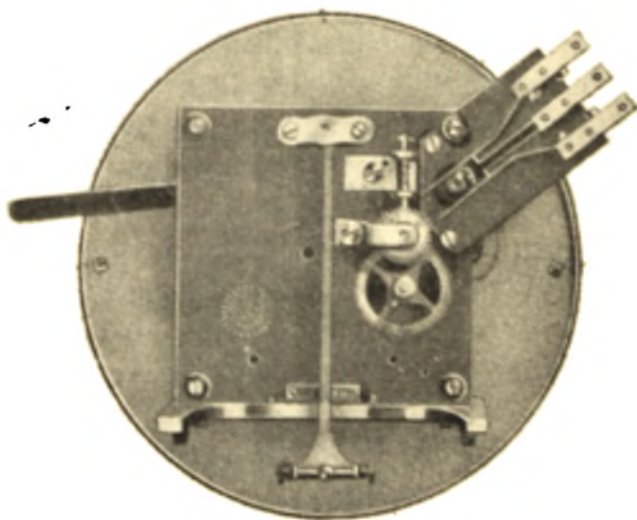


Fig. 280.

Aus dem Schema geht hervor, daß die Nebenuhren im Momente des Unterbrechens kurzgeschlossen sind, der Induktionsstrom sich daher unschädlich verlaufen kann. Da aber auch die Batterie einen Moment kurzgeschlossen wird, ist es empfehlenswert, einen Widerstand einzuschalten, der den durchgehenden

Strom etwas herabsetzt. Die Firma C. Bohmeyer führt ihre Hauptuhren auch mit Selbstaufzug aus (Seite 279).

Auf gleichem Prinzipie beruht die Normaluhr von H. Aron, die noch mit seiner automatischen Aufzugsvorrichtung (Seite 277) versehen ist. Fig. 280.

Die Hauptuhren von Th. Wagner besitzen gleichfalls ein separates Laufwerk zum Antrieb des Kontaktes und werden für eine und auch mehrere Linien eingerichtet. Fig. 281 stellt eine Kontaktanordnung für 6 Linien dar, Fig. 1 Tafel VII eine Hauptuhr mit dieser Kontakteinrichtung in einen Stehkasten montiert.

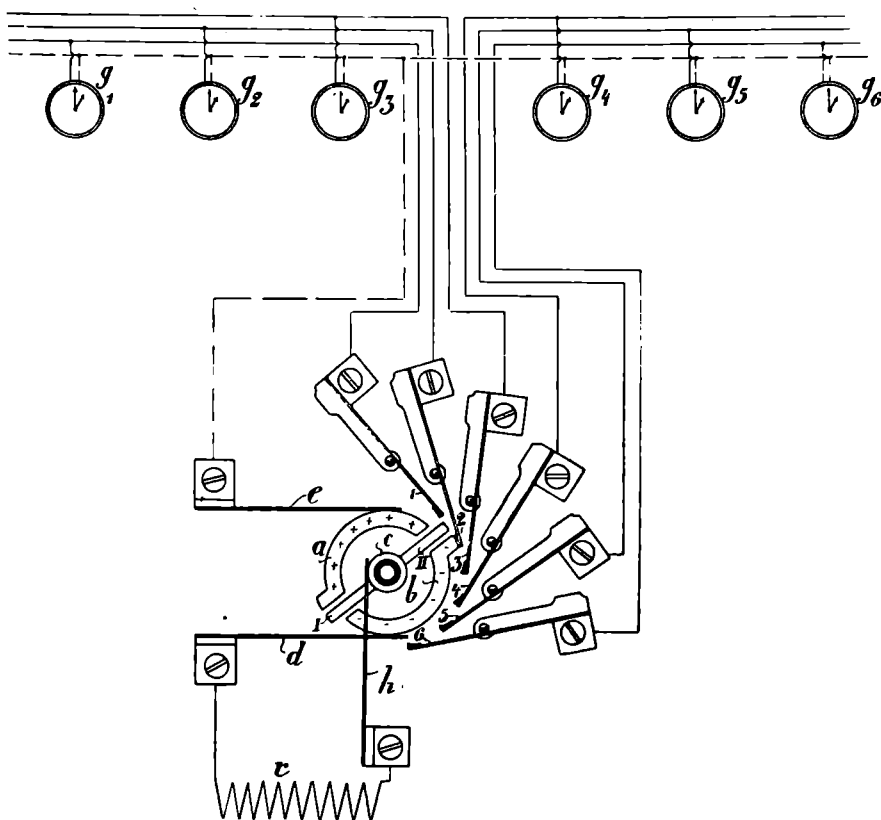


Fig. 281.

Die 6 Uhrenlinien g_1 g_2 g_3 g_4 g_5 und g_6 haben eine gemeinsame Rückleitung, welche zur Kontaktfeder e führt. Die Zuleitungen der 6 Linien führen zu den Federn 1, 2, 3, 4, 5 und 6, endlich sind noch zwei Federn d und h , zwischen denen ein Widerstand eingeschaltet ist.

Der drehbare Kontaktteil besteht aus den zwei Halbring-schienen a und b, die eine Erhöhung tragen. Zwei Schleifringe, die von der Welle isoliert sind, stehen durch Schleiffedern mit den beiden Batteriepolen in Verbindung und besitzen eine leitende Verbindung mit a und b. Zwischen den Stücken a und b ist ein zweiarmiger Flügel I und II, der mit dem Schleifring C in Verbindung steht.

In jeder Minute macht das rotierende Kontaktstück eine halbe Umdrehung, so daß der Reihe nach durch einer der beiden vorspringenden Nasen von a und b sämtliche Federn 1—6 gestreift werden.

Denken wir uns, dies geschähe durch die Nase von a, und diese wäre mit dem positiven Pole der Batterie in Verbindung, so ginge der Strom (die Feder e ist dann auf b) in die Linien und durch die gemeinsame Rückleitung durch e in den negativen Pol der Batterie zurück. Bevor aber jede der Federn 1—6 die Nase verläßt, kommt sie auf I und schließt die Nebenuhren kurz, so daß der Induktionsstrom sich im geschlossenen Leiter verlaufen kann.

Der Widerstand r ist vor der Batterie eingeschaltet, so daß diese unter dem Kurzschlusse nicht zu leiden hat.

Wird das Kontaktlaufwerk in der nächsten Minute ausgelöst, so macht das rotierende Kontaktstück wieder eine halbe Umdrehung.

Diesmal aber schleift die Nase b die Federn der Nebenuhr-linien, und die Feder e auf a, so daß in den Linien jetzt der Strom in umgekehrter Richtung fließt.

Diese Hauptuhren werden auch mit Selbstaufzug gebaut, wobei die Einrichtung auf Seite 282 zur Anwendung kommt.

Unabhängige Hauptuhren, welche sich selbst aufziehen, wurden bereits in früheren Kapiteln beschrieben, weshalb sie hier nur kurz registriert werden. Es sind dies die Uhr von:

J. Honisch, Seite 249,

A. Lang, Seite 254,

L. M. Engelhardt, Seite 258,

Stony & Küssling, Seite 259,

D. Perret, Seite 275,

ferner das Werk auf Seite 270, 271, Abbildungen 253, 254.

Eine solche Uhr mit erweiterter Einrichtung soll noch im nachstehenden beschrieben werden.

Diese ist als Normaluhr zum Anschluß an Starkstromleitungen gebaut und besitzt eine Einrichtung, mittels welcher der Uhr eine gewisse Gangreserve gegeben wurde, für den Fall, daß eine Strom-

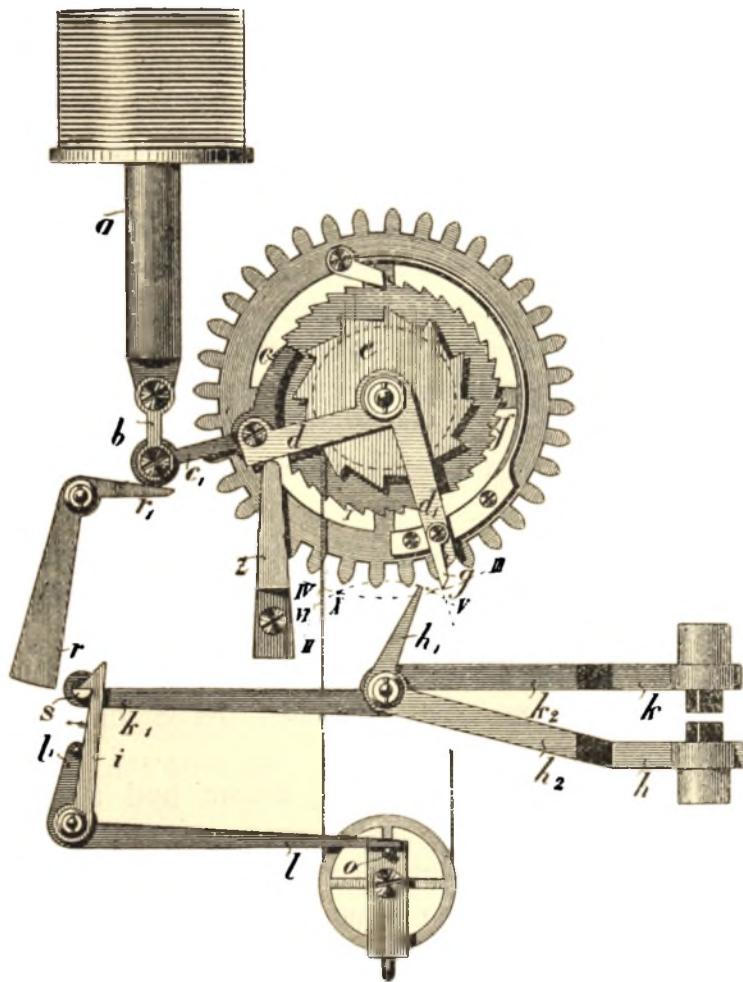


Fig. 282

unterbrechung stattfinden sollte. Die Nebenuhren, die in der Zwischenzeit stehen bleiben, werden dann beim Wiedereinschalten des Stromes auf die richtige Zeit automatisch nachgestellt.

In Fig. 282 ist der Mechanismus dargestellt.

Der Antrieb erfolgt durch das Kleinbodenrad, welches auf seiner Achse eine Walze mit zwei Sperrscheiben trägt. Sperr-

scheibe f vermittelt den Transport des Kleinbodenrades, in die Sperrscheibe e greift zeitweise eine Sperrklinke c , welche das Aufziehen bewirkt. Dies geschieht durch den Eisenkern a des Solenoides, der durch ein Zwischenglied b mit dem rückwärtigen Arm c_1 des Sperrkegels c verbunden ist.

Im stromlosen Zustande drückt der Eisenkern durch sein Eigengewicht den Sperrkegel, der im Arme d gelagert ist aus der Sperrscheibe e heraus, so daß der Ablaufbewegung der Gewichtswalze kein Hindernis in den Weg gestellt ist.

Damit dies ganz sicher stattfindet, ist ein kleiner Kolben Z angebracht, der dem Hebel d als Stützpunkt nach unten dient.

Während also der Arm d schon in Ruhe gekommen ist, führt e_1 noch eine kleine Bewegung bis zu seiner Begrenzung aus, die den zweiten Arm c aus den Zähnen des Sperrades bringt.

Der Kontakt wird durch zwei Kohlen geschlossen, die an zweiarmigen um eine gemeinsame Achse drehbaren Hebeln isoliert befestigt sind. Der rückwärtige Hebel, welcher die obere Kohle trägt, wird durch eine am Hebel l aufgesetzte Sperrklinke i gehalten.

Der Arm l dieses Hebels liegt auf einem Stiften O der Gewichtswalze, der andere nach aufwärts gerichtete Arm l_1 drückt mit einem Stiften auf die Klinke i .

Beim Sinken des Gewichtes wird also l , l_1 und i die Bewegung mitmachen, so daß zur Zeit der Stahleinsatz S des Hebels k_1 frei wird.

Die obere Kohle fällt auf die untere und schließt einen Kontakt. Der Eisenkern wird nun eingezogen, wobei er c durch b mitnimmt. Zuerst legt sich also c in eine Zahnücke und da hierdurch seine Bewegung um seinen eigenen Drehungspunkt begrenzt ist, dreht er sich mit d um die Achse des Kleinbodenrades, die Walze mitnehmend. Bei dieser Aufwärtsbewegung von d führt sein zweiter Teil d_1 eine Bewegung von rechts nach links aus und nimmt mit dem Sperrkegel g den Arm h_1 des Hebels h mit. Beide Kohlen bewegen sich nach aufwärts, k_1 daher abwärts. Die Bewegung geschieht gleichzeitig mit dem Heben des Gewichtes. Der Flaschenzug nimmt den Hebel l mit, das Stahlprisma S wird daher die federnde Klinke i wegschieben, die dann so einschnappt, daß k_1 wie in Fig. 282 arretiert bleibt.

Die Spitze des Sperrkegels g schwingt im Kreisbogen III IV, die Spitze des Hebels h_1 im Kreisbogen V VI. Diese Kreisbögen schneiden sich im Punkte X. An dieser Stelle wird der Hebel h_1 frei und die Kohlen fallen daher auseinander, der Strom ist unterbrochen und a sinkt nach unten.

Denken wir, der Strom wäre unterbrochen, der Kontakt aber durch das Sinken des Gewichtes ausgelöst, so bleiben die Kohlen beisammen. Die Uhr geht weiter fort, solange es die Fallhöhe des Gewichtes erlaubt. Wird nun aber der Strom eingeschaltet, so wird zunächst der Kern eingezogen und die Hebel vollführen die bereits beschriebene Funktion. Da aber, — weil das Gewicht weit unten ist — der Hebel l nicht gehoben wird, würden beide Kontakthebel gemeinsam abfallen und geschlossen unten bleiben. Zu diesem Zwecke ist der Hebel r eingesetzt, der nach dem Heben des Eisenkernes einschwingt und sich vor das Prisma S stellt, daß dieses und der Hebel k_1 gehalten werden. Es fällt nun die untere Kohle ab, den Strom unterbrechend. Der Eisenkern sinkt und drückt auf r_1 , wodurch r nach links geschoben wird, der Hebel k fällt ab und schließt neuerdings Kontakt.

Das Spiel wiederholt sich nun so oft, bis das Gewicht ganz aufgezogen wurde und durch den Hebel l die Arretierung des Kontakthebels vornimmt.

Da das Gewicht bei jedem Kontakt um jenes Stück aufgezogen wird, welches es in einer Minute abläuft, so ist die Zahl der Kontakte der Minutenzahl gleich, in welcher der Strom unterbrochen war. Die in diesem Stromkreis angeschlossenen Nebenuhren springen daher auf die richtige Zeit ein.

Normaluhren für Sekundenkontakte.

Normaluhren mit Sekundenkontakt werden selten für Handaufzug gebaut, da die Kontakte doch häufig vom Pendel erfolgen, also der Betrieb elektromagnetisch gemacht werden kann.

Ein zweiter Grund hierzu ist im Zwecke dieser Uhren gelegen, der dann bedeutend näher erreicht werden kann, wenn diese Uhren einem gleichmässigen Luftdruck ausgesetzt sind, weshalb man sie in luftdichtverschlossenen Kästen montiert, in welchen

der Luftdruck durch Auspumpen auf stets gleicher Höhe erhalten werden kann.

Unter diesen Umständen müssen die Uhren mit Selbstaufzug versehen sein.

Eine Normaluhr mit Gewichtszug ist die auf Seite 253 beschriebene Uhr von Osnaghi & Eger.

Uhren, in denen die sekundenweise erteilten Stromschlüsse zum Antrieb des Pendels verwendet werden, sind von

H. Aron, Seite 256,

E. Bohmeyer, Seite 257,

Professor Irk, Seite 263

H. Cohen, Seite 264,

Pfeifer, Seite 265,

und eine, welche Stromanschlüsse zum Antrieb des Pendels nach Bedarf erteilt von

Hipp, Seite 252 beschrieben.

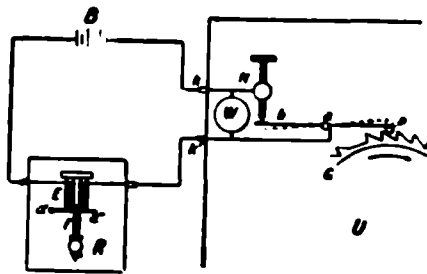


Fig. 283.

Riefler bringt an seinen Uhren ein Rad auf der Gangradswelle an, welches 60 Sperrzähne besitzt. Ein Doppelhebel (Fig. 283) ist zwischen den Platinen gelagert und greift mit dem einen Ende, in welches ein halbrunder Stein gefaßt ist, durch diesen in die Zähne des Sperrrades. Der Hebel wird nun abwechselnd auf der Spitze eines Zahnes stehen, darauf wieder in die nächste Lücke fallen. Das andere Ende des Hebels fällt dann immer auf eine Kontaktschraube und schließt durch ihre Berührung einen Stromkreis, der entweder zur Betätigung eines Registrierapparates, einer Sekundennebenuhr, eines Sekundenklopfers zum deutlichen Abhören der Sekunde bei astronomischen Beobachtungen oder zum Synchronisieren von Nebenuhren verwendet werden kann.

Zum Synchronisieren ist gewöhnlich nicht ein Sekundenkontakt erforderlich, sondern zum Beisp. für Sekundenpendel ein Zweisekundenkontakt, weshalb in diesem Falle ein 30 zahniges Kontaktrad auf der Gangradwelle sitzt.

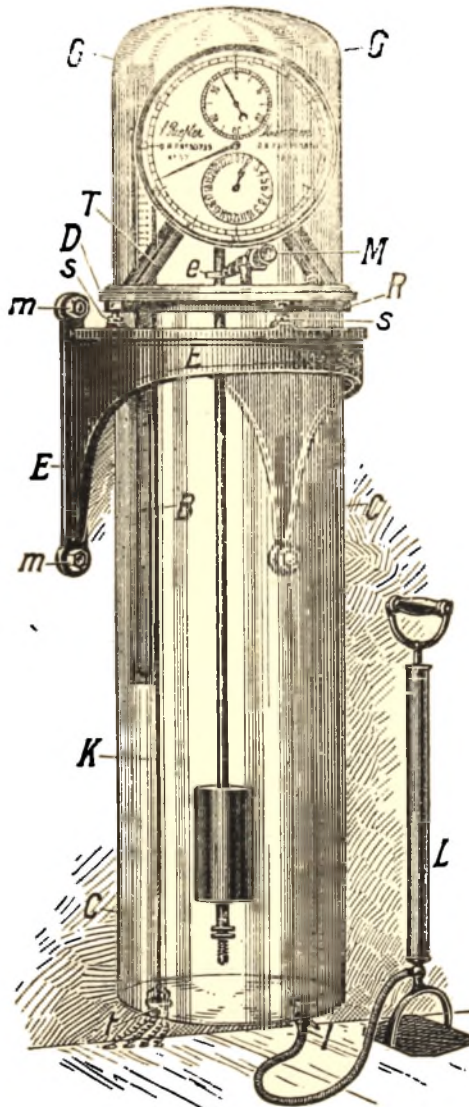


Fig. 284.

Diese Uhren werden mit dem Selbstaufzuge Rieflers auf Seite 268 ausgestattet und erhalten die an anderer Stelle beschriebene Rieflerhemmung sowie das Nickelstahlpendel.

Gewöhnlich befinden sich diese Uhren in evakuierten Glaszylindern, deren Inneneinrichtung durch ein Thermometer, ein Barometer und ein Hygrometer vervollständigt wird. Fig. 284.

Für wissenschaftliche Arbeiten besonderer Genauigkeit, wie die relat. Erdschweremessungen nach der Methode des k. k. Generalmajor v. Sterneck baut auch Riefler einen Pendelkontakt. Fig. 285.

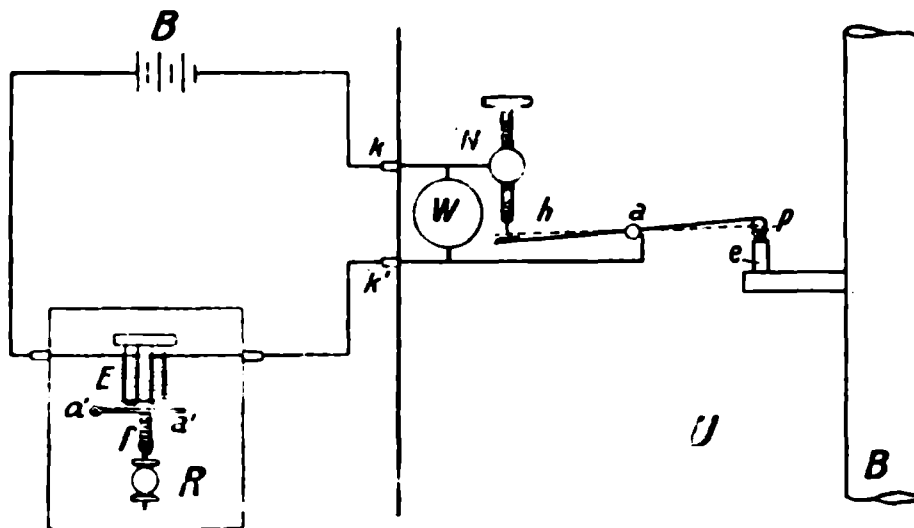


Fig. 285.

Hier ist seitlich des Pendels ein Doppelhebel h um den Drehungspunkt a gelagert, der an dem den Pendel zugekehrten Ende einen runden Stein trägt.

Am Pendel selbst ist ein seitlicher Arm mit den Stiften e , der bei jedesmaligem Durchschwingen der Mittellage den Hebel von der Kontaktschraube N abhebt und den Strom unterbricht.

Die elektrische Fernstellung der Normaluhren von Dr. S. Riefler.

Um elektrische Normaluhren von einer Zentrale aus einstellen zu können, wurde von Dr. S. Riefler ein sehr sinnreicher Apparat entworfen.

Bekanntlich reguliert man kleine Differenzen an Regulateuren, durch Auflegen oder Wegnehmen kleiner Gewichte an einem Tellerchen am Pendelstabe, indem dadurch sein Schwerpunkt verschoben wird.

Riefler bringt daher an den Pendelstangen seiner Normaluhren, die mit dieser Einrichtung versehen werden, ein breiteres Tellerchen an, auf welchem seitlich des Stabes ständig ein Gewichtchen aufruht. Fig. 286. Dieses Gewichtchen Z ist durch einen langen Faden mit dem Hebel eines Magnetankers verbunden und kann, wenn der Magnet erregt wird, durch Anziehen des Ankers vom Tellerchen abgehoben werden. Ein zweites Gewichtchen Z_1 hängt

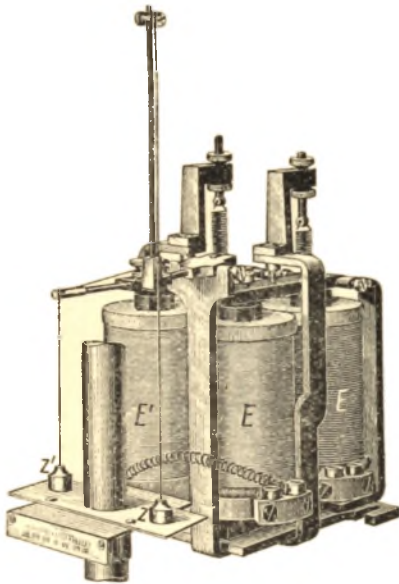


Fig. 286.

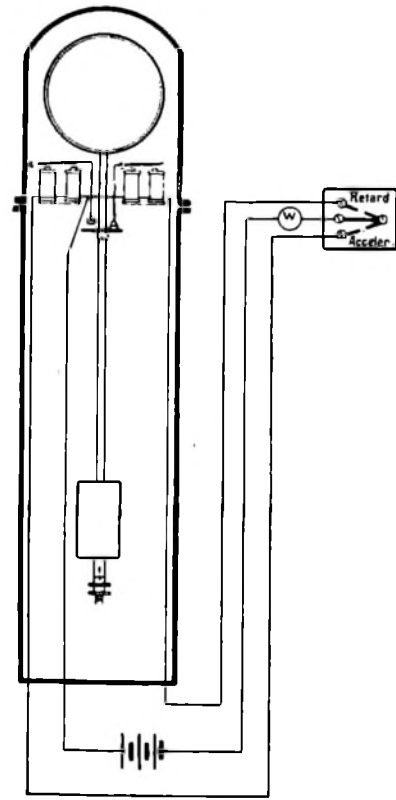


Fig. 287.

an einem Faden, der mit dem Anker eines zweiten Elektromagneten in Verbindung steht und legt sich auf das Tellerchen, wenn der Anker angezogen wird. Zur Erregung der beiden Magnete sind zwei Stromkreise vorhanden, welche durch einen Umschalter betätigt werden können. (Fig. 287, Schaltungsschema.) Das Abheben und das Auflegen der Gewichtchen hat eine Verzögerung, bzw. eine Beschleunigung von einer Sekunde per Stunde zur Folge, woraus sich die Art der Fernstellung ergibt.

Nebenuhren.

Als Nebenuhren werden alle jene Zeitmesser bezeichnet, deren Ganggenauigkeit, bzw. Zeitangabe, von einer anderen Uhr (Hauptuhr) abhängig ist.

Es gehören daher nicht nur die einfachen Zählwerke hierzu, sondern auch sonst selbstständige Uhren, wenn deren Taktgeber durch den Einfluß von Zwischengetrieben in synchronen Schwingungen mit dem der Hauptuhr erhalten werden. Endlich gehören dazu auch die durch ein Gewicht betriebenen Turmuhren, die in gewissen Zwischenräumen auf elektrischem Wege ausgelöst werden.

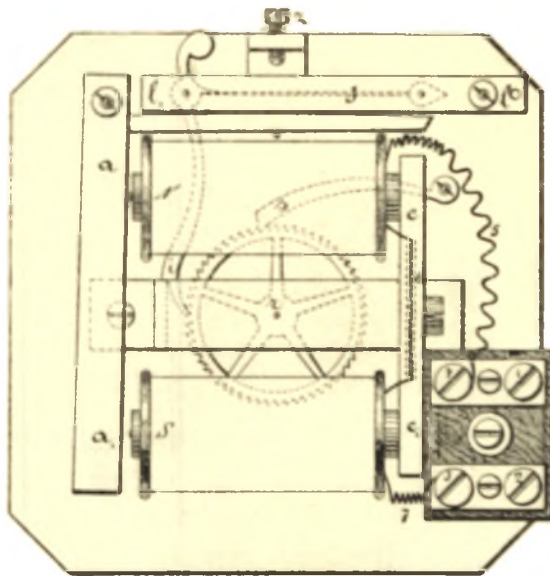


Fig. 288.

Die einfachen Zählwerke werden durch einen in den Stromkreis der Hauptuhr eingeschalteten Magneten betätigt. Aus verschiedenen Gründen ist man von der Verwendung des gleichgerichteten Stromes zum Betriebe dieser Zählwerke ziemlich abgekommen, weil größere Stromstärken benutzt werden müssen und weil häufig auftretende Remanenzerscheinungen an den Magneten Fehler in der Zeitangabe hervorbringen.

Eines der vorzüglichsten der Gleichstromwerke war das von J. Honisch, in welchem beim Anziehen des Ankers auf sinnreiche Art eine Veränderung der Hebelübersetzung hervorgerufen wurde. (Fig. 288.)

Das 60 zählige Sperrad *r* ist zwischen den Magnetspulen angeordnet, denen gegenüber der Eisenanker *a* steht. Am oberen Ende des Eisenankers, seinem Drehungspunkt zunächst, ist ein horizontaler Hebel befestigt, der oben etwas ausgebaucht ist und auf den Arm 1 drückt, der die Sperrklinke *i* für den Radtransport trägt. Die Sperrklinke *s* verhindert die Rückbewegung des Rades.

Der gebauchte Hebel ist nun so eingestellt, daß der Arm 1 gerade in der Nähe von *a* auf ihm aufruht. Wenn also der Strom geschlossen wird, bewegt sich der Anker gegen die Pole des Magneten hin und hebt den gebauchten Hebel und damit auch den Hebel 1. Der Hebel 1 wird dabei nacheinander von

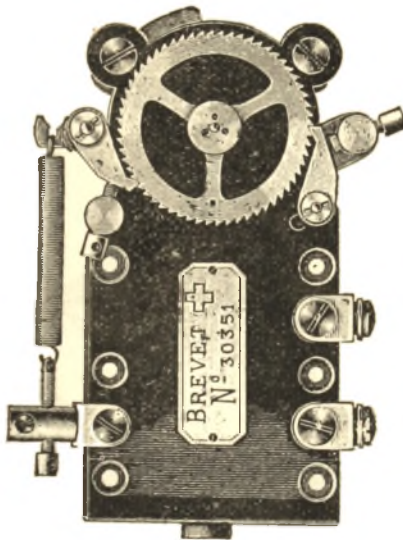


Fig. 289.

verschiedenen Punkten des gebauchten Hebels berührt, so daß die wirksamen Längen dieser beiden Arme sich stets verändern und zwar in dem Sinne, daß der Hebelarm der Kraft immer kürzer wird, der der Last aber immer länger. Es ergibt sich daraus, daß die Leistung des Ankers in dem Momente, wo er von dem Magneten angezogen wird, also von diesem in der weitesten Entfernung steht und die Anziehungskraft geringer ist, kleiner zu sein braucht, und erst in dem Maße wächst, als die Anziehungskraft größer wird.

Die Nebenuhr von D. Perret (Fig. 289) ist mit einem schwingendem Anker ausgerüstet (Seite 138), wodurch ebenfalls die Remanenz-

wirkung behoben und ein sehr kräftiges Drehmoment erzielt wird. Die Drehungsachsen von Schaltrad und Anker fallen zusammen, die Sperrkegel werden am Ende ihrer Bewegung arretieren, so daß das Rad nicht weiter als eine Teilung bewegt werden kann und seine Rotation eine zwangsläufige ist.

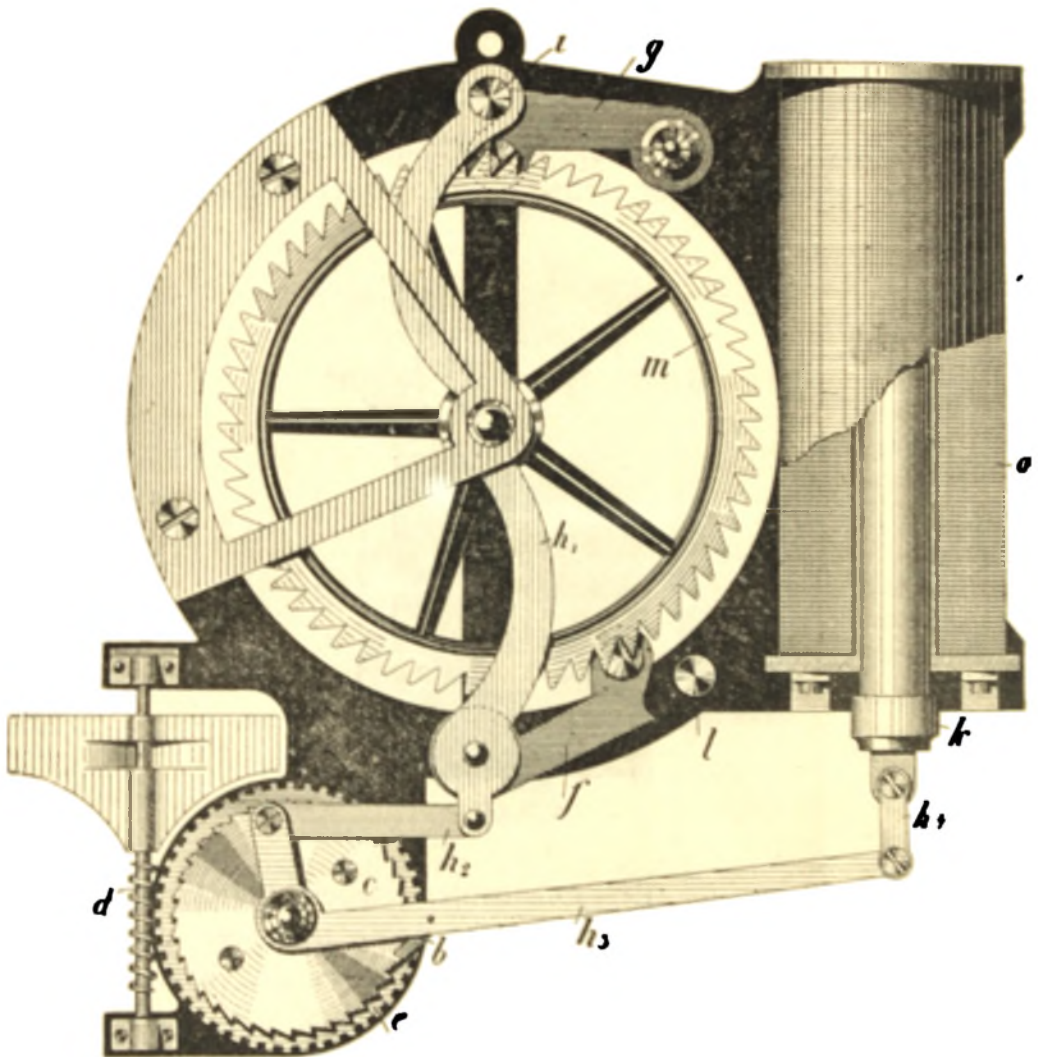


Fig. 290.

In Fig. 290 ist ein sehr kräftiges Nebenuhrwerk für Turmuhren dargestellt, dessen Antrieb durch ein Solenoid erfolgt.

Der schwingende Arm h_1 ist um die Welle des Schaltrades gelagert und trägt an seinem oberen Ende den nach rückwärts gerichteten Stift i , an seinem unteren Ende den Sperrkegel f für

die Drehung des Schaltrades. Der untere Arm des Hebels h_1 steht durch den Hebel h_2 in Verbindung mit h_3 , ferner durch h_4 mit dem Eisenkern.

h_3 trägt überdies noch eine Sperrklinke b , die in das Sperrrad a greift und durch dieses mit dem Rade e und dem Windfangtrieb d in Verbindung steht.

Bei Stromdurchgang wird der Kern k in die Spule gezogen (die in der Abbildung gezeigte Stellung), wenn der Strom unterbrochen ist, fällt er heraus und wirkt durch Druck auf den Hebel h_3 , der mit h_2 und h_1 die Sperrklinke f und mit dieser das Schalt-
rad um einen Zahn nach vorwärts bewegt.

Die Bewegung ist eine ruhige, weil durch die Sperrklinke b das Rad c und e und durch dieses aber das Windfangtrieb in Bewegung gesetzt wurde, wobei der Windfang bremsend auf die Zeigerbewegung einwirkt und der Zeiger sich nicht sprungweise, sondern langsam, schleichend vorwärts schiebt. Rasches Springen der langen und schweren Turmuhrzeiger ist unbedingt zu vermeiden.

Beim nächsten Kontakt wird k angezogen, dem Hebel h_3 bietet sich kein Widerstand, weil nun die Sperrklinke b frei über die Zähne der Sperrscheibe c gleiten kann, während bei der umgekehrten Bewegung das Bremswerk wieder mitgenommen wird.

Bei der Hebung des Hebels h_3 geht auch die Sperrklinke f um eine Zahnteilung zurück, worauf sie in den vorhergehenden Zahn einspringt und bei der Unterbrechung des Kontaktes diesen an die Stelle des früheren Zahnes bringt.

Die beiden Stifte i und l begrenzen die Bewegung der Sperrklinken und erlauben dem Rade in keiner Stellung des Ankers eine Bewegung ohne diesen zu machen, so daß auch starke Stürme eine Verschiebung der Zeiger nicht hervorbringen können.

Polarisierte Zeigerwerke.

Im Zeigerwerk von E. Thomas ist ein Sförmiger Stahlmagnet (Fig. 291) auf der Welle eines Triebes ohne Ende befestigt, der zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten schwingt.

Das Trieb greift in ein Rad ein, das in bekannter Weise die Übersetzung auf das Zeigerwerk herstellt. Die Polschuhe N und

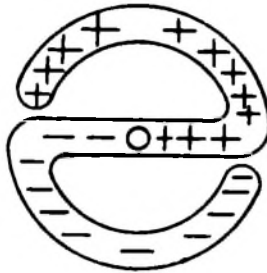


Fig. 129.

S des Elektromagneten in Fig. 292 wechseln ihre Polarität, so oft der Strom, der jede Minute durch den Elektromagneten fließt,

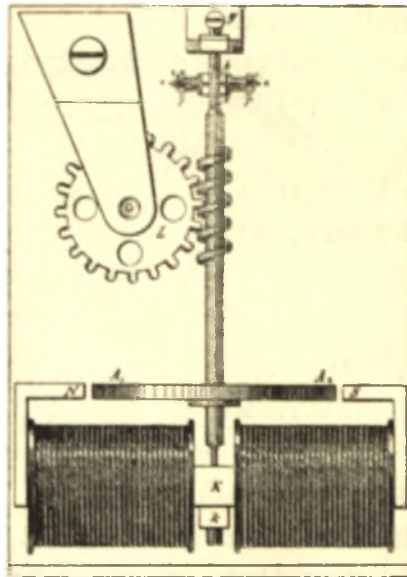


Fig. 292.

seine Richtung ändert. Dadurch wird immer ein Pol des permanenten Magneten abgestoßen, der entgegengesetzte vom entsprechenden Pole des Elektromagneten angezogen, so daß der Anker (Stahlmagnet) bei jedem Kontakte eine halbe Umdrehung macht. Um das Galoppieren zu verhindern, ist eine Fangvorrichtung angebracht, die einen in die Welle eing Bohrten, durchgehenden Stift auffängt. (Fig. 293.)

Die Nebenuhr P e y e r besitzt gleichfalls einen rotierenden Anker, der aber durch das eiserne Sperrad, welches 30 Zähne besitzt, gebildet wird. Diese Sperrscheibe steht unter dem Einfluße eines

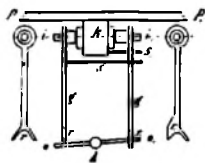


Fig. 293.

Stahlmagneten, der sie mit einem Pole übergreift und ihr dieselbe Polarität influenziert. Der andere Pol des Stahlmagneten trägt das Querjoch des Elektromagneten und induziert in diesem gleichfalls einen Pol. Der Elektromagnet (Fig. 294) trägt eigenartig ge-

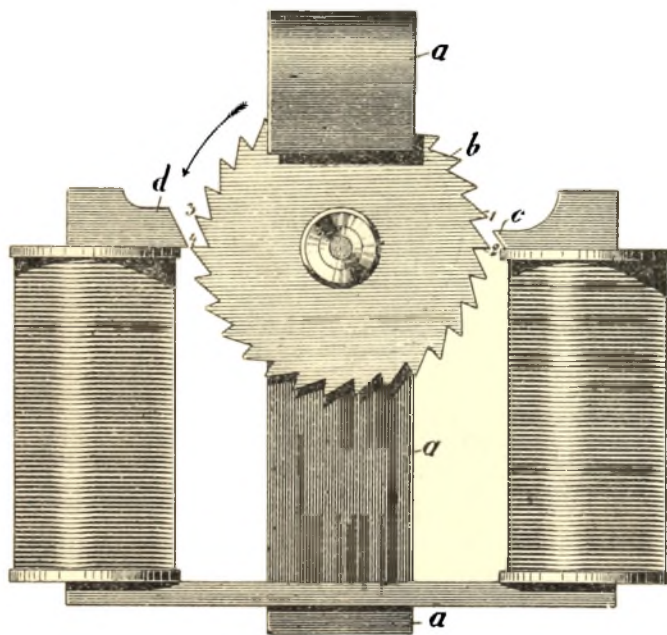


Fig. 294.

formte Polschuhe, welche derart auf das Sperrad einwirken, daß sich dieses stets mit der Spitze eines Zahnes einer der beiden Spitzen gegenüberstellen muß. Durch das Wechseln der Polarität bei Umkehrung der Stromrichtung wird immer ein Zahn angezogen, der andere abgestoßen, so daß sich das Rad stoßweise in der Richtung des Pfeiles bewegt.

Die Nebenuhr von Favarger (Fig. 295) ist auf einem ähnlichen Prinzip aufgebaut, besitzt aber anstatt der Sperrscheibe einen eisernen Anker mit fünf Zähnen, die den runden Polschuhen des Elektromagneten so gegenüberstehen, daß sie unter der Einwirkung der dem Anker und den Polschuhen von einem permanenten Magneten erteilten entgegengesetzten Polarität bei jedesmaligem Stromwechsel eine Bewegung in einer und derselben Richtung beschreiben. Bei 10 Polwechsel beschreibt der Anker eine Umdrehung, weshalb auch in seinem vollen Mittel 10 Stifte eingbohrt

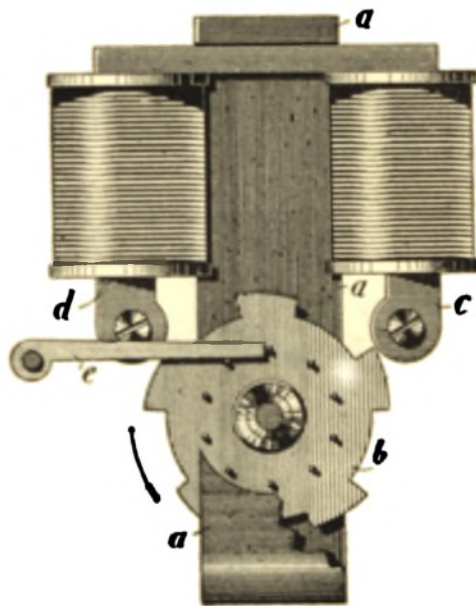


Fig. 295.

sind, welche in Verbindung mit dem Sperrkegel e das Zurückgehen des Ankers verhindern. Eine Radübersetzung vermittelt diese Bewegung dem Zeigerwerk.

Die Nebenuhr von Th. Wagner dürfte wohl eine der ersten verwendbaren Nebenuhren gewesen sein, und ihre Erfolge eine große Anzahl Erfinder bewogen haben, denselben Weg zu beschreiten. Ihr Anker besteht aus zwei Sförmigen Eisenstücken, a und b, die auf einer Welle derart befestigt sind, daß ihre Arme im rechten Winkel zueinander stehen. (Fig. 296 und Fig. 297). Ein permanenter Stahlmagnet steht derart über den Eisenankern, daß er dem einen Teil den Nord-, dem anderen den Südpol induziert. Je ein Anker-

stück wird also ständig die gleiche Polarität besitzen. Diese Anker schwingen zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten, die so ausgedreht sind, daß dem Anker nur genügend Luft zu seiner Bewegung bleibt. Bei dem durch Stromwechsel hervorgerufenen Polwechsel des Elektromagneten wird je ein Pol des

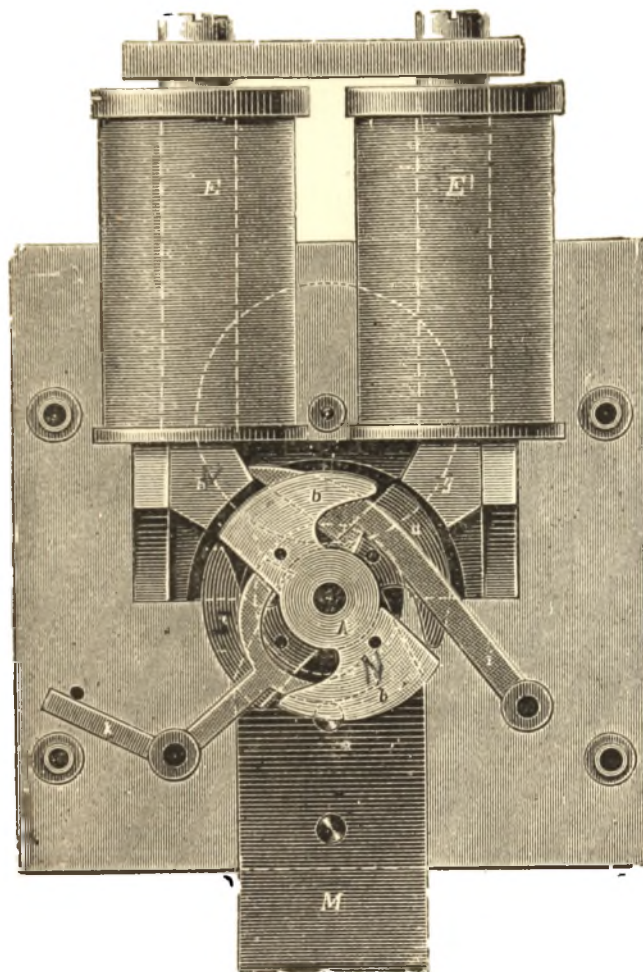


Fig. 296.

Ankers gleichzeitig von einem Pol des Elektromagneten angezogen, vom andern abgestoßen und da dies an beiden Polen des Ankers geschieht, wird ihm ein starkes Drehmoment erteilt. Der Anker beschreibt bei jedem Polwechsel eine Viertelumdrehung und wird gegen zufälliges Überschwingen durch eine Hemmvorrichtung gesichert. An dem Eisenanker befinden sich vier Stifte, die sich

abwechselnd an dem durch die rasche Bewegung gehobenen Hebel *k* stellen. Das Rückwärtsschwingen des Ankers verhindert die Sperrklinke *i*.

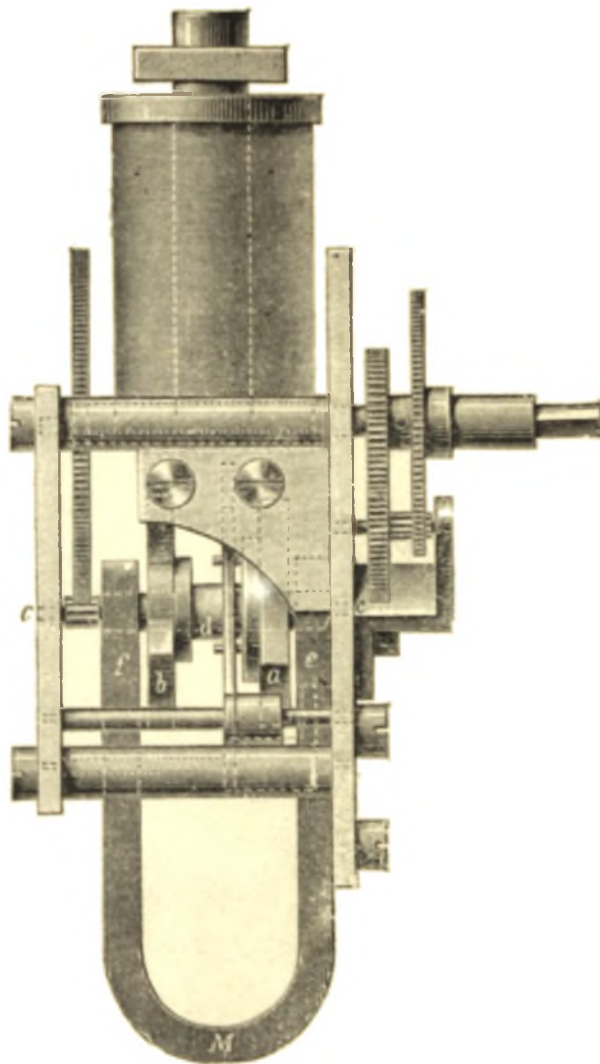


Fig. 237.

Ähnlich sind auch die Nebenuhren von C. Bohmeyer, die jedoch nur einen Eisenanker tragen, der unter der Induktionswirkung eines permanenten Magneten steht, dessen anderer Pol am Stege des Elektromagneten angeschraubt ist und dessen Pole induziert. Die Pole des Elektromagneten werden also, wenn kein

Strom durch seine Wicklung geht, die entgegengesetzte Polarität des Ankers haben, und diesen in jeder Stellung festhalten. Im Momente, wann der Elektromagnet erregt wird, schwingt der Anker

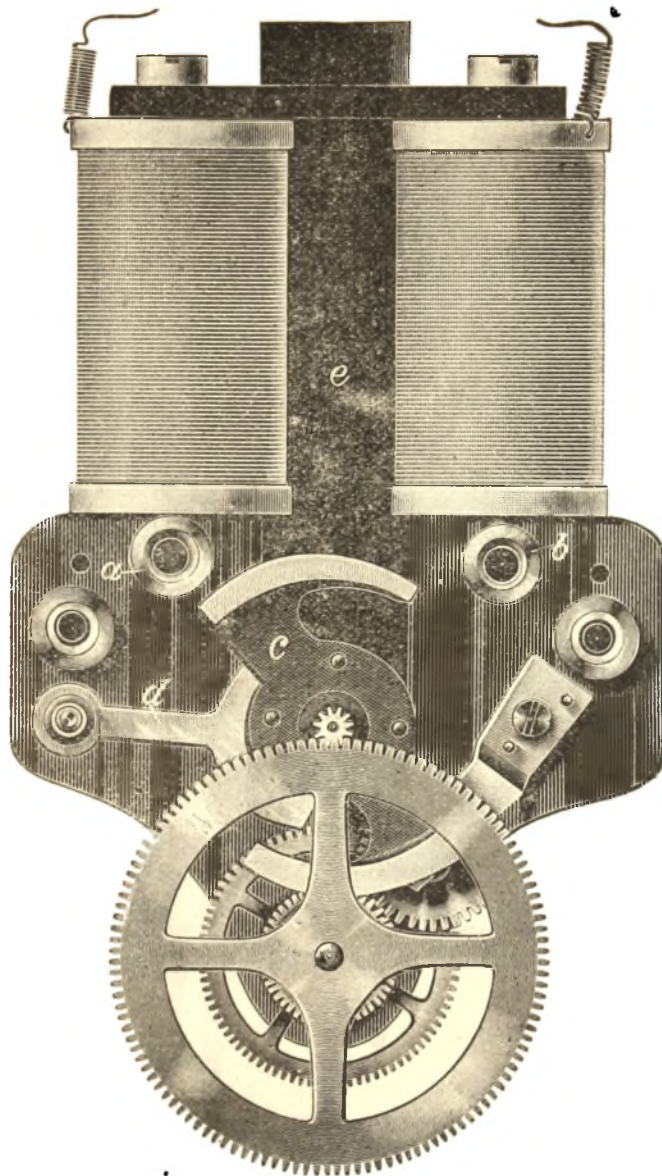


Fig. 298.

um einen Winkel von 90° , indem einer seiner Pole vom entgegengesetzten des Elektromagneten angezogen, der andere aber abgestoßen wird. (Fig. 298 und 299.) Eine zweite Anordnung der-

selben Firma ist in Fig. 300 dargestellt. Anstatt eines permanenten Magneten kommen hier zwei in Verwendung, die sich mit den gleichnamigen Polen gegenüberstehen. Die Polschuhe des Elektro-

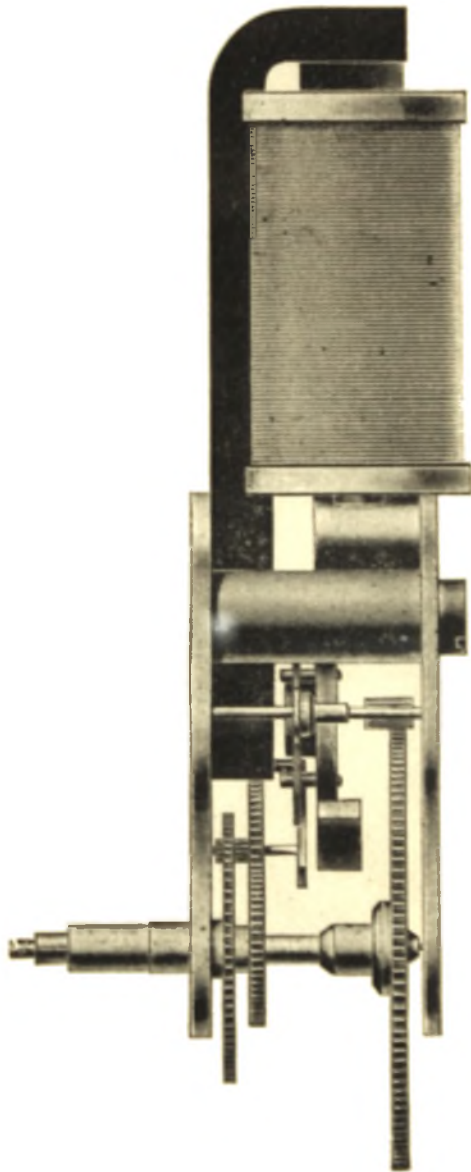


Fig. 299.

magneten werden also auch hier gleiche Polarität erhalten und zwar wieder die dem Anker entgegengesetzte. Die Stahlmagnete wirken bei dieser Anordnung ungemein kräftig, so daß diese Werke mit sehr geringen Stromstärken arbeiten. Der eiserne

Anker trägt gleichfalls die vier Stifte, die sich bei der Bewegung an den Stellhebel anlegen.

Fig. 301 stellt eine polarisierte Nebenuhr mit schwingendem Anker dar. Die Spulen des Elektromagneten B und B₁ haben größere Bohrungen, so daß seine Schenkel in den Schrauben 1 und 2 schwingen können. Auf der oberen Gestellplatte befinden sich zwei permanente Magnete die sich mit den ungleichnamigen

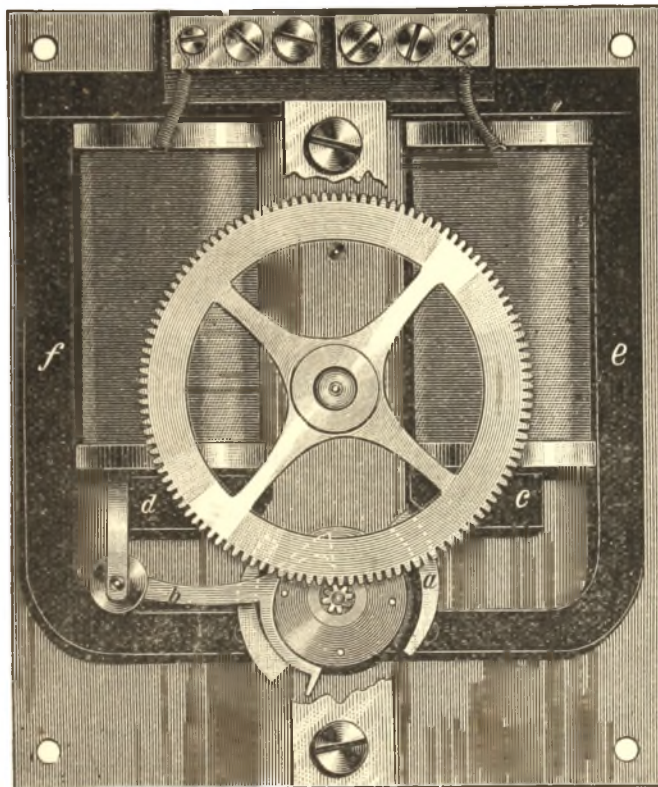


Fig. 300.

Polen gegenüberstehen. Zwischen den Magnetspulen hindurch führt die Welle der Sperrscheibe, die etwas über den beiden permanenten Magneten liegt. Außen an dem Schenkel des Ankers sind zwei lange Federn angeschraubt, die mit ihren Enden in die Zähne der Sperrscheibe greifen. Die Enden des schwingenden Ankers reichen durch die Platinen bis zu den Polen der Magnete und werden, wenn der Strom durch die Spulen fließt und die Schenkel entgegengesetzt erregt, von der einen Seite abgestoßen und von

der anderen angezogen. Die Federn, welche in die Zähne des Sperrades greifen, machen natürlich diese Bewegung mit und schieben dieses um einen Zahn vorwärts. Die Klöben 7 und 8 verhindern, daß das Rad um mehr als einen Zahn weiterbewegt wird.

Die Nebenuhren von Siemens & Halske (Fig. 302) besitzen einen schwingenden Anker, der in der Nähe seines Drehungs-

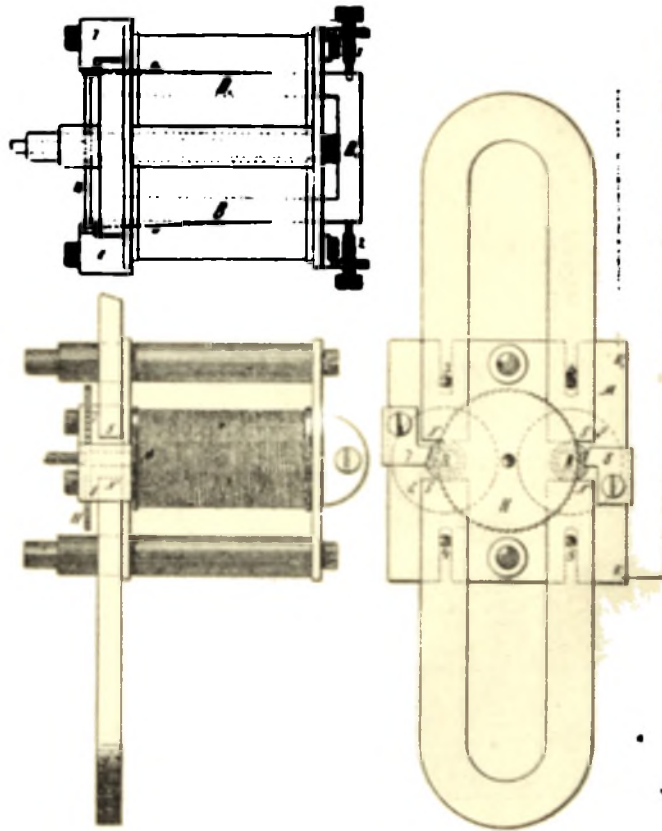


Fig. 301.

punktes dem Pole eines permanenten Magneten gegenübersteht, dessen anderes Ende auf den Steg des Elektromagneten aufgeschraubt ist. Die Sperrklinken a und d greifen in das Sperrad b ein und sind derart auf dem Anker e befestigt, daß bei jeder Schwingung das Sperrad um eine halbe Zahnteilung transportiert wird. Die Bewegung des Ankers e den beiden Polen g_1 und g_2 gegenüber ist durch die Regulierschrauben in den Polschuhen be-

grenzt. Je nach der Polarität des Elektromagneten wird also der Anker entweder am Pole g_1 oder g_2 anliegen und bei Umkehrung der Stromrichtung seine Lage wechseln. Hierdurch wird jedesmal das Schaltrad um eine halbe Zahnteilung weitergeschoben. Da das Gangrad 30 Zähne besitzt, dreht es sich bei 60 Stromstößen einmal um.

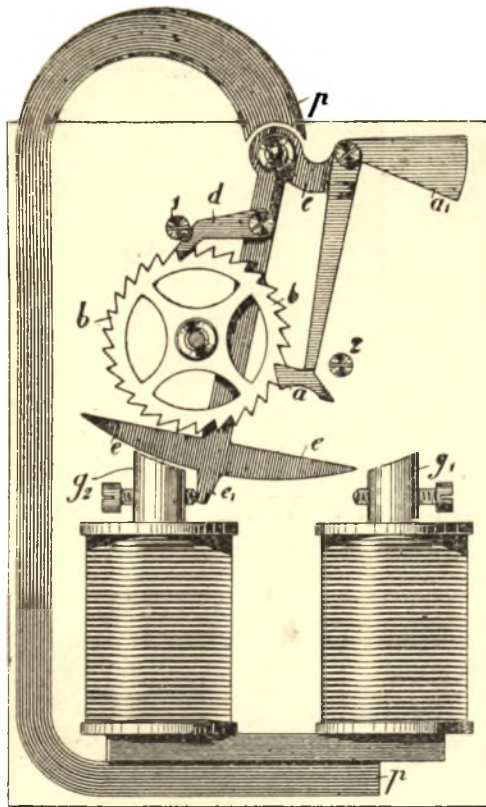


Fig. 302.

Auf gleichem Prinzipie beruht die Nebenuhr von H. Aron, (Fig. 303), welche nur den Unterschied zeigt, daß das Schaltrad weniger Zähne besitzt wie bei der Uhr von Siemens & Halske. Abbildungen 304 und 305 zeigen eine andere Type der Nebenuhren von H. Aron, welche gleichfalls mit einem schwingenden Anker ausgerüstet sind, der zwei Stifte trägt. Dieser bewegt das Schaltrad durch Druck der Stifte auf die schiefen Flächen seiner Zähne.

Die Turmuhren mit elektrischer Auslösung dieser Firma besitzen die gleiche Magnetanordnung, welche eine Sperrvorrichtung

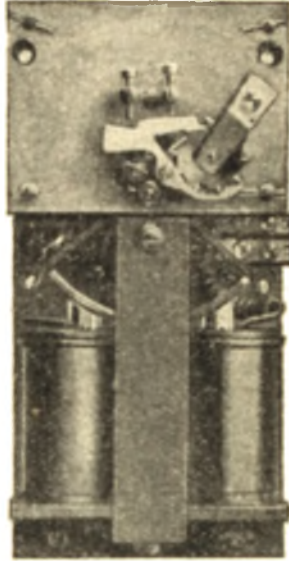


Fig. 303.

betätigt, die den Einfallhebel des Laufwerkes fallen läßt und damit das Laufwerk auslöst. Wenn das Laufrad eine Umdrehung

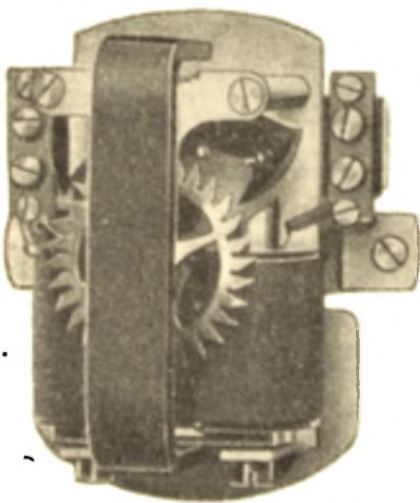


Fig. 304.

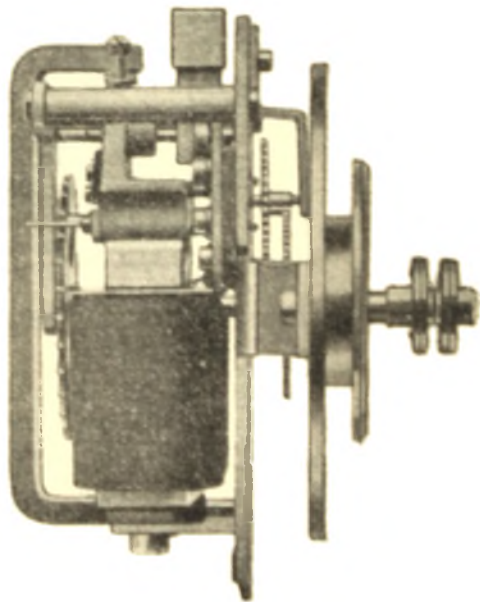


Fig. 305.

gemacht hat, hebt die Herzscheibe den Hebel wieder auf die Sperrvorrichtung zurück, die in der nächsten Minute durch die

entgegengesetzte Bewegung den Hebel und damit das Laufwerk wieder frei gibt. Fig. 306.

Ähnlich ist die Anordnung der Firma Favarger & Co, welche aber zur Arretierung des Hebels in der gehobenen Lage

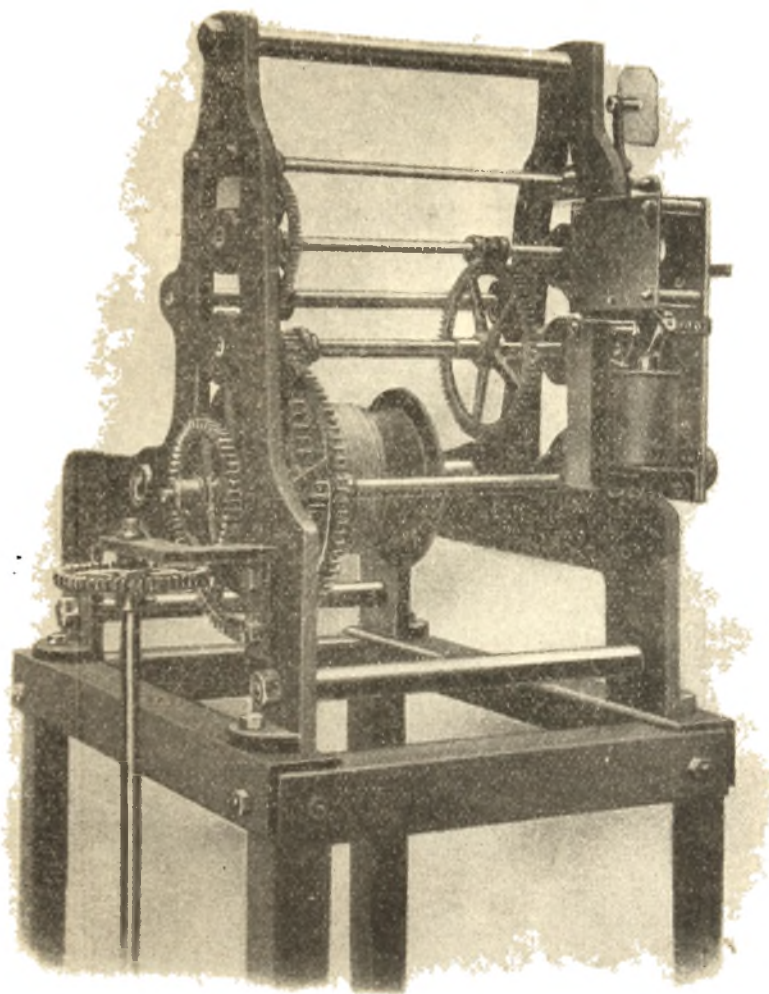


Fig. 306.

einen schwingenden Anker, wie ihn die Nebenuhren Hipp aufweisen, besitzt. Fig. 307.

Die Synchronisiereinrichtung an den selbstständigen Nebenuhren von Dr. S. Riefler besteht aus einem seitlich unter der Pendelspitze angebrachten Magneten, der mit der Hauptuhr verbunden ist. Saunier, Lehrbuch der Uhrmacherei. Bd. 5.

bunden ist und von dieser jede zweite Schwingung erregt wird. Das Pendel der synchronisierten Nebenuhr wird derart reguliert, daß es innerhalb 24 Stunden einige Sekunden vorseilt, nach-

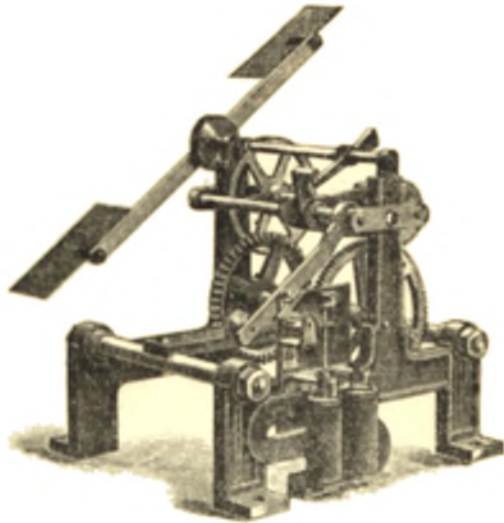


Fig. 307.

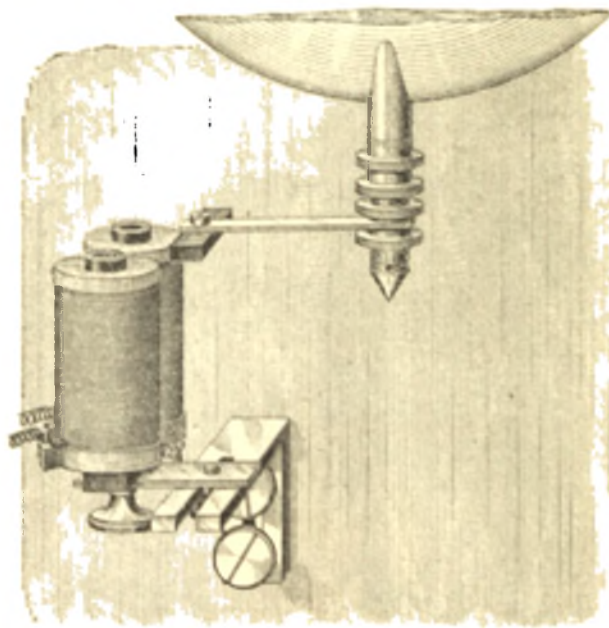


Fig. 308.

dem aber bei jeder zweiten Schwingung der Magnet seine verzögernde Wirkung auf den an der Pendelspitze befindlichen Eisenanker ausübt, wird die Schwingung stets mit der des Pendels in der Hauptuhr übereinstimmen. Fig. 308.

Die elektrischen Zeitdienstanlagen für wissenschaftliche Zwecke.

Wie schon bei früherer Gelegenheit erwähnt, ist der Zweck der elektrischen Einrichtungen der Uhren in den Zeitdienstanlagen für wissenschaftliche Zwecke hauptsächlich der, die Zeitangabe dadurch genauer zu gestalten, daß man die Hauptuhren von äußeren Ein-

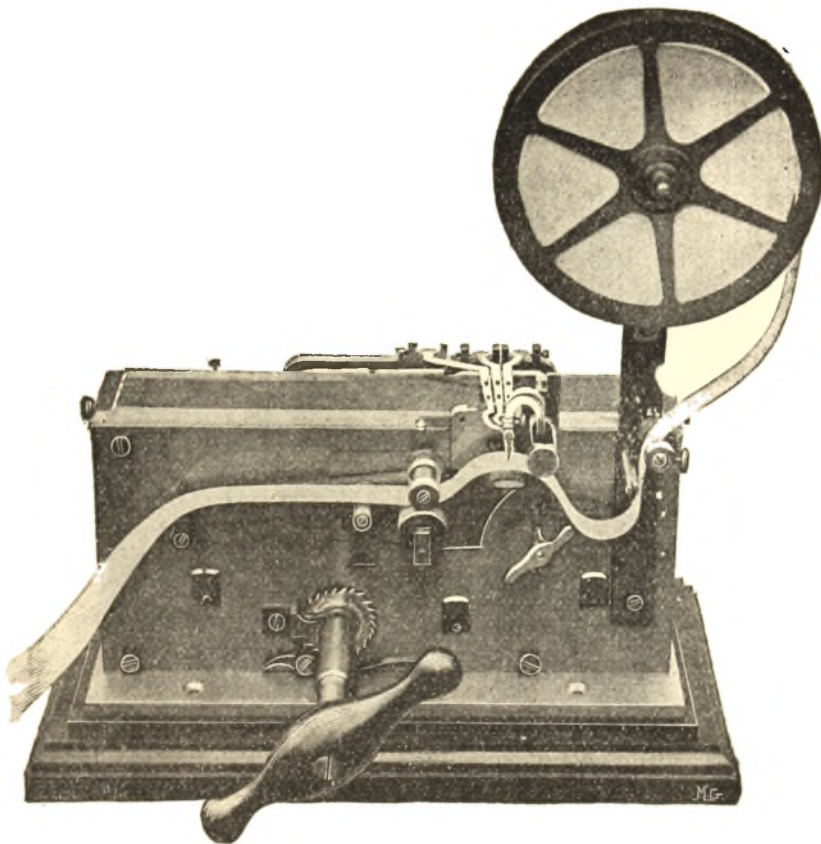


Fig. 309.

flüssen unabhängig macht und durch Synchronisieren auch einfache, billigere Uhren mit denselben Gangresultaten funktionieren läßt, wie die teuren Hauptuhren.

Dadurch ist es möglich, in den Nebenuhren Kontakte einzubauen, die den Gang der Hauptuhr wesentlich beeinflussen würden, hier aber durch die Synchronisation der Schwingungen des Taktgebers der Betriebsuhr (Nebenuhr) mit jenen des unabhängigen Taktgebers der Hauptuhr mit größtmöglicher Genauigkeit gegeben werden können.

Sämtliche Apparate, welche für wissenschaftliche Arbeiten notwendig sind, wie Registrierapparate, Sekundenklopfer usw. werden also nur indirekt durch die Hauptuhr betrieben, indem sie an die Nebenuhr (Betriebsuhr) angeschlossen sind.

Diese Apparate sind sehr verschieden und ausschließlich einem bestimmten Zwecke angepaßt, so daß jede dieser Zeitdienstanlagen das besondere Gepräge ihres wissenschaftlichen Zweckes trägt. Eine besondere Aufgabe bei einigen dieser Anlagen erfüllt

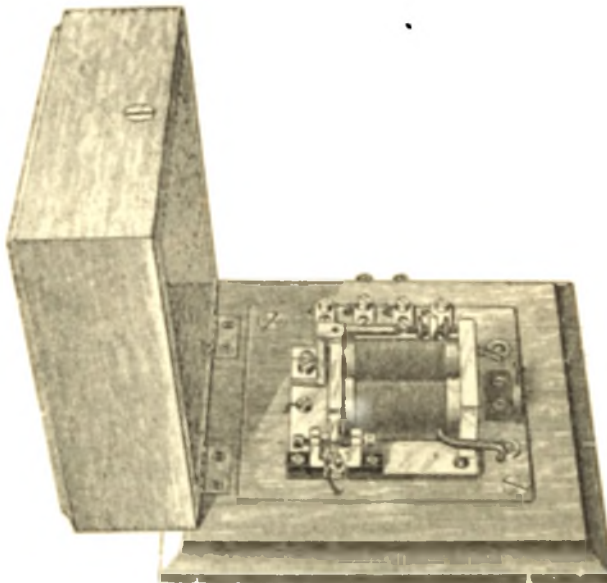


Fig. 310.

der Registrierapparat Fig. 309. Dieser dient zum Registrieren der Durchgangszeiten bei Zeitbestimmungen, kann aber auch für telegraphische Längen- und Breitenbestimmung und Uhrvergleiche verwendet werden.

Das Laufwerk betreibt einen Papierstreifen, welcher in jeder Sekunde ein bestimmtes Stück vorwärts geschoben wird, während ein durch einen Magneten betätigter Hebel jede Sekunde sichtbare Zeichen auf den Papierstreifen beschreibt. Der Magnet selbst ist in den Stromkreis einer der vorher beschriebenen Nebenuhren geschaltet, so daß die Sekundenzeichen mit der Uhrzeit übereinstimmen.

Ein zweiter Magnet mit einem zweiten Schreibhebel dient für die Markierung der Sterndurchgänge, eventuell des Sonnendurchganges durch das Fadenkreuz des Beobachtungsinstrumentes,

steht daher mit einem Handtaster in Verbindung, der von dem Beobachter jedesmal betätigt wird, wenn ein Stern einen der vertikalen Fäden durchschneidet, oder der Sonnenrand einen solchen tangiert.

Die Lage dieser Marken zwischen den Zeitzeichen der Normaluhr läßt mit größter Genauigkeit die Zeit der Uhr zur Zeit des Sternen- oder Sonnendurchganges ermitteln, so daß, da letztere bekannt ist, die Uhrdifferenz sich genau feststellen läßt.

Zum Vergleiche zweier örtlich getrennter Uhren, schaltet man je einen der beiden Schreibhebelmagnete in den Sekundenstromkreis je einer der beiden Uhren, so daß sich auch hier in ein-

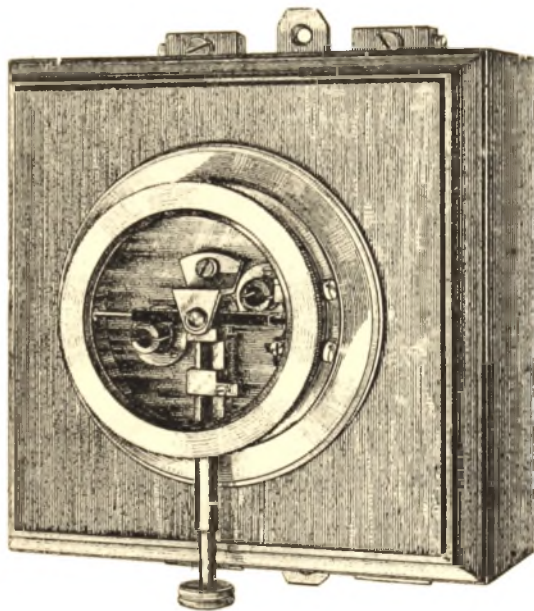


Fig. 311.

fachster Art durch die Divergenz der nebeneinanderliegenden Sekundenmarken der beiden Uhren die Differenz der beiden Uhrzeiten mit einer Genauigkeit von Bruchteilen einer $\frac{1}{100}$ Sekunde ablesen läßt.

Die Beschreibung der Verwendung des Chronographen zur Längen- und Breitenbestimmung ginge über den Rahmen dieses Werkes hinaus und sei deshalb auf Spezialwerke verwiesen.

Da nicht immer mit Registrierapparaten gearbeitet, sondern manche Beobachtung durch Zählen ausgeführt wird, erzeugt die Firma Cl. Riefler sogenannte Sekundenklöpfer (Fig. 310), einfache Magnete mit einem Anker, die in den Stromkreis der besprochenen Nebenuhr eingeschaltet werden und durch das rasche Anziehen

des Ankers bei Stromdurchgang mit scharf begrenztem Schalle die Sekunde markieren. Der Beobachtende kann also die Sekunden mitzählen, ohne daß er das Auge vom Okular des Instrumentes zu entfernen braucht.

Da häufig viele solcher Apparate an eine Nebenuhr angeschlossen werden, schaltet man ein Relais (Fig. 311) dazwischen, welches durch die Nebenuhr betätigt wird und erst einen separaten Stromkreis für die Apparate schließt.

Ein typisches Beispiel für die Zeitdienstanlage an meteorologischen Instituten ist die des „Institutes für Erdbettenforschung am physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg“, deren Beschreibung wir hier auszugsweise der Schrift des Herrn Dr. S. Riefler in München entnehmen. Die Uhrenanlage, hergestellt von der Firma Cl. Riefler, besteht aus einer Normaluhr erster Ordnung mit luftdichtem Glasverschluß, einer Hauptuhr zweiter Ordnung mit Luftdruckkompensation und einer Nebenuhr, die von letzterer synchronisiert wird.

Die Normaluhr I ist eine Uhr Type D mit luftdichtem Glasverschluß, freiem Echappement, Nickelstahlkompensationspendel, elektrischem Aufzug und elektrischem Sekundenkontakt. Eine ausführlichere Beschreibung dieser Einrichtung ist in diesem Buche Seite 302 und in der Schrift „Präzisionspendeluhren und Zeitdienstanlagen für Sternwarten“ von Dr. S. Riefler, München 1907 bei Ackermann enthalten, doch soll an dieser Stelle eine kurze Beschreibung des elektrischen Sekundenkontaktes nochmals gegeben werden. Dieser Kontakt ist der sogenannte intermittierende Sekundenkontakt. Derselbe dient sowohl für die Registrierungen der Pendelschläge der Uhr durch den Chronographen (Fig. 309) zum Zweck der Vergleichung der Uhren I und II unter sich, bezw. mit der Uhr der Sternwarte, als auch für die oben erwähnte Synchronisation der Uhr II durch die Uhr I.

Bei dem intermittierenden Kontakt wird der Stromkreis abwechselnd eine Sekunde lang geschlossen und während der darauffolgenden Sekunde offen gehalten. Der Stromschluß tritt stets mit Beginn der geraden Sekunden 2, 4, 6 etc. ein. Während der Dauer derselben ist der Stromkreis geschlossen und bei den ungeraden Sekunden geöffnet. Die geraden Sekunden beginnen während das Pendel nach links, die ungeraden während es nach rechts schwingt. Bei

der Sekunde ,0' findet, um den Beginn der Minute anzuzeigen, keine Stromunterbrechung statt.

Die Kontakteinrichtung besteht aus einem an der Gangradwelle der Uhr angebrachten Kontaktrad C (Fig. 283) mit 29 (30) Zähnen, welches sich bei jedem Pendelschlag um eine halbe Zahnweite vorwärts bewegt, ferner aus dem bei a drehbaren Kontakt-hebel p a h, dessen Stein p ein wenig in die Peripherie des Kontaktrades C eingreift und von den Spitzen der Zähne dieses Rades bei jeder zweiten Sekunde verdrängt wird.

Steht der Stein p des Kontakthebels pah in der Zahnücke, so ist der Stromkreis unterbrochen. Um den Beginn der Minute anzuzeigen, ist der betreffende Zahn aus dem Kontaktrad herausgenommen, so daß an dieser Stelle keine Markierung stattfindet.



Fig. 312.

W ist eine Antifunkenspule, bestehend aus einer bifilar gewickelten Drahtspule mit entsprechend hohem Widerstand, durch welche der Stromkreis fortwährend geschlossen gehalten ist. Dieser Nebenschluß hat den Zweck, die Stromunterbrechungen bei h funkenfrei vor sich gehen zu lassen, so daß die dort befindlichen Kontaktstellen keine Abnützung durch Verbrennung (Korrosion) erleiden. Fig. 312 zeigt die Markierung, welche der intermittierende Kontakt, dessen Kontaktrad 29 (30) Zähne hat, auf dem Chronographenstreifen gibt.

Durch den luftdichten Glasverschluß ist der Gang der Uhr von dem Einflusse der Luftdruckschwankungen unabhängig gemacht. Durch die Aenderung des Luftdruckes innerhalb des Glaszylinders ist es möglich, die Uhr so genau zu regulieren, daß ihr täglicher Gang nur ein paar $\frac{1}{100}$ Sekunden beträgt.

Soll eine nach längerer Zeit angelaufene Standkorrektur beseitigt werden, so ist dies gleichfalls mit der Anwendung der Luftpumpe möglich, wobei man die der Uhr beigegebene Tabelle benutzen kann. Beträgt die zu beseitigende Korrektur beispielsweise ± 0.9 Sekunden, so erniedrigt man entsprechend der Tabelle den Luftdruck im Innern des Glaszylinders um 50 mm. Wird nach 24 Stunden der ursprüngliche Luftdruck wieder hergestellt, so ist die Korrektur beseitigt. Die Hauptuhr II ist eine Uhr

Type B mit staubdichtem Gehäuse, freiem Echappement, Nickelstahlkompensationspendel mit Luftdruckkompensation am Pendel, gewöhnlichem Gewichtszug und zwei elektrischen Kontakten.

Der eine dieser Kontakte ist der bei der Normaluhr I beschriebene intermittierende Sekundenkontakt, welcher sowohl für die Uhrenvergleichung als auch für die Synchronisation der Uhr III dient. Der zweite elektrische Kontakt der Uhr unterbricht alle $7\frac{1}{2}$ Minuten auf die Dauer von 10 Sekunden den elektrischen Strom, welcher mit Zuhilfenahme eines Relais (Fig. 310) die Zeitmarkierungsvorrichtung am Heckerschen Horizontalpendel in Tätigkeit setzt.

Bei jeder vollen Stunde beträgt diese Stromunterbrechung 20 Sekunden, um den Beginn der Stunde auf dem Papierbogen anzuzeigen.

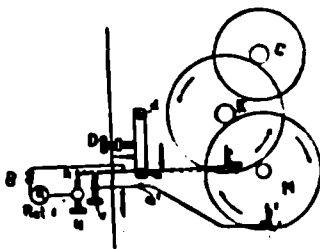


Fig. 313.

Die Kontaktanordnung besteht aus dem bei a (Fig. 313) drehbaren Kontakthebel p a h, welcher bei h durch die Kontaktschraube N den Stromkreis des Relais I schließt, bzw. unterbricht.

Die Stromunterbrechungen bei h treten ein, wenn der am Mittelrad K des Uhrwerkes angebrachte Hebestift b den Stein p des Kontakthebels während der Drehung des Rades K, welches alle $7\frac{1}{2}$ Minuten eine Umdrehung macht, verdrängt.

Damit die Hebung und auch die Stromunterbrechung bei h 20 Sekunden lang andauert, ist der bei a drehbare Hebel p¹ a¹ v angebracht, dessen Stein p¹ 20 Sekunden vor jeder vollen Stunde durch den im Minutenrad M angebrachten Hebestift b¹ auf die Dauer von etwa 20 Sekunden verdrängt wird. Während der Dauer dieser Verdrängung wird durch die Schraube v dieses Hebels der Kontakthebel p a h in die Höhe gehoben und dadurch der Stromkreis bei h unterbrochen.

Mit der Schraube D kann der Abfall des Kontakthebels so eingestellt werden, daß die Stromunterbrechung, bzw. der Stromschluß jedesmal genau im richtigen Moment eintritt.

Durch den zweiten Stromkreis des Relais 1 wird die Vorrichtung für die Zeitmarkierung am Heckerschen Horizontalpendel in Tätigkeit gesetzt.

Da die Möglichkeit vorzusehen war, die Hauptuhr II durch die Normaluhr I zu synchronisieren, so wurde an ersterer die gleiche Synchronisationseinrichtung angebracht, wie sie an der Uhr III vorhanden ist. In der Beschreibung der Uhr III ist diese Synchronisationseinrichtung näher erläutert.

Die Uhr III ist eine Nebenuhr in Holzgehäuse mit Graham-echappement, gewöhnlichem Gewichtszug, elektrischem Kontakt und Synchronisationseinrichtung (Fig. 308), welche dazu dient, diese Uhr

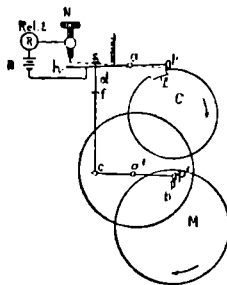


Fig. 314.

im regelmäßigen Betriebe durch die Uhr II zu synchronisieren. Die Stromschaltungsanordnung ermöglicht es jedoch, diese Uhr auch auf die Uhr I zu schalten, so daß sie von dieser statt von der Uhr II synchronisiert wird. Ebenso können die Uhren II und III gleichzeitig in Hintereinanderschaltung von der Uhr I synchronisiert werden. Der elektrische Kontakt der Uhr III schließt den Strom jede Minute auf die Dauer von 3 Sekunden, wodurch ebenfalls mit Hilfe eines Relais die Vorrichtung für die Zeitmarkierung des Wichertschen Pendelseismometers in Tätigkeit tritt. Bei jeder vollen Stunde fällt diese Markierung aus.

Die Kontakteinrichtung besteht aus dem bei a (Fig. 314) drehbarem Kontakthebel pah, dessen Stein p gewöhnlich auf der Peripherie der auf die Gangradwelle aufgesteckten Kontaktscheibe ruht wodurch h von N entfernt ist und der Stromkreis des Relais 2 unterbrochen ist. Bei der 57. Sekunde fällt der Stein

p des Kontakthebels in den Ausschnitt der Kontaktscheibe C hinein, wodurch der Stromkreis bei h geschlossen wird.

Bei der Sekunde ,0' wird derselbe jedoch wieder unterbrochen, weil der Stein p wieder auf die Peripherie der Kontaktscheibe gehoben wird. Damit bei jeder vollen Stunde dieser Stromschluß bei h unterbleibt, ist der bei a' drehbare Hebel p¹a¹c angebracht, dessen Stein p¹ durch den im Minutenrad M vorhandenen Hebestift b einige Sekunden vor der vollen Stunde verdrängt wird.

Hierdurch wird der bei f geführte feine Drahtzug cd samt der isoliert aufgesetzten Scheibe S so weit gesenkt, bis er den Kontakthebel p¹ah an seiner oberen Fläche berührt, weshalb der Stein p nicht in den Ausschnitt l hineinfallen kann und der Stromschluß bei h unterbleiben muß.

Durch den zweiten Stromkreis des Relais 2 wird die Vorrichtung für die Zeitmarkierung am Wichertschen Pendelapparat in Tätigkeit gesetzt. Die Synchronisationseinrichtung der Uhr III besteht aus einem am unteren Ende des Pendelstabes befestigten Magnetanker und einem links seitwärts unterhalb desselben angebrachten Elektromagneten (Fig. 308). Dieser Elektromagnet erhält durch die Akkumulatorenbatterie der Uhrenanlage infolge des intermittierenden Sekundenkontaktes der Hauptuhr II jede zweite Sekunde Strom und zwar stets während derjenigen Pendelschwingung, bei welcher sich das Pendel mit dem Magnetanker dem Elektromagneten nähert; also wenn das Pendel nach links schwingt. Während der Schwingung des Pendels nach rechts ist der Elektromagnet ohne Strom.

Um den magnetischen Einfluß des Elektromagneten auf den Nickelstahlstab des Pendels möglichst auszuschließen, ist der Magnetanker nicht direkt am Pendelstab angebracht, sondern links seitwärts an einem unten am Pendelstab befestigten Träger aus Messing. Der Elektromagnet befindet sich so weit links von der Mittellage des Pendels, als der Anker mit dem Pendel ohne dies ausschwingt, wenn kein Strom durch den Elektromagneten geht.

Wie bereits erwähnt, dient die Hauptuhr II dazu, die Vorrichtung für die Zeitmarkierung am Heckerschen Pendelapparat in Tätigkeit zu setzen, während durch die Uhr III in analoger Weise die Zeit auf den Wichertschen Pendelapparat übertragen

wird. Diese Übertragung geschieht jedoch nicht direkt, sondern durch Vermittlung der beiden Relais 1 und 2. Es sind also für jede dieser Zeitübertragungen zwei Stromkreise erforderlich, von welchen der eine durch die Uhr und das Relais geht, während das Relais im zweiten Stromkreis die Stromunterbrechungen für den betreffenden Apparat ausführt. Für die genaue Vergleichung der Uhren I und II unter sich als auch einer jeden derselben mit der Normaluhr der Sternwarte dient der Chronograph System Hipp der Station (Fig. 309), zu welchem Zwecke die Station mit der Sternwarte durch einen eigenen Draht verbunden ist. Ferner kann auch jede der beiden Uhren auf den Chronographen der Sternwarte geschaltet werden. Auch die Stromübertragung auf die Chronographen erfolgt nicht direkt, sondern durch Vermittlung des Relais 3. Für den elektrischen Betrieb der vorgenannten Einrichtung, sowie für die Synchronisation der Uhren II und III und den elektrischen Aufzug der Normaluhr I sind drei Akkumulatorenbatterien mit je einer Reservebatterie vorhanden, von welchen in wöchentlichen Intervallen abwechselungsweise die Hauptbatterie und die Reserve durch den Starkstrom des städtischen Elektrizitätswerkes, an welches die Akkumulatoren angeschlossen sind, geladen werden.

Die Schalttafel 2¹⁾ enthält die aus Glühlampenwiderständen, Umschaltern und einem Voltmeter bestehenden Einrichtungen zur Ladung und Spannungsmessung der Batterie 1 und 2 und die Schalttafel 3 enthält die analogen Einrichtungen der Batterie 3.

Die Batterie 3, deren Spannung 4 Volt beträgt, dient ausschließlich zum Betrieb des elektrischen Aufzuges der Normaluhr I. Durch einen Rheostat wird der Strom im Stromkreis des elektrischen Aufzuges auf die erforderliche Stärke eingestellt.

Die Batterie 2 von 8 Volt Spannung dient für die chronographische Vergleichung der Uhren der Station mit der Uhr der Sternwarte und umgekehrt, sowie für den Betrieb der Schreibvorrichtungen der beiden Pendelapparate 1 und 2.

Die Batterie 1 liefert den Strom für die sämtlichen übrigen Stromkreise der Anlage.

1) Siehe Ladeschalttafeln.

Tabelle VI.
Berechnung des Stromverbrauches in den Stromkreisen der Batterien I, II und III.
Batterie I.

Nr.	Stromkreis	Widerstand			Stromstärke M A	Strom-Emissionsdauer	Stromverbrauch		
		Elektro-magnet	Vorschalt-widerstand	Ohm			reduziert auf konstin. Emission	im Nebenschluß	Summe
	Betriebsstrom für							Milli-Ampère	
1	Synchronisation	4	50	500	7	Jede 2. Stunde 1" lang	3.5	1.3 (3000 Ω) Antil.-Spule	4.8
2	Chronograph Feder I	4	50	30	50	Wöchentlich $\frac{1}{2}$ Stunde $2 \cdot 24 \cdot \frac{1}{2} \times 50$ 0.15	0.15	— (1000 Ω) Antil.-Spule	0.2
3	Chronograph Feder II	4	50	30	50	Desgleichen	0.15	— (1000 Ω) Antil.-Spule	0.2
4	Relais I	4	50	250	13	Alle $7\frac{1}{2}$ Minuten, 10 bezw. 20" offen, täglich [(8.10) + 10] \times 24 <div style="text-align: center;">offen $13 \cdot \frac{(2160 \cdot 13)}{88400}$ 12.7</div>	12.7	1.3 (3000 Ω) Antil.-Spule	14.0
5	Relais II	4	50	250	13	Alle Minuten 3" geschlossen, ausgenommen bei Minute 0"; täglich [(3.60) - 3] \times 24 <div style="text-align: center;">4248 13 0.6 $13 \times \frac{4248}{88400}$ 20.45</div>	0.6	1.3 (3000 Ω) Antil.-Spule	1.9

Der Strom der Batterien 1 und 2 wird von der Schalttafel 2 nach den auf Schalttafel I vorhandenen langen Polklemmenschienen geleitet, von welchen die einzelnen Stromkreise abzweigen.

In jedem Stromkreise ist entweder ein aus einer Widerstandsspule bestehender fester Widerstand (Fig. 315) oder ein variabler Widerstand vorhanden, welcher aus einem Rheostaten besteht, durch den der Strom auf die für den Betrieb des angeschlossenen Instrumentes oder Apparates erforderliche Stärke eingestellt wird.

Für die Ausführung der verschiedenen Stromschaltungen der chronographischen Vergleichung usw. sind eine Anzahl Umschalter vorhanden.

Das auf der an die Schalttafel I angefügten kleinen Tafel vorhandene Milli-Ampèremeter dient zur Messung der Stromstärke in den Stromkreisen, welche durch die Apparate 1 und 2 gehen. Dasselbe wird eingeschaltet durch die darunter befindlichen beiden Doppelumschalter. Aus vorhergehenden Tabellen der Berechnung des Stromverbrauches in den Stromkreisen der Batterie ist zu ersehen, wie groß die Stromstärke sowie der Widerstand in jedem einzelnen Stromkreis der drei Batterien ist.

Bezüglich der Uhren sei noch erwähnt, daß der Gang derselben bisher ein andauernd befriedigender war.

Von der im Schaltungsnetz vorgesehenen Möglichkeit, die Uhren II und III durch die Uhr I zu synchronisieren, wurde bisher kein Gebrauch gemacht; die Uhr II ging vielmehr selbstständig und sie synchronisierte die Uhr III.

Die Uhren I und II werden monatlich mehrmals chronographisch sowohl unter sich als auch mit der Normaluhr der Sternwarte verglichen, welche zu diesem Zwecke auf den Chronographen der Station geschaltet wird.

Die Uhr II wurde mit Hilfe der Zulagegewichte auf einen sehr kleinen Gang gebracht; auch wird sie mit diesen Gewichtchen wieder eingestellt, so oft ihre Standkorrektur den Betrag von ein paar Sekunden überschreitet.

Bei der Uhr I wird diese Regulierung und Einstellung, wie weiter oben angegeben, mit Hilfe der Luftpumpen ausgeführt.

Die letztmalige Einstellung der Uhr I fand vom 20. bis 22. Dezember statt, wobei sie durch Evakuieren von Luft um

Tabelle IX. Gangtabelle

der Normaluhr I (Rieller Nr. 74) der Hauptstation für Erdbebenforschung am physikalischen Staatslaboratorium zu Hamburg.

1	2	3	4	5	6
1905 bis 1906	Korrektion gegen die Sternwarten- uhr	Korrektion der Stern- wartenuhr	Korrektion absolut	Täglicher Gang	Mittlerer täg- licher Gang minus täglicher Gang
Sekunden					
22. Dezember	+ 0·58	— 0·40	+ 0·18	+ 0·03	— 0·02
2. Jänner . .	+ 0·34	+ 0·18	+ 0·52	+ 0·03	— 0·02
9. „ . .	+ 0·68	+ 0·02	+ 0·70	+ 0·00	+ 0·01
11. „ . .	+ 0·68	+ 0·02	+ 0·70	+ 0·03	+ 0·04
30. „ . .	— 0·12	+ 0·25	— 0·14	+ 0·03	— 0·02
10. Februar .	+ 0·76	— 0·32	+ 0·44	— 0·01	+ 0·02
28. März . . .	+ 0·15	— 0·37	— 0·22	+ 0·05	— 0·04
2. April . . .	— 0·33	— 0·26	+ 0·07	+ 0·01	+ 0·00
19. „ . . .	— 0·16	+ 0·37	+ 0·21	+ 0·02	— 0·01
28. „ . . .	— 0·63	— 0·28	+ 0·35	+ 0·01	+ 0·00
7. Mai	— 0·27	+ 0·18	+ 0·45	+ 0·04	— 0·03
19. „	+ 1·00	— 0·03	+ 0·97	+ 0·07	— 0·06
21. „	+ 1·10	+ 0·02	+ 1·12	+ 0·02	— 0·01
25. „	+ 1·33	— 0·11	+ 1·22	+ 0·02	— 0·01
8. Juni	+ 1·53	— 0·05	+ 1·48	— 0·01	+ 0·02
9. Juli	+ 1·57	— 0·28	+ 1·29	— 0·05	+ 0·06
13. „	+ 0·83	+ 0·25	+ 1·08	+ 0·03	— 0·02
27. „	+ 1·59	+ 0·01	+ 1·60	+ 0·03	— 0·02
1. August . .	+ 1·34	+ 0·43	+ 1·77	— 0·05	+ 0·06
19. September	+ 0·57	— 1·36	— 0·79	— 0·07	+ 0·08
22. „	— 0·78	— 0·13	— 0·91	— 0·03	+ 0·04
5. Oktober .	— 0·42	— 0·14	— 0·56	+ 0·01	+ 0·00
22. „ . .	— 0·31	— 0·03	— 0·34	+ 0·04	— 0·03
25. „ . .	— 0·15	— 0·07	— 0·22	+ 0·06	— 0·05
9. November	+ 0·76	— 0·14	+ 0·62		
S. = + 0·25 Mittlerer täglicher Gang = + 0·01 ^s Mittlere tägliche Gangvariation =					S. = 0·67 ± 0·028 ^s

1.98 Sekunden vorgestellt wurde. Seit dieser Zeit ist an der Uhr nichts mehr geändert worden.

Aus nebenstehender Tabelle VIII ist zu ersehen, wie der Gang der Uhr in der Zeit vom 22. Dezember 1905 bis 9. November 1906 war.

Spalte 2 der Tabelle enthält die am Chronographenstreifband abgelesenen Korrekturen der Uhr I gegen die Uhr der Sternwarte und Spalte 3 die von der Sternwarte mitgeteilten Korrekturen der Sternwarteuhr gegen M. E. Z. Hieraus ergeben sich die in Spalte 4 aufgeführten Korrekturen der Uhr I gegen M. E. Z. und aus diesem die täglichen Gänge in Spalte 5.

Der hieraus für die ganze Gangperiode berechnete mittlere tägliche Gang beträgt nur -0.01 Sekunden, was als Beweis dafür angesehen werden darf, wie genau man die Uhr mit Hilfe der Luftpumpe regulieren kann.

In den ersten fünf Monaten, nämlich 22. Dezember 1905 bis zum 19. Mai 1906, war die Gangkorrektur stets weniger als eine Sekunde ($+0.18$ bis $+0.97$ Sekunden); $+1.77$ Sekunden am 1. August und ging gegen Schluß der Gangperiode (9. November) wieder zurück bis auf den Betrag von $+0.62$ Sekunden.

Spalte 6 der Tabelle enthält die täglichen Gangvariationen, deren Mittelwert $+0.028$ Sekunden beträgt. —

Einfachere Zeitdienstanlagen müssen natürlich viele der vorangeführte Apparate entbehren.

Ein ausschließlich für astronomische Zeitbestimmungen vorgesehene Anlage wie sie für einzelne Institute als Hilfsmittel zu gewissen Arbeiten erforderlich ist, (geodätische Anstalten, Uhrmacherschulen, Uhrenfabriken usw.) besteht aus einer Hauptuhr mit Sekundenkontakt, einem Relais und den Chronographen. Der Betrieb kann durch Primärelemente erfolgen und soll durch drei Batterien bewirkt werden.

Die Schalttafel einer solchen Anlage, welche von der Firma Riefler hergestellt wird, ist in Fig. 2 auf Tafel V abgebildet.

Der Aufzug der Hauptuhr wird von der Batterie I vorgenommen, der Betrieb des Relais von der Batterie 2, endlich der Magnet der Zeitregistrierung am Chronographen von der Batterie 3 von welcher auch der durch den Handtaster betätigte zweite Schreibmagnet erregt wird.

Für größere Anlagen obiger Art können außer einer Hauptuhr noch zwei Nebenuhren vorgesehen werden, welche die Hauptuhr synchronisiert.

Jede dieser Nebenuhren besitzt einen Sekundenkontakt der zum Betriebe eines Relais dient. Die Hauptuhr und die erste Nebenuhr sind zum Betriebe eines Chronographen eingerichtet, die zweite Nebenuhr zum Betriebe eines Klopfers. Die Schalttafel dieser Anlage, deren Entwurf gleichfalls von Dr. S. Riefler stammt, ist in Fig. 3 auf Tafel V abgebildet.

Bei einer Vermehrung der Anlage um weitere Nebenuhren kommt zu jeder Nebenuhr eine einfache Schalttafel (Fig. 4 Tafel V) mit einem Milliampèremeter und den nötigen Umsehaltern hinzu, welche eine genaue Kontrolle der Zeitübereinstimmung zwischen der Hauptuhr und der betreffenden Nebenuhr erlauben.

Der Synchronisierungskontakt der Hauptuhr ist ein intermittierender, d. h. er wird jede zweite Sekunde gegeben und zwar auf jeder geraden Sekunde, während er zur vollen Minute drei Sekunden lang währt. Schaltet man zur Kontrolle das Milliampèremeter ein, so wird die Nadel desselben in jeder zweiten Sekunde abgelenkt auf der vollen Minute aber innerhalb dreier Sekunden nicht in ihre Ruhelage zurückkehren. Natürlich muß das sehr empfindliche Instrument außerhalb der Zeit der Kontrolle ausgeschaltet bleiben, da es sonst sehr leiden würde.

Die technische Ausführung solcher Schalttafeln ist außer an den bereits besprochenen Einrichtungen der verschiedenen Firmen noch an einem sehr anschaulichem Beispiel in Fig. 1 Tafel V ersichtlich.

Diese Schalttafel gehört für die von der Firma Cl. Riefler in München ausgeführte, grosse Zeitdienstanlage der Sternwarte in Uccle.

Es ist bei allen diesen Anlagen untunlich, eine gemeinsame Batterie für die verschiedenen Apparate zu benutzen, da durch zufällige, gleichzeitige Stromentnahme die Stromstärke der Batterie sinkt und einzelne Apparate versagen könnten.

Die Batterien sind deshalb nach Möglichkeit zu teilen und jedem Kontakte seine eigene Batterie zuzuweisen. Es ist aber auch sehr empfehlenswert, dort wo es möglich ist, Reservebatterien zu verwenden, damit im Falle einer Regenerierung der einen Batterie die andere eingeschaltet werden kann.

Um keine Unterbrechung hervorzurufen ist die Umschaltvorrichtung so einzurichten, daß mit dem Ausschalten der einen Batterie die andere eingeschaltet ist.

Fig. 2 Tafel III zeigt einen derartigen Umschalter der Firma Th. Wagner mit einem Voltmeter versehen, mit welchem man die Spannung jeder einzelnen Batterie prüfen kann.

Sind bei derartigen Anlagen größere Leitungswiderstände in Zweigleitungen auszugleichen um die erforderliche Stromstärke in den einzelnen Zweigen zu erhalten, so verwendet man die einfachen und daher auch billigeren Einzelwiderstände, welche aus bifilar gewickelten Spulen bestehen. Diese sind in Fig. 315 dar-

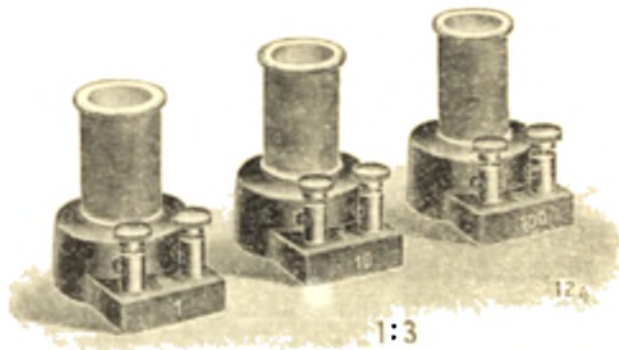


Fig. 315.

gestellt. Diese Widerstände kommen entweder auf das Schaltbrett oder werden an irgendeiner Stelle der Leitung in einem Kästchen montiert und an einem Platze angebracht, an dem sie nicht das ästhetische Gefühl verletzen.

Die elektrische Zeitdienstanlage der Uranlasternwarte in Wien.

Ein gleichfalls mustergültiges Beispiel für eine elektrische Uhrenanlage für Sternwarten ist die der Urania in Wien.

Diese allgemein zugängliche Volkssternwarte besitzt in dieser Anlage einen Behelf, der selten in solcher Ausstattung in einem wissenschaftlichen Institut zu finden ist.

Die Hauptuhr, (Fig. 316) welche nach der Idee des k. k. Prof. A. Irk ausgeführt wurde, besitzt eine Doppelradhemmung mit Antrieb des Pendels von der Pendelfeder aus, wobei der Anker direkt an

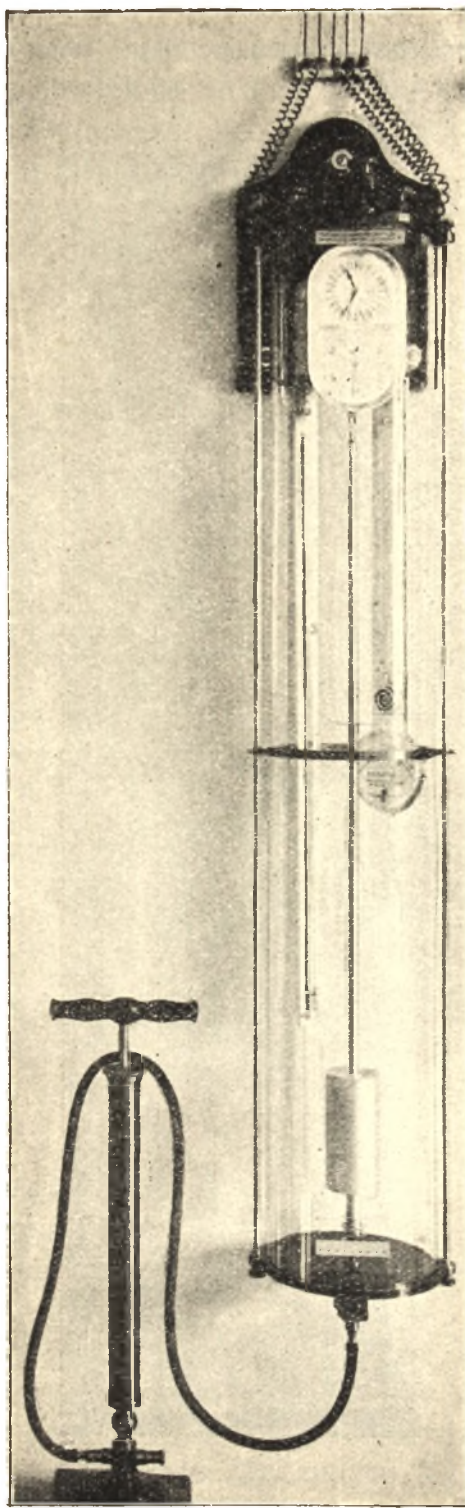


Fig. 316.

der Pendelfeder angebracht wurde, also kein Zwischenglied erforderlich ist. Der Aufzug der Uhr erfolgt automatisch jede halbe

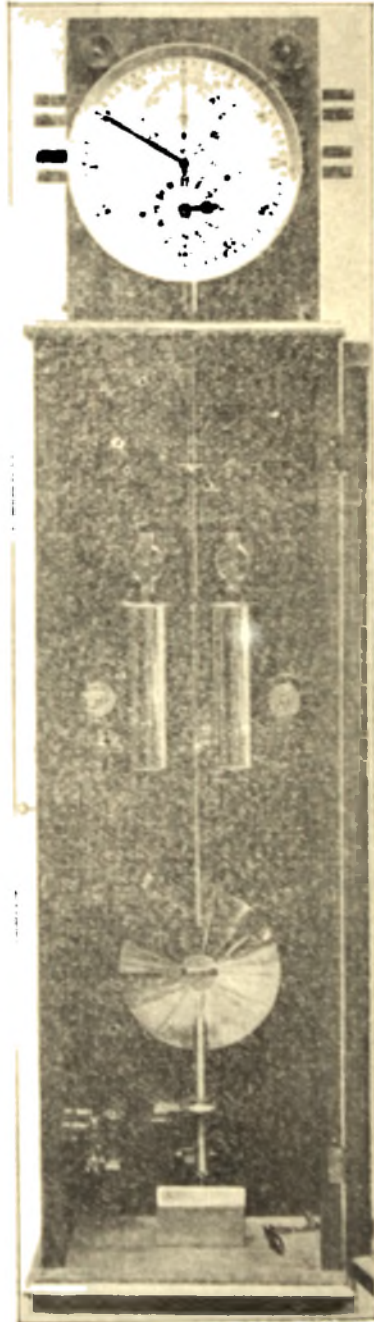


Fig. 317.

Minute. Das Uhrwerk ist in einem luftdicht abgeschlossenen Glaszylinder untergebracht und mit Riefierpendel I. Qualität versehen.

Im Glaszylinder befindet sich noch ein Barometer, ein Thermometer und ein Hygrometer.

Diese Hauptuhr schließt jede zweite Sekunde einen Strom, der eine Anzahl von Nebenuhren synchronisiert. In diesem Stromkreis ist auch die Hauptbetriebsuhr angeschlossen, die aus einem normalen Gehwerke und einem Laufwerke zur Betätigung der zahlreichen Kontakte besteht. Fig. 317.

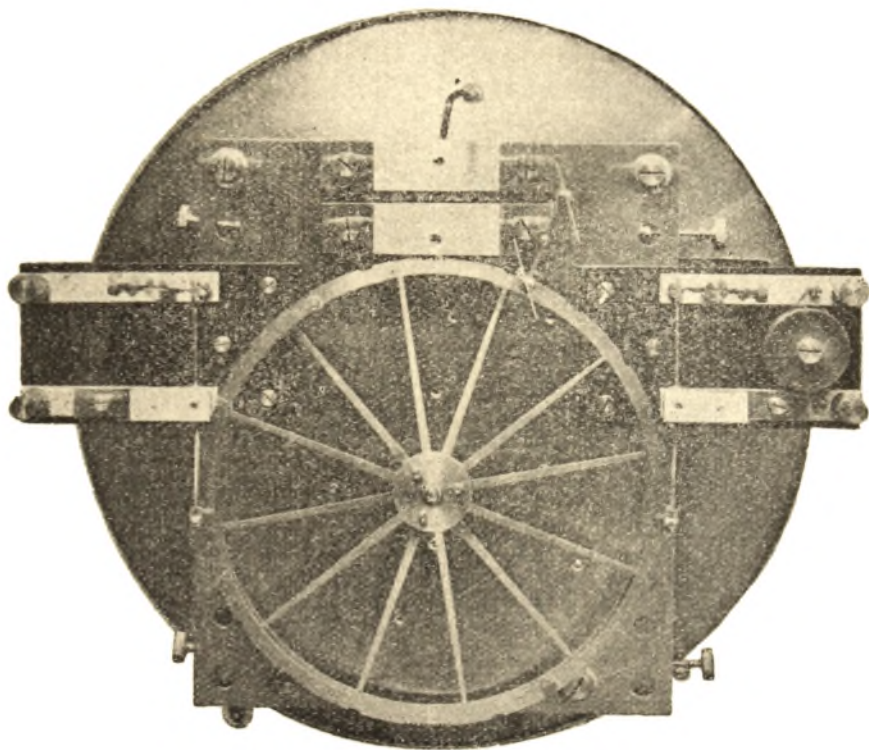


Fig. 318.

Die Synchronisiervorrichtung besteht aus einem am Pendel angebrachten Eisenanker, der einem Elektromagneten so gegenübersteht, daß ihn dieser durch die Synchronisierungsströme beeinflußt.

Das Kontaktlaufwerk gibt verschiedene Kontakte an verschiedene Linien ab und zwar zum Betriebe von ca. 20 Nebenuhren jede Minute einen Stromschluß in entgegengesetzter Richtung, um genau 12 Uhr 0 Minuten 0 Sekunden Mittags einen Stromschluß zur Auslösung eines Zeitballes am Dache der Urania und eines Kanonenschusses, welche das akustische und optische

Mittagssignal bilden, ferner noch eine Serie eigenartiger Kontakte in jeder Minute, welche zum Abhören der genauen Zeit dienen und den Telefonabonnenten in Wien zugänglich sind.

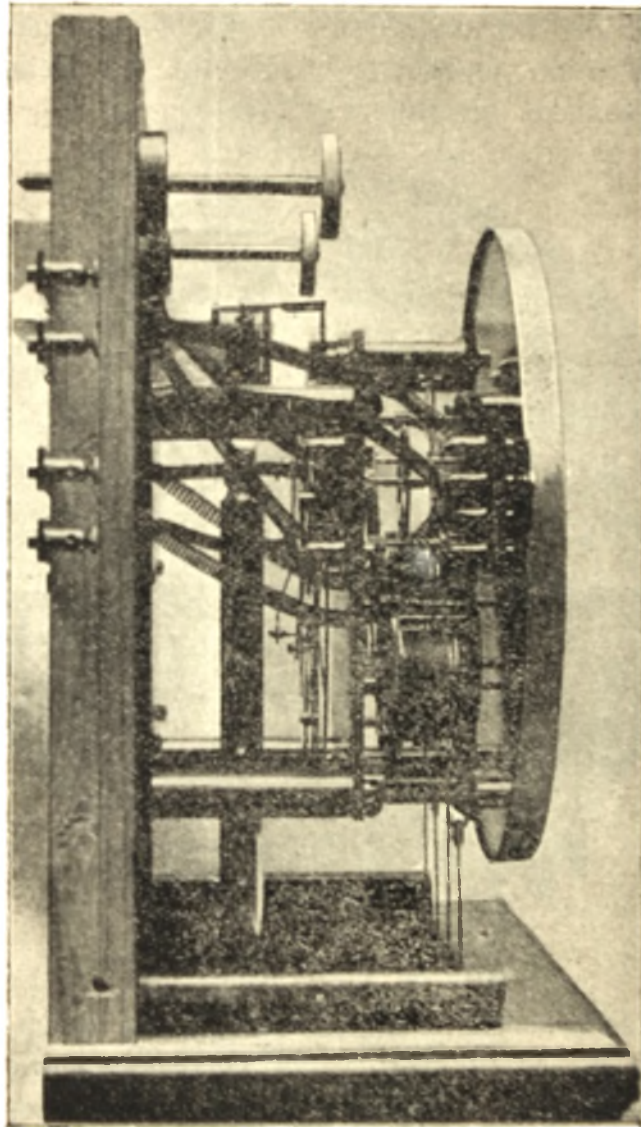


Fig. 319.

Das Kontaktwerk ist in der Abbildung 318 von rückwärts sichtbar, in Abbildung 319 von der Seite.

Der Synchronisierkontakt der Hauptuhr betätigt noch die Synchronisiermagnete zweier Halbsekundenpendeluhren, von denen eine sich in der Kuppel beim Refraktor befindet, die zweite im

Präsidialzimmer untergebracht ist. Die Synchronisiereinrichtung ist so wie die bei der Hauptbetriebsuhr (Fig. 317) und an einer Halbsekundenuhr in Fig. 320 abgebildete.

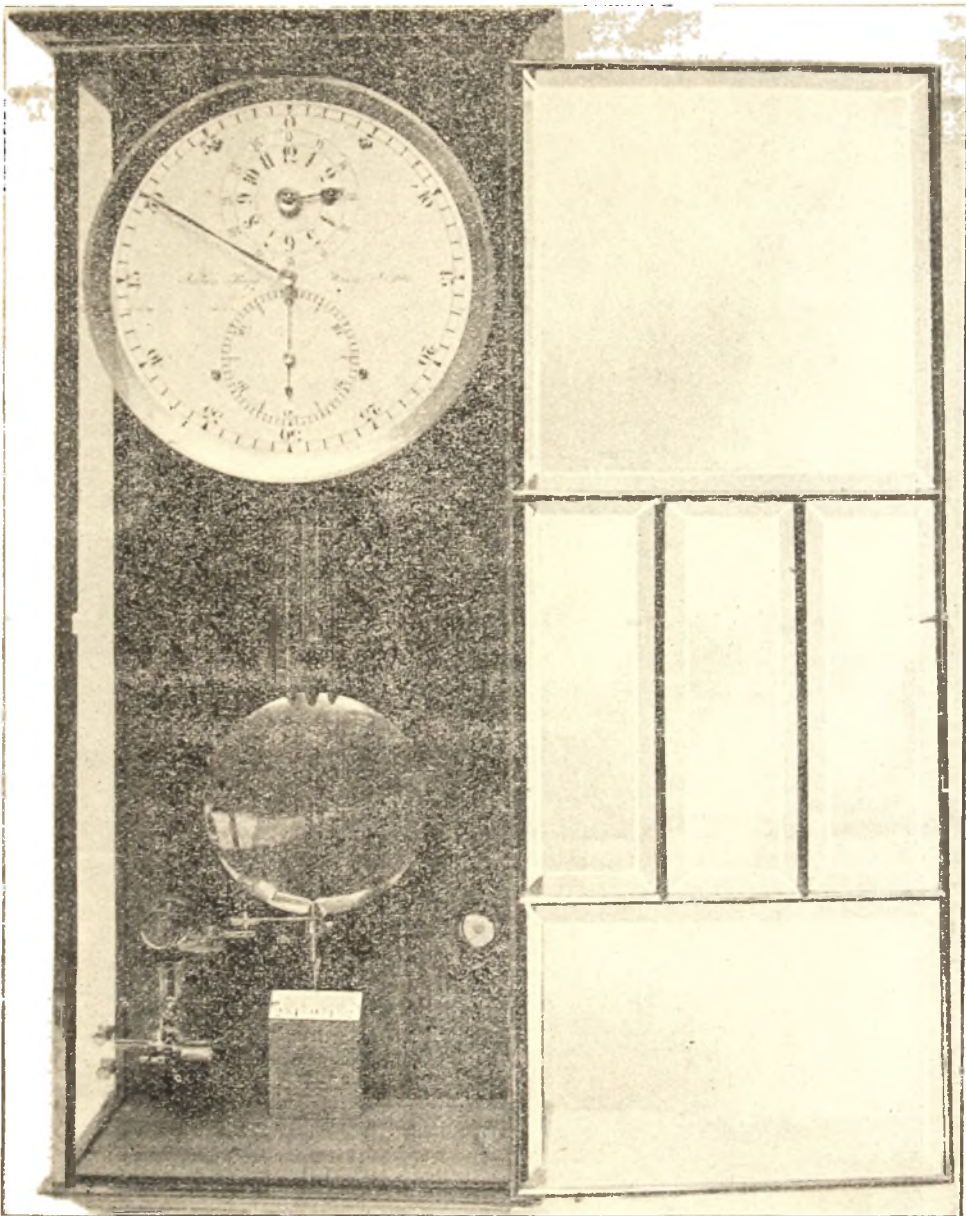
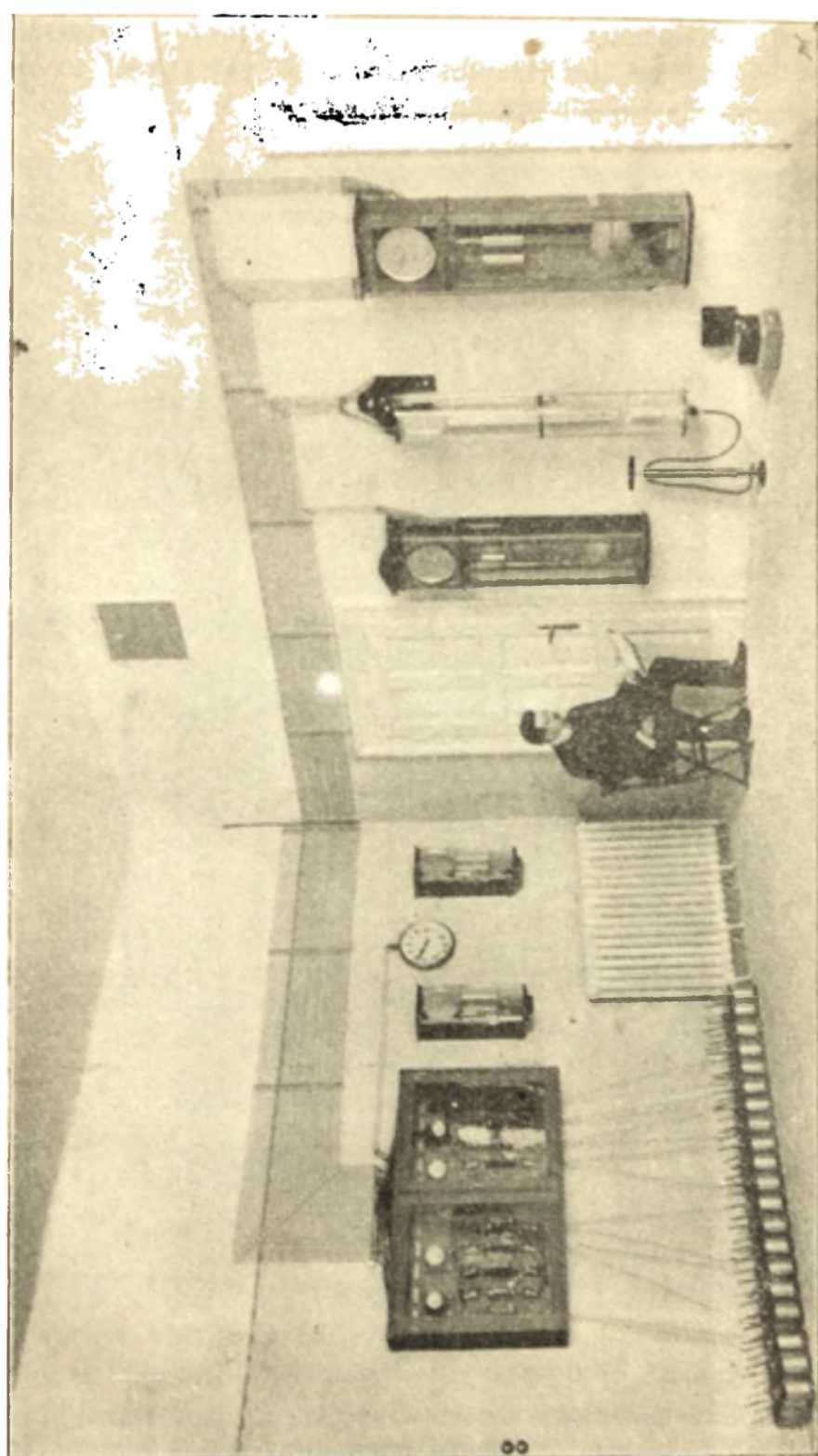


Fig. 320.

Die Sternzeitanlage besteht aus einem Regulator mit Gewichtszug, der einen Zweisekundenkontakt schließt und zwei



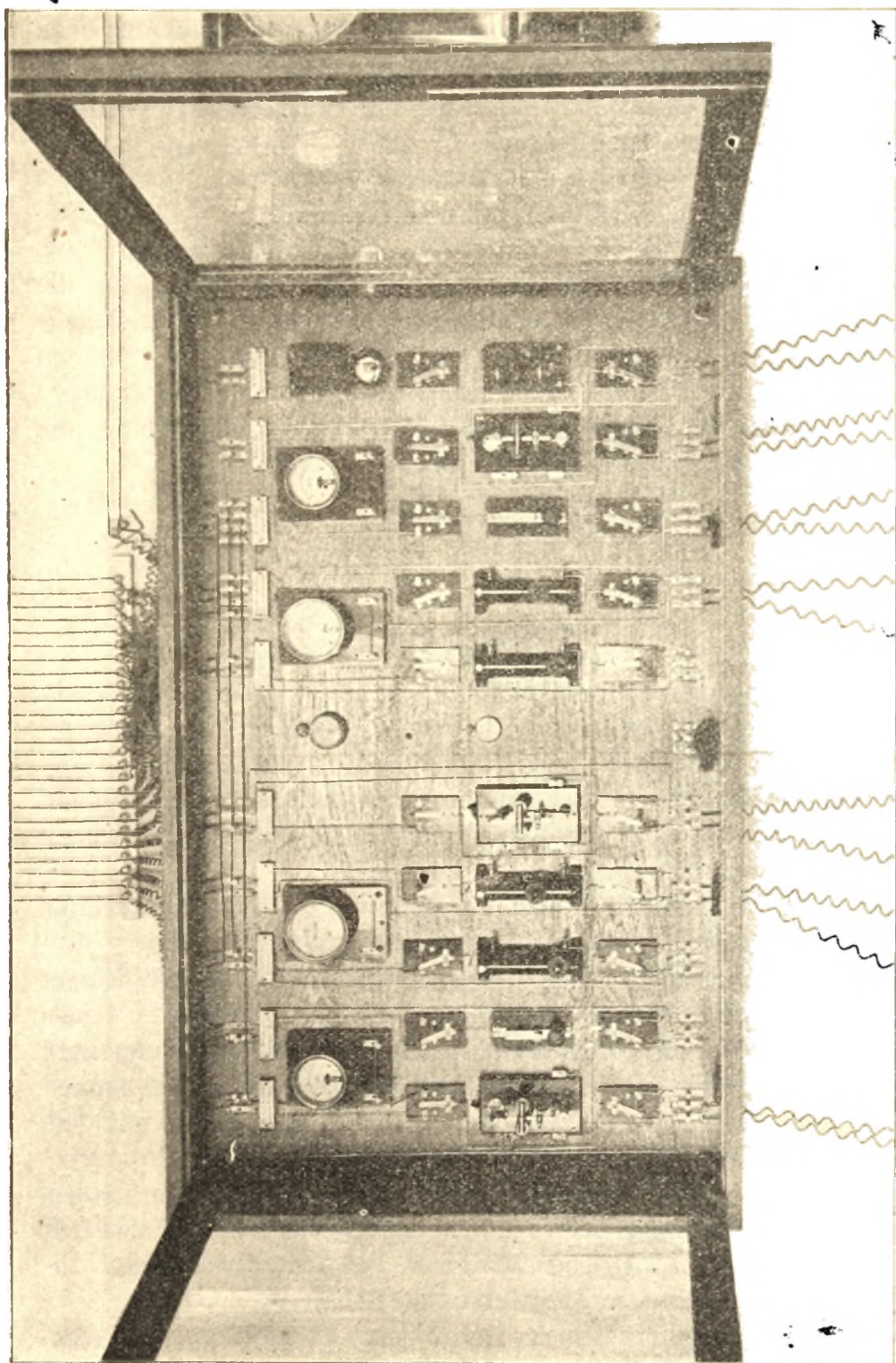


Fig. 522.

Halbsekundenregulateure synchronisiert. Einer derselben ist beim Refraktor unter der Kuppel, der andere im Meridianzimmer in der Nähe des Passageninstrumentes zur Verwendung bei den Zeitbestimmungen untergebracht.

Die Ausführung der Regulateure ist dieselbe wie jene, welche an die Hauptuhr für mittlere Zeit angeschlossen sind.

In Fig. 321 ist das Uhrenzimmer der Sternwarte abgebildet. Man sieht hier neben der Türe die Sternzeithauptuhr, dann die Hauptuhr für mittlere Zeit, endlich die Betriebsuhr. Das Schaltbrett ist an der anderen Wand und in Fig. 322 noch in größerem Maßstabe abgebildet. An demselben sieht man die nötigen Milliampère- und Voltmeter, ferner die Regulierwiderstände, die Relais und die nötigen Schalter, bezw. Umschalter.



Schlagwerke.

Es ist unzweifelhaft, daß es für das Publikum etwas sehr Bestechendes hat, wenn es sich um das Aufziehen der Uhren — wenigstens der Stand- und Zimmeruhren — nicht mehr zu kümmern braucht. Schließlich kommt es doch häufig genug vor, daß einmal vergessen wird die Uhr aufzuziehen und sie deshalb ihre Dienstleistung einstellt.

Daß mit den Selbstaufzugsuhrn etwas Nützliches geschaffen wurde, beweist am besten die Nachfrage darnach. Es ist also auch ganz natürlich, daß man den Wünschen der Abnehmer Rechnung getragen hat und selbst aufziehende Schlaguhren baute.

Die Arten der Konstruktion derselben sind voneinander stark abweichend, doch scheint sich in der letzten Zeit ein System herauszukrystallisieren, welches auffällige Vorteile bietet; das mit dem elektrischen Motor angetriebene Schlagwerk.

Fast bei allen Konstruktionen sind zwei Laufwerke vorhanden, von denen gewöhnlich eines durch das Gewicht eines Fallhebels oder einen Motor betrieben wird und bei dem Ablaufe eine Antriebsfeder des zweiten Laufwerkes aufzieht.

Das Schlagwerk von K. Doubrowski ist mit einer Cadra-
ture Wiener-Systems ausgerüstet und auch sonst vom Heb-
stiften-

rad bis Windfang mit allen bekannten Einzelheiten versehen. (Fig. 323.) Der Antrieb des Gehwerkes erfolgt durch den Gewichtshebel II, der unter der Einwirkung eines Eisenankers E nach aufwärts geschleudert wird. Gleichzeitig mit dem Ablaufe des Gehwerkes wird eine Antriebsfeder des Schlagwerkes, die im Federhaus an der Hebelstiftenradwelle sitzt gespannt und treibt das Schlagwerk.

Die Kontaktvorrichtung wird durch Stifte, die in das Klein-Bodenrad eingebohrt sind, ausgelöst.

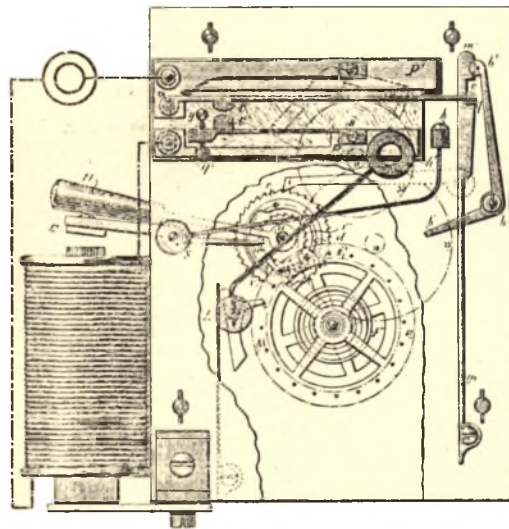


Fig. 323.

Zwei horizontale Hebel mit den Nasen C und C₁ vermitteln durch Berührung den Stromschluß. Der federnde Arm m, hält den oberen Hebel in einer Lage fest, damit er den unteren nicht berühren kann, und wird erst durch den Druck des Hebels b b₁ b₂, wenn der im Klein-Bodenrad eingebohrte Stift ihn beiseite schiebt, ausgelöst. C fällt auf C₁, der Magnet wird erregt und schleudert n hinauf, wobei h auf den Hebel C drückt und ihn von C₁ entfernt; der Strom ist unterbrochen. C sinkt mit h und legt sich, nachdem b mittlerweile m freigegeben hat, wieder in die Nut von m ein.

Das Schlagwerk der „Möller Uhr-Gesellschaft“ ist in Fig. 324 abgebildet. Der Hammer wird, wie in der Figur ersichtlich, durch einen zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten

schwingenden Eisenanker betätigt. Eine Spiralfeder zieht ihn zurück, ein Stift begrenzt seine Schwingung, so daß er nur durch die Wucht seiner Masse, nach Abbiegen des Hammerstieles auf die Tonfeder fällt.

Das Vorlegewerk ist ungemein einfach und besteht nur aus der am Stundenrohr befestigten Stiege und einem Rechen, dessen Zähne in das Trieb eines Laufrades greifen. Durch den Zug einer Spiralfeder wird der Rechen stets an die Stiege gedrückt.

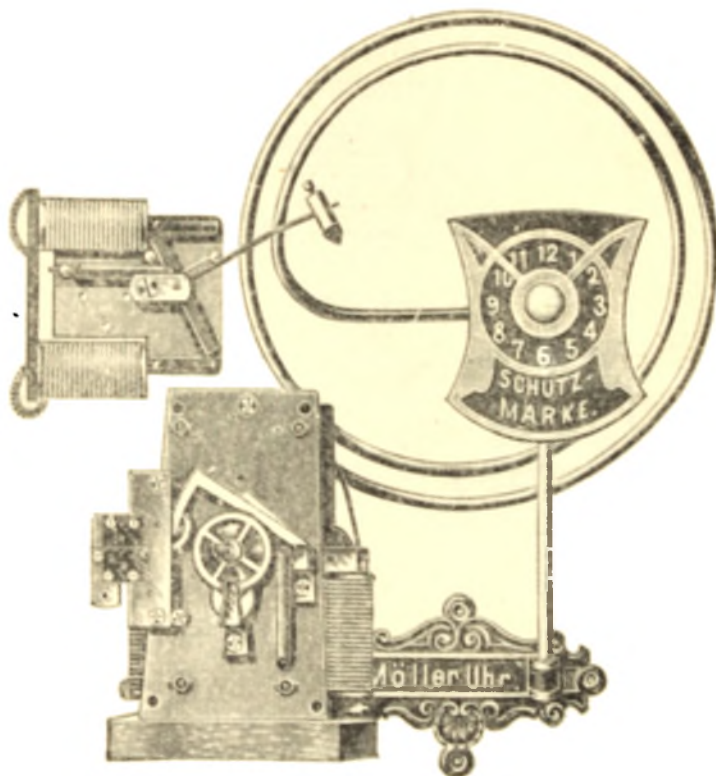


Fig. 324.

Der Rechen wird jede Stunde von einem Stift im Viertelrohre erfaßt und gehoben, wobei das Trieb des Laufrades eine leere Bewegung ausführt, weil es durch ein Gesperre mit dem Laufrad verbunden ist. Wenn der Stift den Rechenarm verläßt, fällt der Rechen und bewegt das ganze Laufwerk mit, wobei eine Kontakteinrichtung so viele Kontakte schließt, als Schläge ertönen sollen.

Die Zahl derselben wird dadurch geregelt, daß dem Abwärtsfallen des Rechens durch die Stiege eine variable Grenze

gesetzt ist und er je nach dem Staffel der Stiege auf den er auffällt, das Laufwerk längere oder kürzere Zeit betätigt. Der Aufzug des Gehwerkes ist auf Seite 278 beschrieben. Die Schlaguhren der Mitteldeutschen Uhrenfabrik Fuldensia (Fig. 325) betreiben das Schlagwerk durch einen zierlichen kleinen Motor von der Windfangwelle aus.

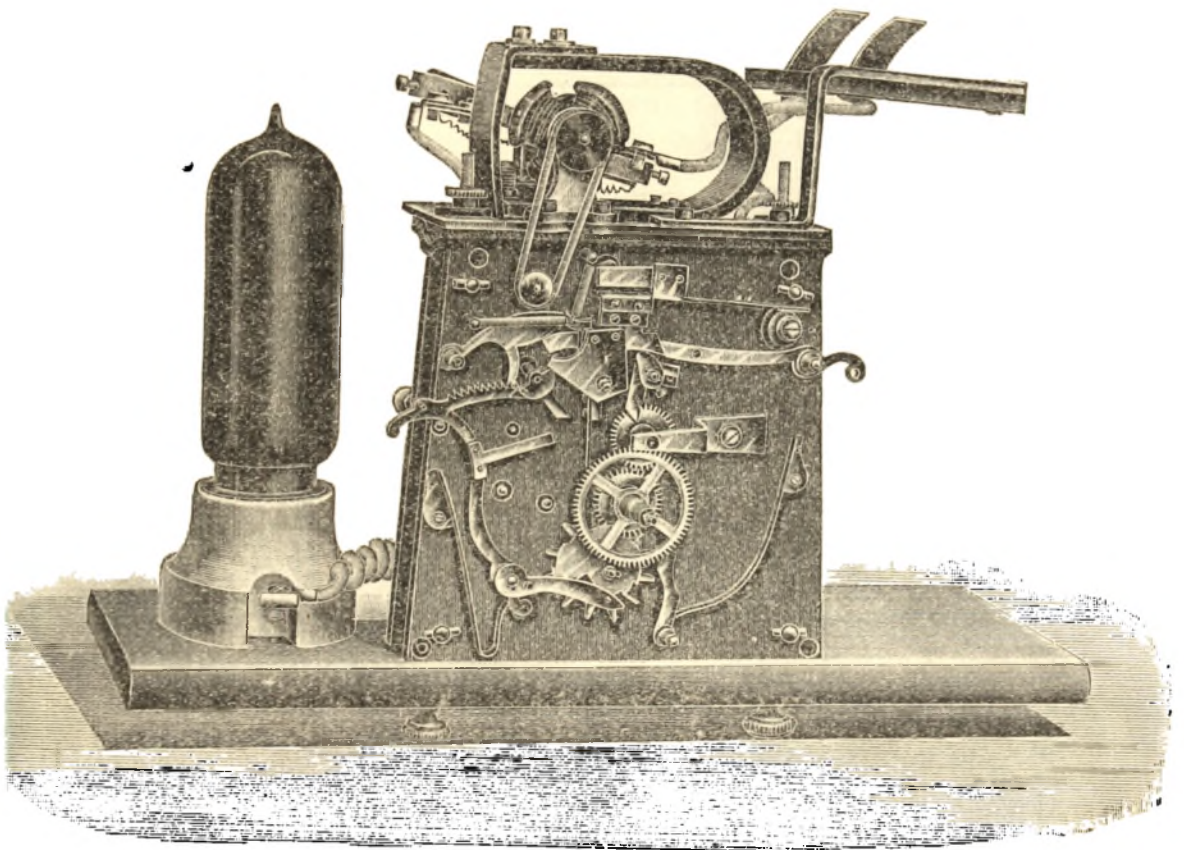


Fig. 325.

Die Tourenzahl des Motors bleibt ziemlich konstant, so daß auch Schwankungen in der Spannung der Stromquelle keinen nennenswerten Einfluß auf das Intervall der Schläge besitzen.

Das Vorlegewerk ist, wie aus der Zeichnung ersichtlich, wie bei jedem anderen Rechenschlagwerk eingerichtet, besitzt aber den durch die Rechenbewegung aus- und einschaltbaren Stromschließer zur Betätigung des Motors.

Das Gehwerk dieser Uhren wird durch eine Feder angetrieben, die ähnlich wie bei den Roßkopfuhrn an einem im Federhaus schleifenden Federring eingehakt ist und im Falle von Überspannung durch langsames Nachgleiten des Ringes die Überspannung beseitigt. Der Aufzug dieser Feder erfolgt durch das ablaufende Schlagwerk, welches durch Radübersetzung das Federhaus dreht und dadurch die mit dem inneren Ende an dem Federkern der Minutenwelle eingehakte Feder aufwindet.

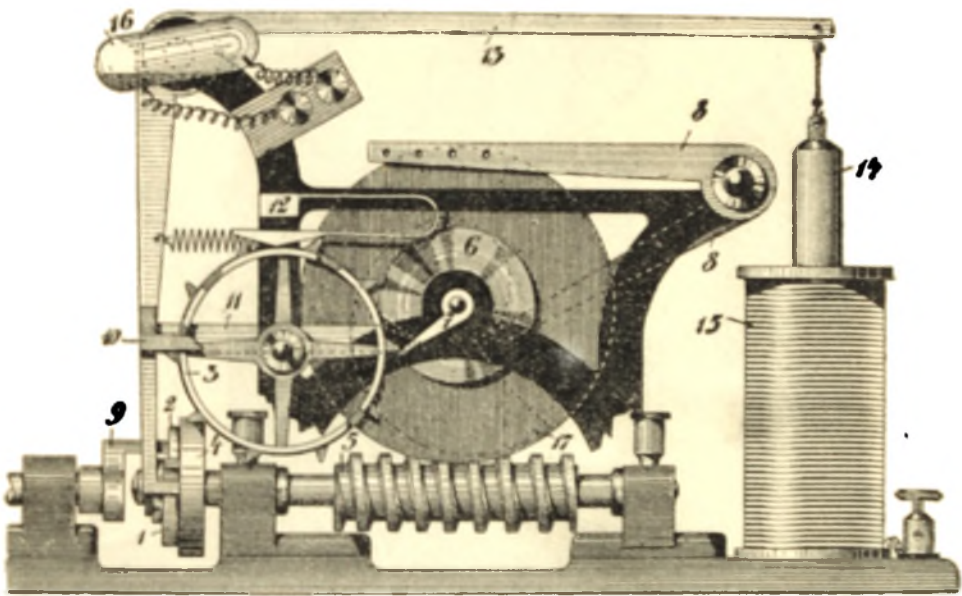


Fig. 326.

In ähnlicher Weise ist das Turmuhrschlagwerk von G. Krumm (Fig. 326, Viertelwerk) eingerichtet. Der Elektromotor ($1/10 - 1/3$ PS, je nach der Größe des Werkes) ist durch eine eigene Mitnehmervorrichtung mit der Schneckenwelle 5 gekuppelt, die in das Schneckenrad 17 eingreift. Hinter dem Schneckenrad, auf gleicher Welle befindet sich ein in der Abbildung punktiert gezeichneter Exzenter, der bei jeder Umdrehung des Schneckenrades den Hammerzughebel 8 hebt und fallen läßt. Vor dem Schneckenrad 17 ist die gewöhnliche Herzscheibe (6) der Laufräder normaler Schlagwerke befestigt und läßt in ihre Ausnehmung den Einfallhebel 10 mit seinem Arm 11 einfallen. 10 besitzt den horizontalliegenden Hebel 13, an dessen Ende der Kern 14 des Solenoids 15 hängt. Das

Solenoid ist in den Stromkreis des Kontaktes einer Nebenuhr geschaltet, der in jeder Stunde viermal geschlossen wird.

Durch den Zug des Kernes bei der Auslösung schwingt 13 nach abwärts, wobei die Quecksilberwippe 16 durch Neigen den Stromkreis für den Elektromotor schließt. Dieser läuft an und nimmt die Welle 5 mit, wobei sich auch das Schneckenrad dreht und durch Heben des Hebels 8 bei jeder Umdrehung einen Hammerstreich gibt. Der Zahn 7 wird daher bei jedem Hammerstreich die Schlußscheibe um eine Teilung weiterbewegen, nach dem letzten Schlage der Schlagwerkshebel 11, mit ihm 10 und 13 einfallen, wodurch auch 16 in seine Ruhestellung kommt, den Strom unterbrechend. Der Hebel 10 ergreift beim Einfallen die Sperrklinke 1 der Kupplung

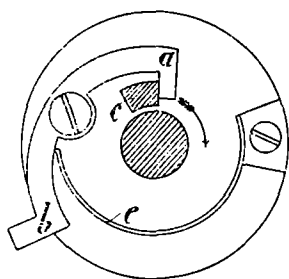


Fig. 327.

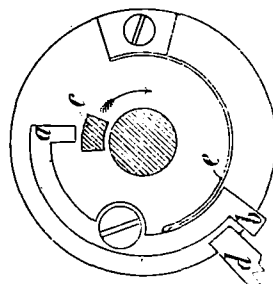


Fig. 328.

und dreht sie nach außen, wobei der Mitnehmerstift 9 der Motorwelle frei wird, und so lange leer läuft als wie der vom Antrieb herrührende Schwung anhält.

Gleichzeitig durch das Erfassen der Sperrklinke 1 ist aber die Schneckenwelle 5 arretiert, so daß das Schlagwerk steht. In den Fig. 327 und 328 ist die Kupplung in zwei Stellungen gezeigt, und zwar in Fig. 327 so, daß der Mitnehmersperrkegel ab durch den Druck der Feder e so gegen die Wellenmitte steht, daß er von dem Mitnehmer c der Motorwelle erfaßt und mitgenommen wird. In Fig. 328 ist der Einfallhebel 10 mit seiner Nase d so eingefallen, daß sich die Schneckenwelle durch die Nase b anstellt, wobei a nach außen geht, der Mitnehmer c der Motorwelle aber frei wird.

Signaluhren.

Die Stundensignalluhr von Direktor Josef Flamm (Fig. 329) stellt die einfachste Ausführungsform einer Signalluhr dar.

Auf dem Viertelrohre eines gewöhnlichen Gehwerkes ist ein isolierender Exzenter e angebracht, auf dem zwei Kontakthebel aufliegen. Diese Hebel sind übereinander gelagert, ihre Enden liegen nebeneinander auf dem Exzenter auf. Die Länge dieser Hebel ist so bemessen, daß der obere Hebel h etwas kürzer ist wie der untere h_1 , so daß, wenn sich das Viertelrohr in der Pfeilrichtung dreht, zuerst der obere Hebel abfällt und h_1 berührt, wobei ein Stromkreis geschlossen wird, sodann der untere abfällt, wodurch er wieder unterbrochen ist.

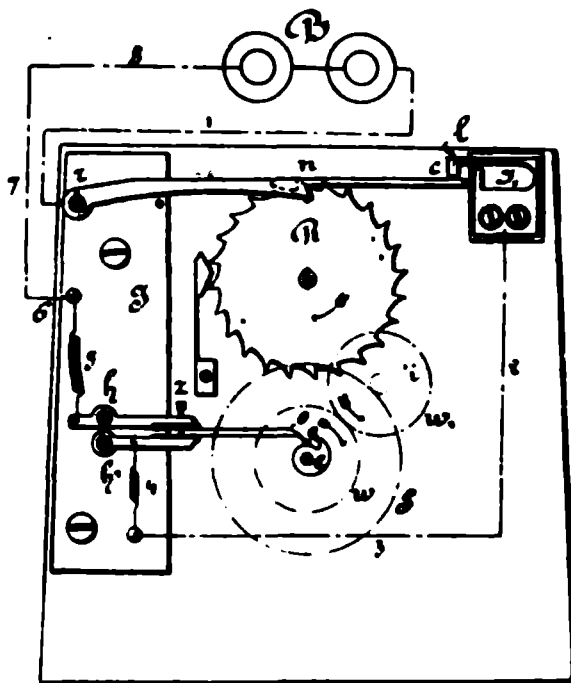


Fig. 329.

Um diesen Kontakt zu beliebigen Stunden wirken zu lassen, ist noch ein Unterbrecher in den Stromkreis geschaltet der an jenen Stunden, an welchen kein Signal ertönen soll, unterbrochen bleibt, sonst aber zur Kontaktzeit geschlossen ist.

Zu diesem Zwecke befindet sich ein 24zähliger Stern R in der Nähe des Wechselrades und wird jede Stunde einmal durch einen Wechselradstift um einen Zahn vorgerückt und durch eine Kippfeder gehalten. Der Hebel n liegt derart über R , daß er von dem in R eingesetzten Stift gehoben und gegen l gedrückt wird. Die Stifte befinden sich an jenen Stunden, welche das Signal bedürfen.

In diesen Stunden ist CI geschlossen wenn h auf h_1 fällt so daß der Strom durch die Leitung zur Klingel geht.

Die Signaluhr von M. Möller (Fig. 330) erlaubt für jedes Intervall von 5 Minuten innerhalb 24 Stunden ein Signal zu geben. Zu diesem Zwecke wird vom Zeigerwerke einer Mölleruhr ein 24ständiges Rad angetrieben, das an seinem Umfange kleine Schraubenlöcher eingebohrt hat, die voneinander eine Wegesentfer-

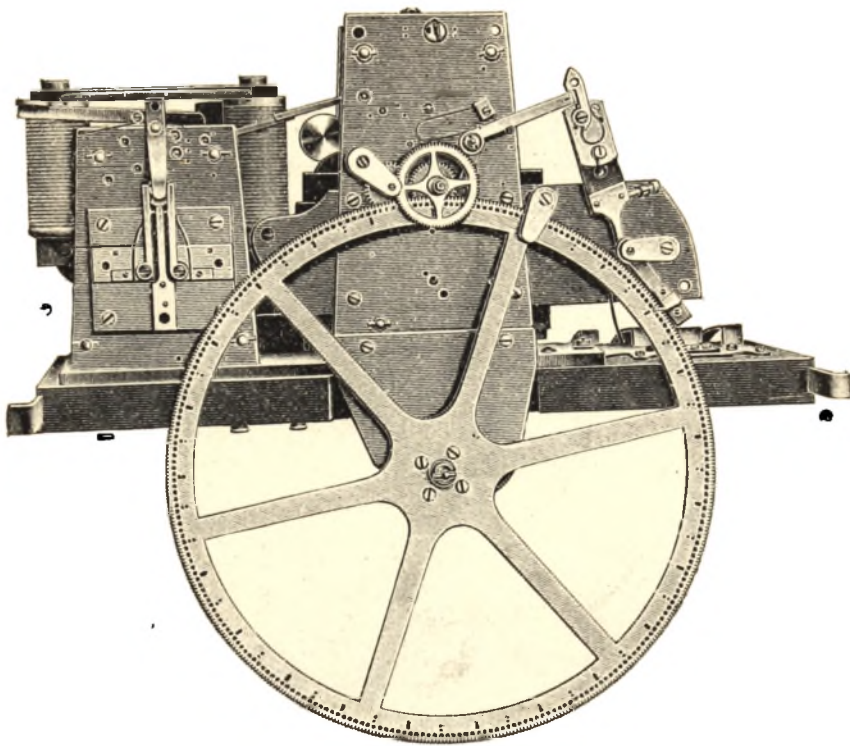


Fig. 380.

nung während der Raddrehung von 5 Minuten besitzen. Der rechts sichtbare Hebel in schräger Lage wird von den Stiften dieser Scheibe so nach dem Werke hinbewegt, daß der dortselbst etwas aus seiner horizontalen Lage durch Stifte des Wechsels gehobene Hebel, nach dem Verlassen derselben auf ihn auffällt und Kontakt gibt. Nach etwa 15 Sekunden fällt der horizontale Hebel ganz ab, wodurch der Strom unterbrochen wird. Unmittelbar darnach fällt auch der senkrechte ein und wenn der horizontale Hebel neuerlich gehoben wird, ist der Raum für seine Bewegung frei. Steht in den nächsten 5 Minuten kein Stift in der Bohrung der 25-Stundenscheibe so

bleibt der senkrechte Hebel außen und der horizontale fällt beim Abfallen vom Wechselstift frei ein. Durch Einschrauben dieser kleinen Stifte in die Kontaktscheibe kann also das Signal auf jede beliebige fünfte Minute der Tages- oder Nachtzeit eingestellt werden.

Die Signaluhr von Alfred Hahn für 15 Minuten Signale (Fig. 331) besitzt ein 24stündiges Rad das mit den entsprechenden Bohrungen für jede Viertelstunde versehen ist.

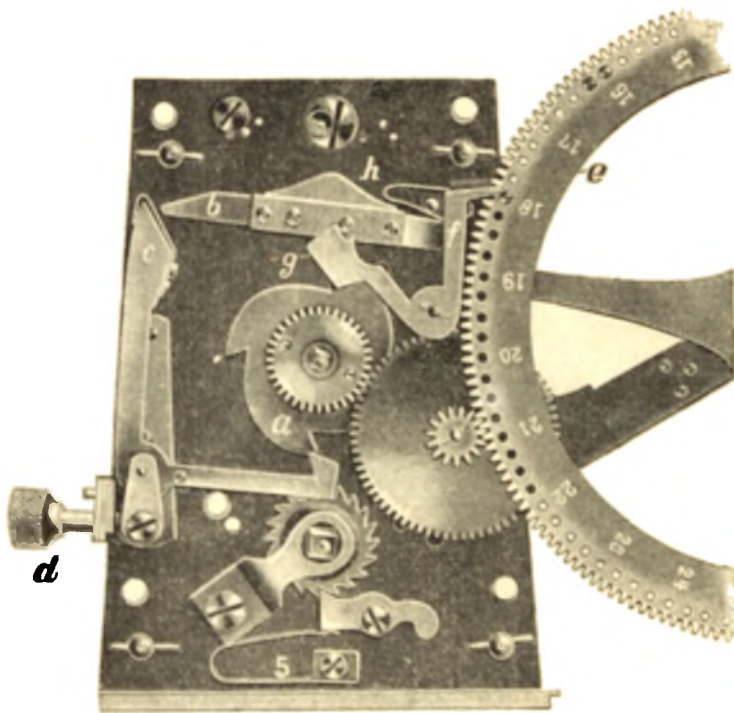


Fig. 331.

Der Wechsel trägt die Scheibe *a* mit 4 Zacken, durch welche die beiden Hebel *h* und *C* aus ihrer Ruhelage gehoben werden und nach Verlassen der Zahnspitzen wieder in dieselbe zurückfallen.

Dies geschieht aber nicht gleichzeitig, sondern zuerst vom Hebel *h*, der mit seiner Spitze *b* auf die Feder von *C* fällt und den Stromkreis schließt. Etwa 20 Sekunden darnach fällt auch der Hebel *C* ein und unterbricht den Kontakt.

Da aber der Kontakt nicht jede Viertelstunde geschlossen zu werden braucht, sind in den entsprechenden Stellen der 24-Stundenscheibe Stifte eingeschraubt, welche erst den Vorfallhebel *F* beiseite schieben, damit *h* einfallen kann.

Die Uhr mit 5 Minutenkontakt derselben Firma (Fig. 332) und Vorrichtung zum Ausschalten der Nachtzeiten trägt eine 12-stündige Scheibe mit den in Intervallen von je 5 Minuten eingebohrten Schraubenlöchern.

Auf dem Viertelrohr ist daher eine 12zählige Scheibe zur Betätigung der beiden Kontakthebel h und c, und außer dem Hebel f ist noch ein zweiter Arretierungsarm n vorhanden, der während der Nachtzeiten den Hebel c oben hält.

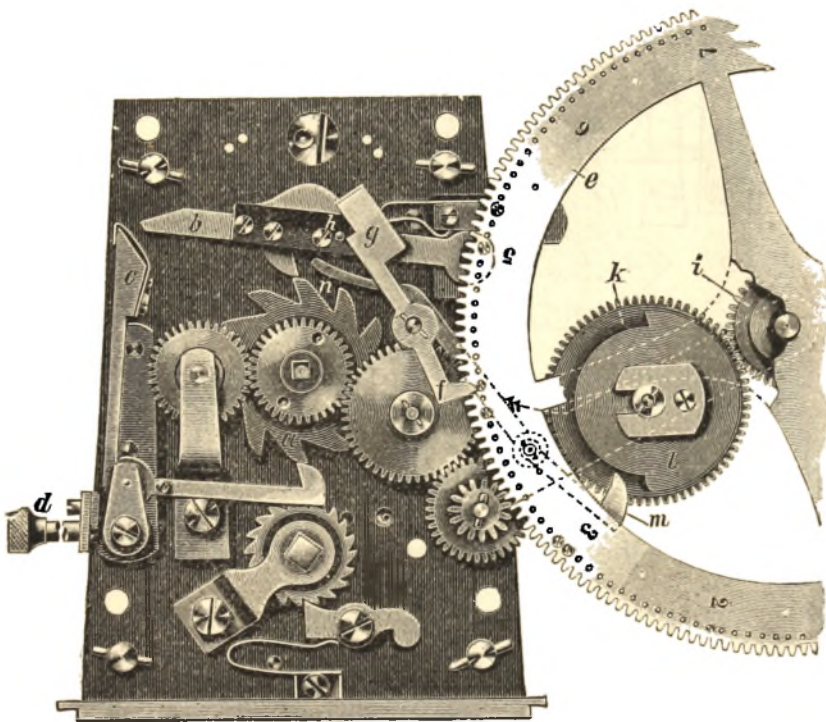


Fig. 332.

Die Funktion des Kontaktes ist sonst dieselbe wie bei der vorhergehenden Uhr.

Eine Signaluhr von A. Hahn für 2 Linien, von denen jede gesondert oder zu gleichen Zeiten Signale bekommt, ist schematisch in Fig. 333 dargestellt. Die 24stündige Signalscheibe sitzt auf der Brücke, die auf ihrer Verlängerung den 7zähligen Stern W trägt. Dieser wird von der 24stündigen Scheibe in Bewegung gesetzt und vermittelt durch Stifte und zwei Schleiffedern den Stromübergang von den Kontakten in die zwei Linien für jeden bestimmten Tag oder die Unterbrechung desselben für irgend eine Linie an

irgend einem Tage der Woche. Der Kontakt he ist derselbe wie bei den vorhergehenden Uhren, nur fällt hier der Hebel h in jeder

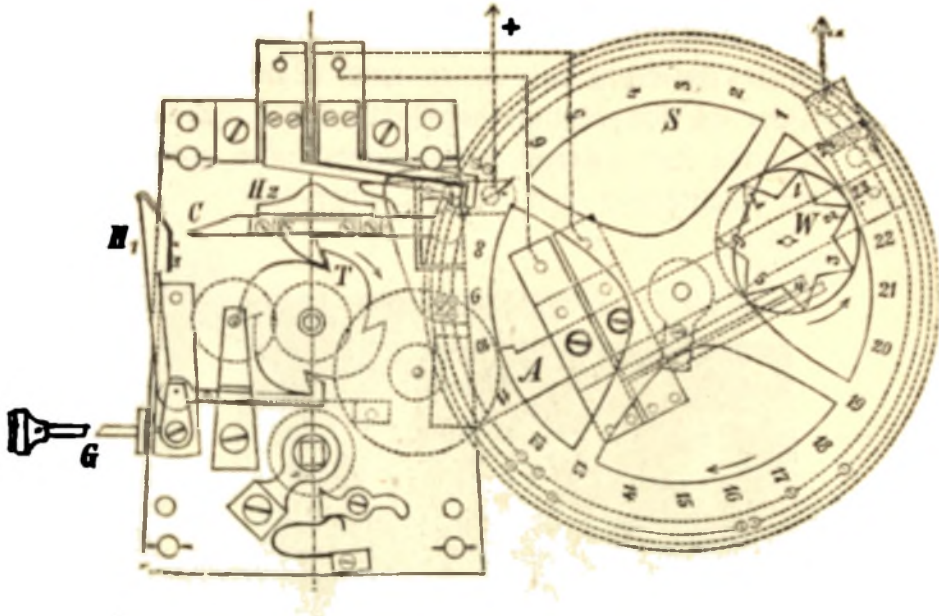


Fig. 333.

Viertelstunde ein und der Strom findet nur dann einen geschlossenen Leiter, wenn die beiden Schleiffedern am 24 stündigen Rade die in dasselbe eing Bohrten Stifte berühren.

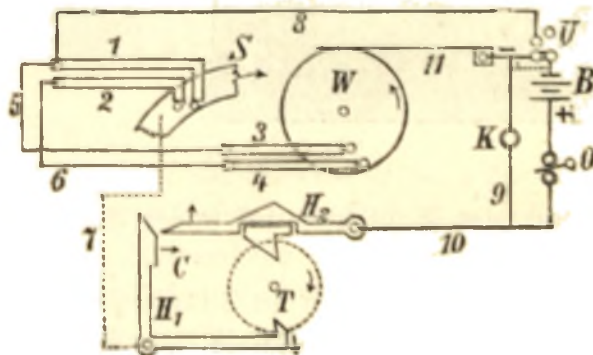


Fig. 334.

Den zwei Linien entsprechend sind auf dem 24 stündigen Rade auch zwei konzentrische Reihen von Stiftlöchern vorgesehen, so daß für jede Linie, jede Viertelstunde des Tages oder der Nacht eingestellt werden kann. In Fig. 334 ist das Leitungsschema ersichtlich.

Bei den Signaluhren der Firma C. Bohmeyer (Fig. 335) ist die Werkplatte, mittels der das Uhrwerk auf den Stützen angeschraubt wird, von diesen isoliert. Von der einen Stütze geht eine leitende Verbindung zu einem der beiden Hebel für den Kontakt, dem Hebel k, der von der Werkplatte und dem Rade, in dessen Zähne er eingreift, isoliert ist. Der zweite Kontakthebel

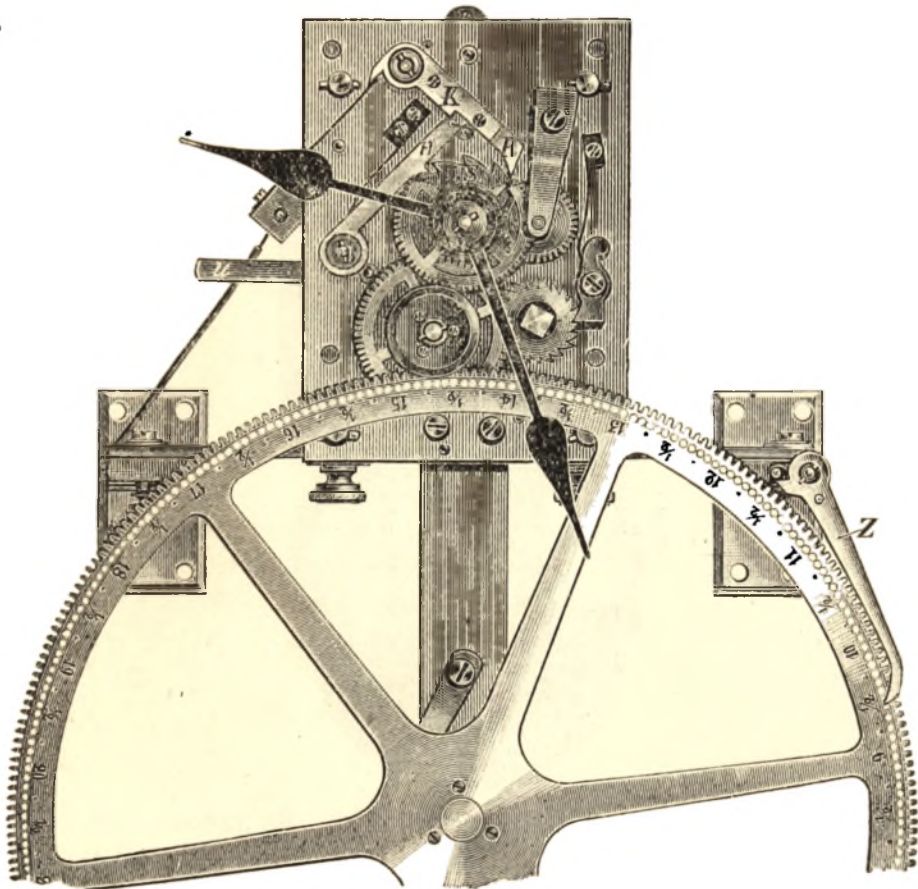


Fig. 335.

h greift gleichfalls in dasselbe Rad, ist jedoch so eingestellt, daß er etwas später über den Zahn desselben abfällt, als der Kontakthebel k.

Dadurch wird der Hebel k längere Zeit auf dem Stifte des Hebels h liegen. Der Strom geht also von der linken Werkstütze in den Hebel k, von k in den Hebel h, von diesem in die Werkplatte und durch die am Mittel der 24stündigen Scheibe schlei-

fende Feder in diese und durch einen eventuell eingesetzten Stift über den Hebel z in die zweite Werkstütze und von da in die Leitung. Es geht also nur dann ein Strom durch, wenn an der betreffenden Stelle der 24stündigen Scheibe ein Stift eingesetzt war. Die Signalscheiben sind bei diesen Uhren entweder für Intervalle von je $2\frac{1}{2}$, 5 oder 15 Minuten eingeteilt.

Die Signaluhr von H. Aron (Fig. 336) besitzt die Kontakte derart angeordnet, daß sie, ohne das Zifferblatt zu entfernen, jeder-

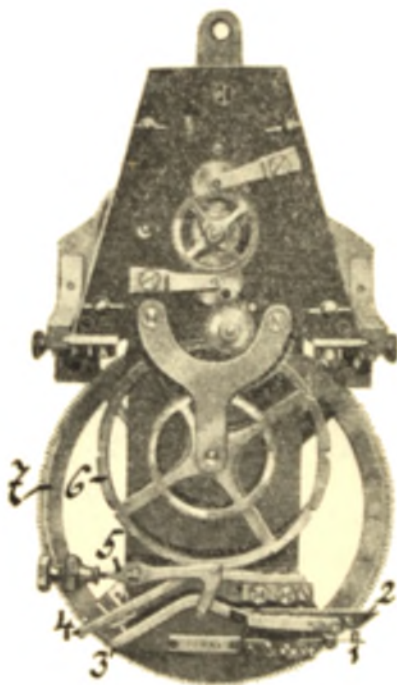


Fig. 336.

zeit ohne Betriebsstörung zugänglich sind. Es lassen sich daher alle, die Kontakte betreffenden Reinigungsarbeiten ohne viel Zeitverlust bewerkstellen.

Das Uhrgestell ist nach unten durch eine Platte verlängert und trägt unter einem Kloben nach vorn gerichtet die Kontaktscheibe, die natürlich dadurch sehr groß ausfällt. Diese Scheibe besitzt so viele Einschnitte, als Kontakte per Stunde verlangt werden können, also gewöhnlich 12. Etwas weiter unten ist das Lager der 24stündigen Scheibe, die aber nach rückwärts gerichtet ist, und an ihrem Umfange die Bohrungen zur Aufnahme der Kontaktstifte trägt. Der Kontakt ist am untersten Ende der Platte

montiert und besteht aus dem Hebel 5, der mit einer Nase in die Kontaktscheibe einfällt und ein regulierbares Gegengewicht trägt.

Dieser Hebel greift mit einem Stift unter den eigentlichen Kontakthebel 3 und wird ihn jedesmal, so oft er in einen der Einschnitte der Kontaktscheibe fällt, heben. Dadurch kommt dieser Hebel mit der am Hebel 4 befindlichen Kontaktfeder in Berührung und würde einen Strom schließen, wenn nicht noch eine unterbrochene Stelle im Stromkreis wäre, nämlich die bei 1 und 2. Ist

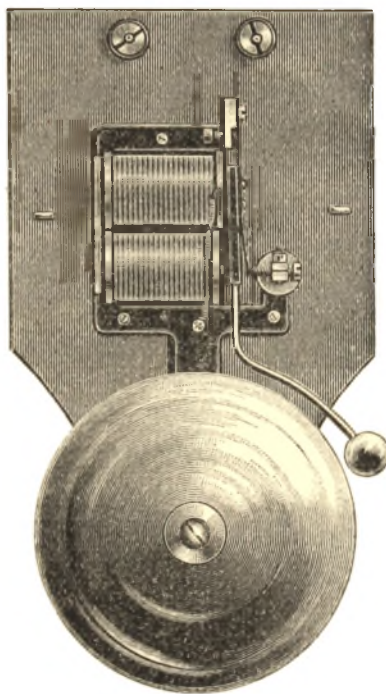


Fig 337.

an der betreffenden Stelle der 24stündigen Scheibe ein Stift eingebohrt, so wird der Hebel 1 mit seiner Feder gehoben und wenn nun auch 3 durch 5 gehoben wird, kommt der Gegenschwung 2 von 3 mit 1 in Berührung. Der Stromkreis ist vollständig geschlossen.

Bei den Signaluhren handelt es sich gewöhnlich darum, die Signale von einer Zentrale aus an verschiedene, oft räumlich sehr getrennte Stellen zu übertragen. Dann hängt natürlich die Ausführung der Signale von deren Zweck ab.

Der Zweck des Signales ist natürlich gehört zu werden und da muß man mit der Bestimmung der Apparate recht vorsichtig sein, daß sie diesen Zweck erfüllen, ohne des Guten zuviel zu tun.

Es gibt manche Betriebe, in denen kaum ein Signal laut genug ist um hörbar zu sein. Dann muß man in der Wahl der Apparate so vorgehen, daß man den Ton des Signals in einen möglichst großen Kontrast zu dem Lärm der Betriebsstätte bringt. So zum Beispiel

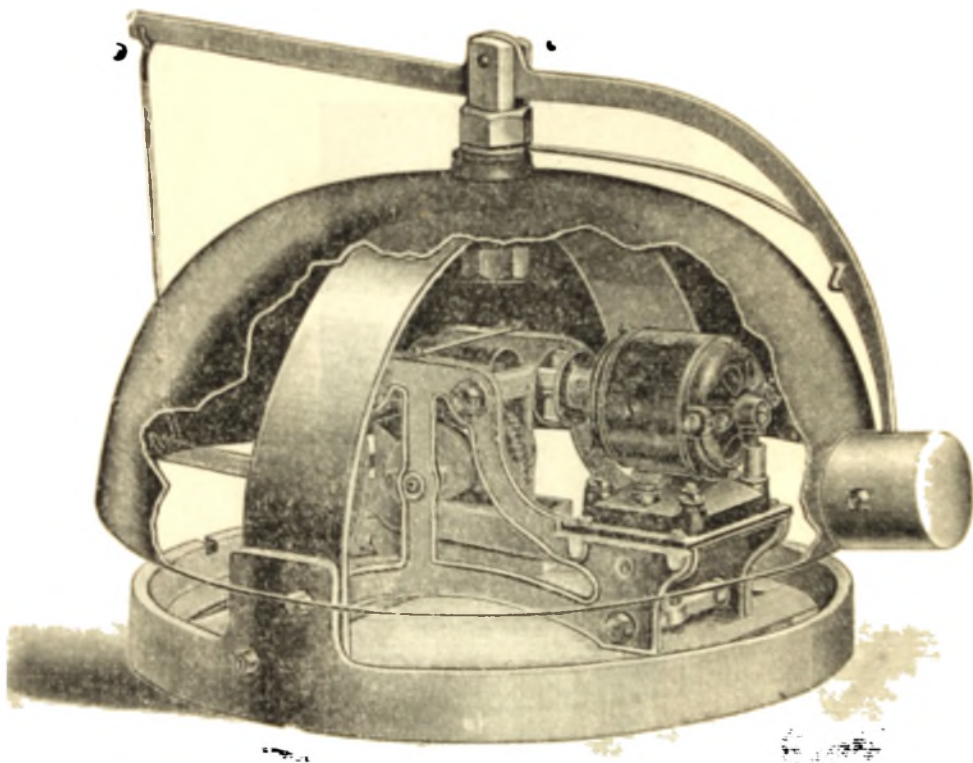


Fig. 338.

wird man in Arbeitssälen der Spinnereien, in denen ein ohrenbetäubender Lärm ziemlich hoher Töne herrscht, (Drehung der Spindeln) Signale, die möglichst tief gestimmt sind, also wo möglich tiefe elektrische Sirensignale geben, in Kesselschmieden und anderen Arbeitsstätten wieder hochgestimmte Glocken mit möglichst schrillum Ton. Eine derartige Signalglocke zeigt Fig. 337. Für Fabrikhöfe, von denen aus das Signal in allen Arbeitsräumen zu hören sein soll, verwendet man Motorläutewerke wie sie die Firma C. Bohmeyer (Fig. 338) baut. Dieses Läutewerk wird durch Stark-

strom angetrieben, kann daher nicht ohne weiteres an die Signaluhr angeschlossen werden. Man nimmt zu diesem Zwecke ein Relais, welches in den Schwachstromkreis der Signaluhr angeschlossen ist und durch die von derselben ausgesandten Ströme betätigt wird. Ein solches Relais ist in Fig. 339 abgebildet und besteht

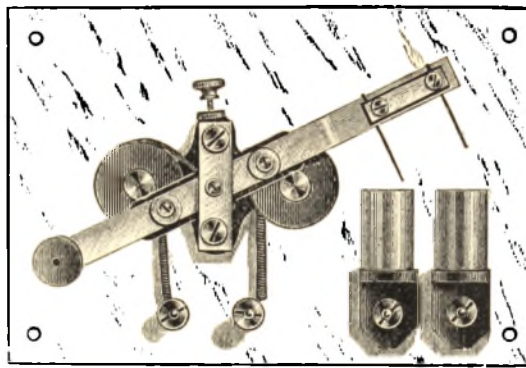


Fig. 339.

aus einer Marmorplatte, auf der ein Elektromagnet mit schwingendem Anker befestigt ist. Auf dem Hebelarm dieses Ankers ist eine Kontaktvorrichtung isoliert aufgeschraubt, die aus einem Metallsteg mit zwei nadelartigen Spitzen besteht. Unterhalb dieser Spitzen, gerade in der Lage, daß die Spitzen bei angezogenem

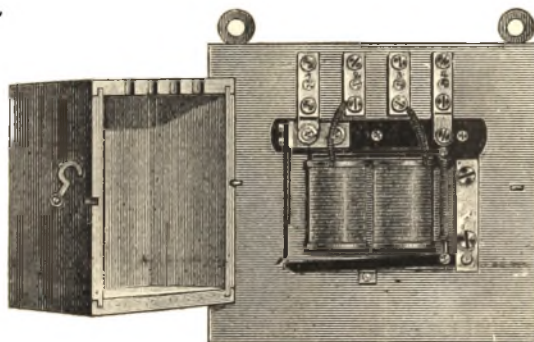


Fig. 340.

Anker eintauchen müssen, stehen zwei Quecksilbergefäße, die durch Klemmen mit der Starkstromleitung verbunden sind. Bei angezogenem Anker werden also die beiden Spitzen mit dem Metallsteg die beiden Quecksilbergefäße verbinden, wodurch der Strom geschlossen ist. Das Unterbrechen geschieht durch Zurückschwingen des Ankers.

Sollen in den Stromkreis einer Signaluhr viele Glocken angeschlossen werden oder größere Glocken darunter sein, die mehr Strom brauchen, so müssen gleichfalls in die Linie Relais eingeschaltet werden, um die Kontakte der Signaluhr zu schonen. Diese Relais werden mit Reibungskontakt ausgeführt. Fig. 340.



Die Untersuchung der Leitungen.

Jede Leitung muß nach ihrer Fertigstellung, vor ihrer Verwendung untersucht werden. Diese Notwendigkeit ergibt sich aber nicht nur bei neuen Leitungen, sondern sehr häufig bei schon bestehenden Anlagen, woselbst bei Betriebsstörungen die Untersuchung zwecks Auffinden des Fehlers vorgenommen werden muß.

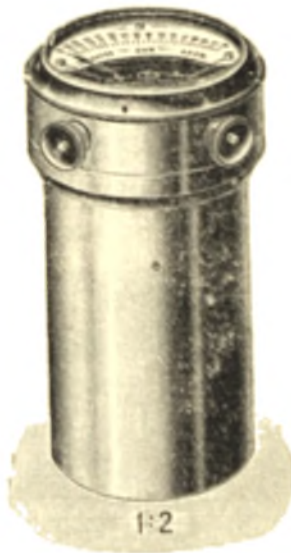


Fig. 341.

Die Prüfungen erstrecken sich bei neuen Leitungen auf die Untersuchungen ihrer sorgfältigen und haltbaren Montage, ferner auf die Verbindungen, deren Kontakte, den Gesamtwiderstand der Leitung und den Isolationswiderstand.

Die Überprüfung der Montage ergibt sich von selbst. Die Untersuchung auf ihren Schluß muß aber mit einem Hilfsinstrumente

vorgenommen werden, welches in Fig. 341 abgebildet ist. Dieses besteht aus einem Trockenelement, welches in einem zylindrischen Schutzgehäuse eingebaut ist und an einer Stirnseite ein Galvanometer trägt. Man schließt zur Untersuchung alle offenen Stellen der Leitung kurz bis auf die zwei Enden beim Anschlusse der Stromquelle, statt welcher man den Apparat einschaltet. Der

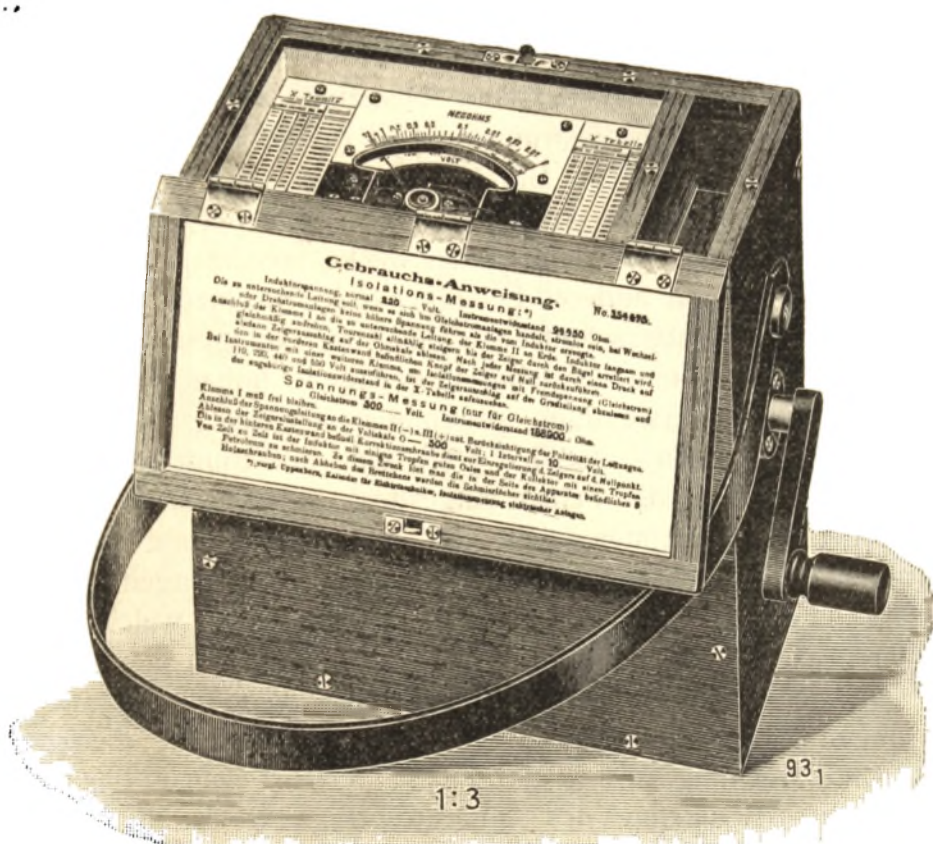


Fig. 342.

Kontakt der Hauptuhr, bzw. der Nebenapparate muß geschlossen sein, weil sonst natürlich durch die Leitung kein Strom gehen könnte. Sind mehrere Apparate parallel an diese Leitung angeschlossen, so müssen diese Abzweigungen, welche bei der ersten Überprüfung verbunden waren, nun unterbrochen werden, wofür man die beiden Enden, an die der Apparat zuerst angeschlossen war, schließt. Diese Abzweigungen prüft man nun einzeln mit dem Galvanometer, und findet unterbrochene Stellen dadurch, daß das Galvanometer keinen Ausschlag gibt.

Der Widerstand der Leitung wird in der bekannten, schon im Kapitel „Widerstandsmessungen“ beschriebenen Art gefunden, die Isolationsprüfung mit dem in Fig. 342 gezeigten Instrument vorgenommen. Dieses Instrument besteht aus einem sehr empfindlichen Ampèremeter und einer Stromquelle, die mit stets konstanter Spannung das Instrument erregt. Die Eichung des Instrumentes erfolgt direkt in Ohm, da die Spannung stets gleich und i w, der Spannungsverlust, dem Widerstände proportioniert ist.

Da der Isolationswiderstand bestimmt wird, schließt man die eine Klemme des Instrumentes an irgend eine gut geerdete Leitung an, entweder eine Blitzableiteranlage oder Wasserleitung usw., die andere Klemme wird mit einem Ende der zu prüfenden Leitung verbunden, die zu diesem Zwecke von allen, eventuellen Zuleitungen, die mit anderen Leitungen oder Stromzuführungen in Verbindung stehen abgeschaltet, dagegen in sich kurzgeschlossen wurde. Ist der Isolationswiderstand ein genügend hoher, so kann die Leitung nun in Verwendung genommen werden, ist der Widerstand aber so gering, daß auf fehlerhafte Isolierung geschlossen werden kann, wird der Fehler aufgesucht, indem man ihn vorerst durch detailliertes Untersuchen mit dem Instrumente begrenzt, wobei man die Leitung durch Öffnen der Verbindungen in Teile zerlegt und so auf jene Strecke kommt, in welcher der Fehler liegt.

In gleicher Weise wird auch verfahren, wenn durch Leitungsstörungen eine Betriebsstockung eingetreten ist. Ist diese auf eine Unterbrechung zurückzuführen, so verfährt man in bekannter Weise unter Benutzung des Apparates (Fig. 341) ist die Störung durch Ableitung des Stromes in die Erde erfolgt, so muß die Fehlerstelle in der Isolierung aufgefunden werden.

Wärmemelder- und Ausschalter.

Zu verschiedenen Zwecken werden Apparate gebaut, welchen die Aufgabe zufällt, entweder bei bestimmten Maximal oder Minimaltemperaturen Signale zu geben oder Stromkreise ein, bzw. auszuschalten.

Die erste Art besteht gewöhnlich aus einem Thermometer, dessen Quecksilbersäule bei dem gewünschten Stand durch Berühren eines eingeschmolzenen Platindrahtes einen Stromkreis zu

schliessen oder zu unterbrechen hat, welcher entweder ein Signal ertönen läßt oder aber ein Relais betätigt, das diese Schaltung hervorbringt.

Die Anwendungsfälle ergeben sich in der Zeitlegraphie darin, daß direkt an Starkstrom angeschlossene Magnetspulen bei höherem oder andauerndem Stromdurchgang, der sich unbeabsichtigt ergibt, durch die starke Erwärmung leiden können. Da sich unmittelbar auch in der Umgebung der Spule die Luft erwärmt, so wird ein in der Nähe der Spule angebrachtes Thermometer die Erwärmung anzeigen und entweder in der beschriebenen Weise durch

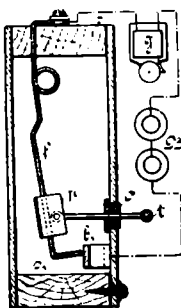


Fig. 343.

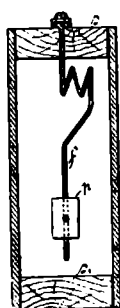


Fig. 344.

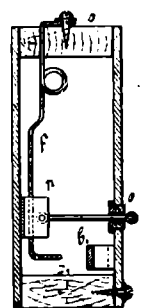
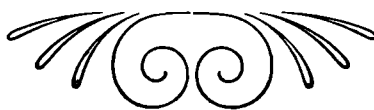


Fig. 345.

Abgabe eines Signales zur Kenntnis bringen, noch besser aber durch Betätigung eines Schalterrelais den Strom unterbrechen. Zur Erhöhung der Sicherheit kann man dem Magnet auch eine mit etwas feinerem Drahte gewickelte Spule vorschalten, durch deren Loch das Thermometerrohr hindurchgeht.

Eine sehr einfache Vorrichtung zeigt auch die Fig. 343 bis Fig. 345. Hier ist ein Draht zu einer Spirale aufgewickelt und drückt mit einem längeren freien Ende auf einen Kontaktteil. Der Draht wird von Strome durchflossen und krümmt sich bei der Erwärmung, so daß er vom Kontaktteil weggeführt wird und den Strom unterbricht.



Tafel I

Ladeschalttafeln mit Gleitwiderständen der Firma Abrahamsohn in Berlin.

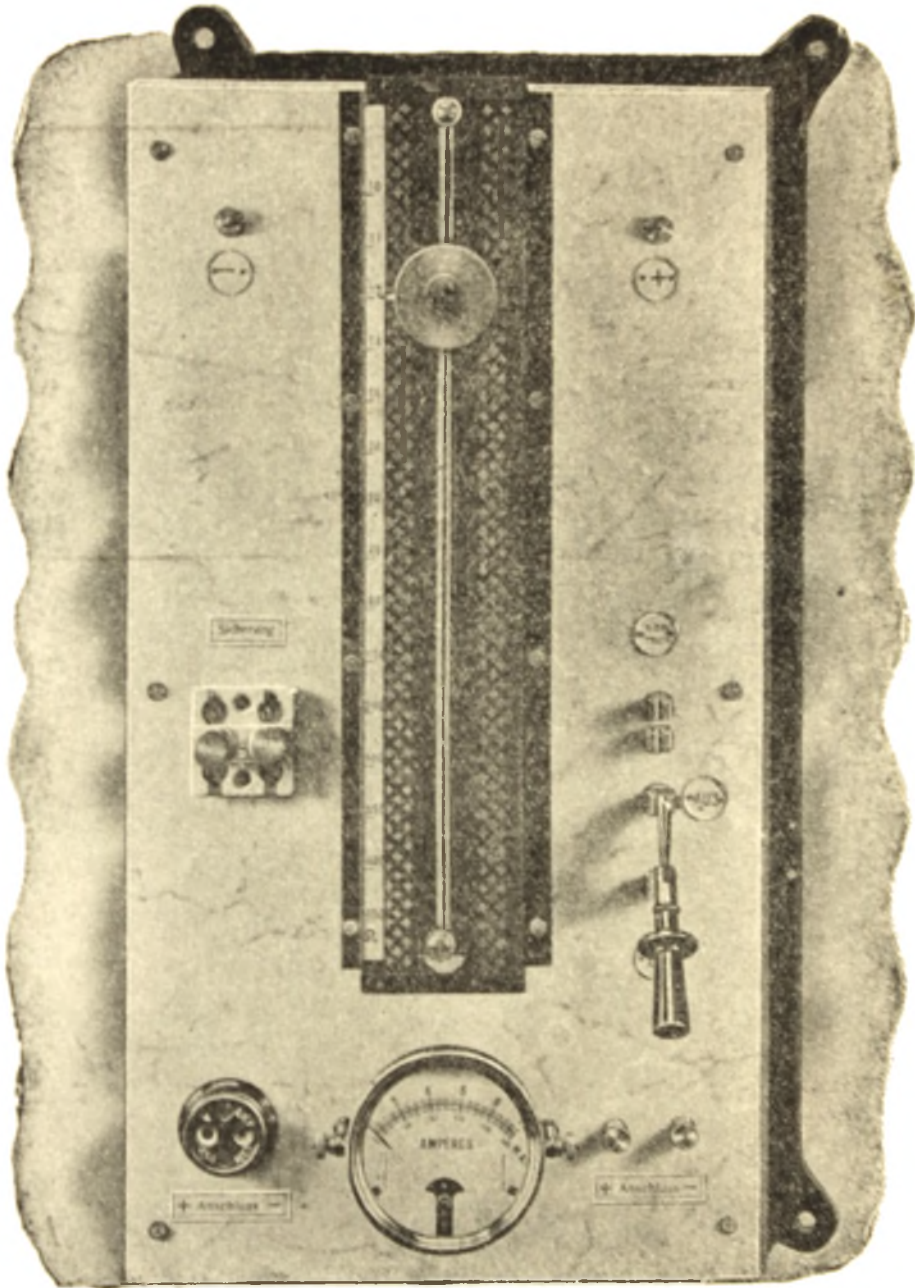


Fig. 1.

Beschreibung: $+$ und $-$ an dem oberen Teile sind die Anschlußklemmen für die Gleichstromleitung. In der Mitte ist ein

Gleitwiderstand von 0 — 450 Ohm, links die Sicherungen der Starkstromleitung, rechts ein einpoliger Ausschalter montiert.

Unten befinden sich die Anschlußklemmen und ein Steckkontakt für die Batterie eventuell für Instrumente, in der Mitte ist ein Ampèremeter zum Messen der Ladestromstärke montiert.

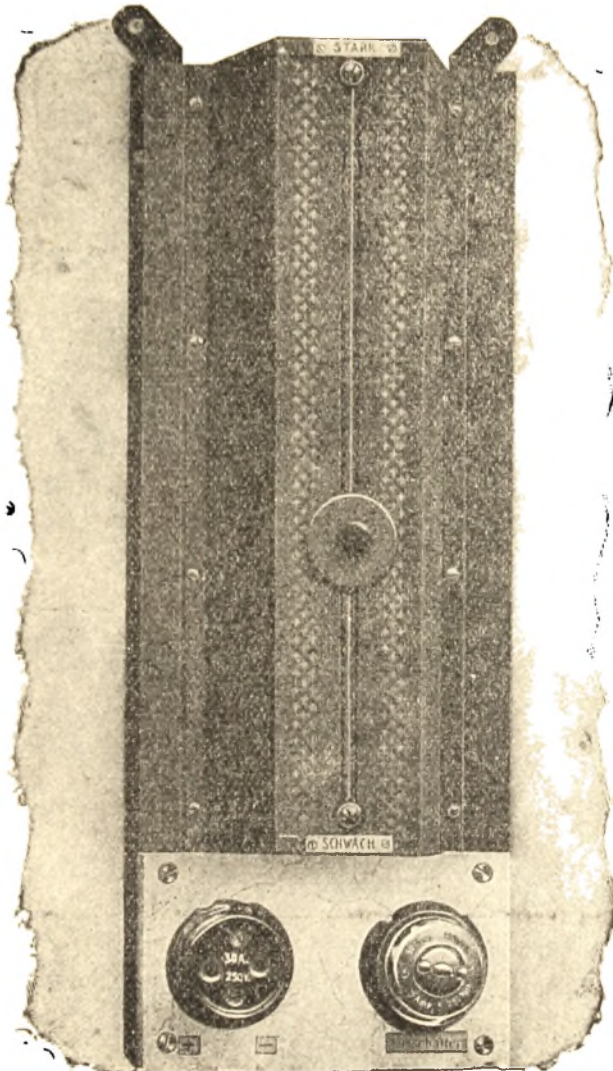


Fig. 2.

Einfache Ladeschalttafel mit gewöhnlichem Ausschalter.

Anschluß der Batterie an den Steckkontakt, nicht geachteter Gleitwiderstand.

Tafel II

Ladeschalttafeln der Firma Th. Wagner in Wiesbaden.

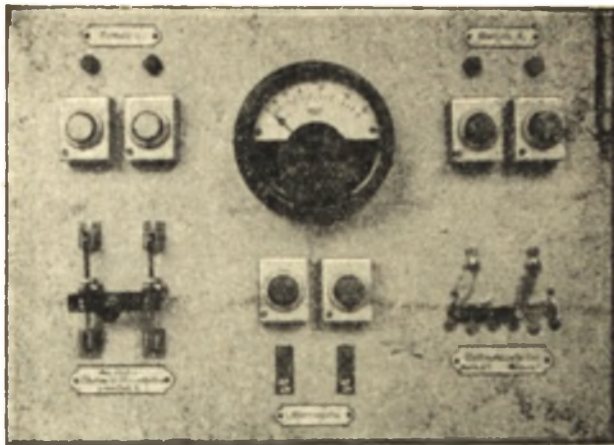


Fig. 1.

Schalttafel für Ladung zweier Batterien, 1 doppelpoliger Umschalter ohne Unterbrechung, 1 Voltmeter, Umschalter für dasselbe zu jeder Batterie, Abschmelzsicherungen.

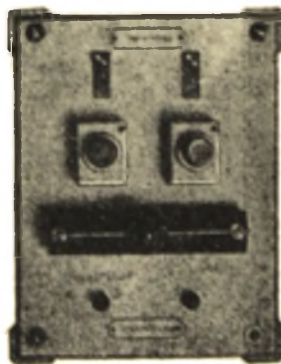


Fig. 2.

Ladeschalttafel für eine Batterie, mit Gleitwiderstand und 2 Sicherungen.

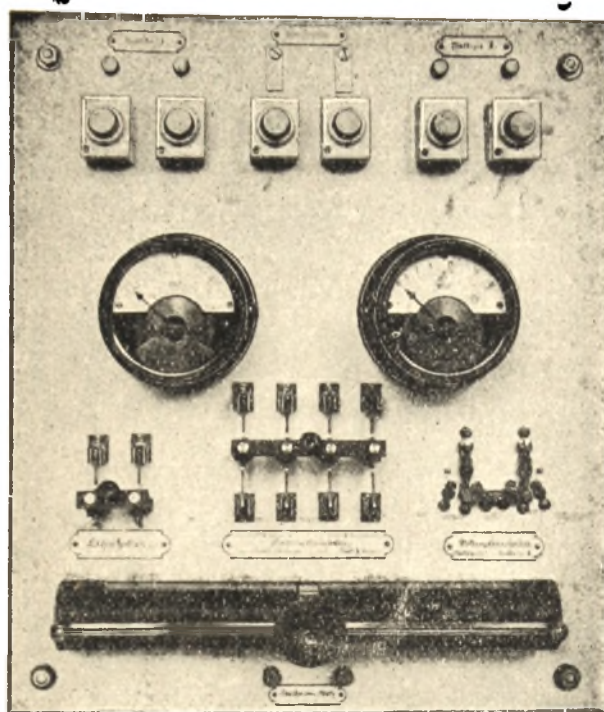


Fig. 3.

Ladeschalttafel für 2 Batterien jede Leitung 2polig gesichert, 2 Umschalter, ein Ausschalter, 2 Umschalter der Instrumente für die Einschaltung in jedem Stromkreis. 1 Ampèremeter, 1 Voltmeter, 1 Gleitwiderstand.



Fig. 4

Die Ladeschalttafeln können auch zweckmäßig mit einem Stromrichtungsanzeiger versehen werden, der durch Ablenkung der Magnetnadel die Stromrichtung anzeigt.

Tafel III

**Schalttafel und Kontrolleinrichtungen der Firma
Th. Wagner in Wiesbaden.**

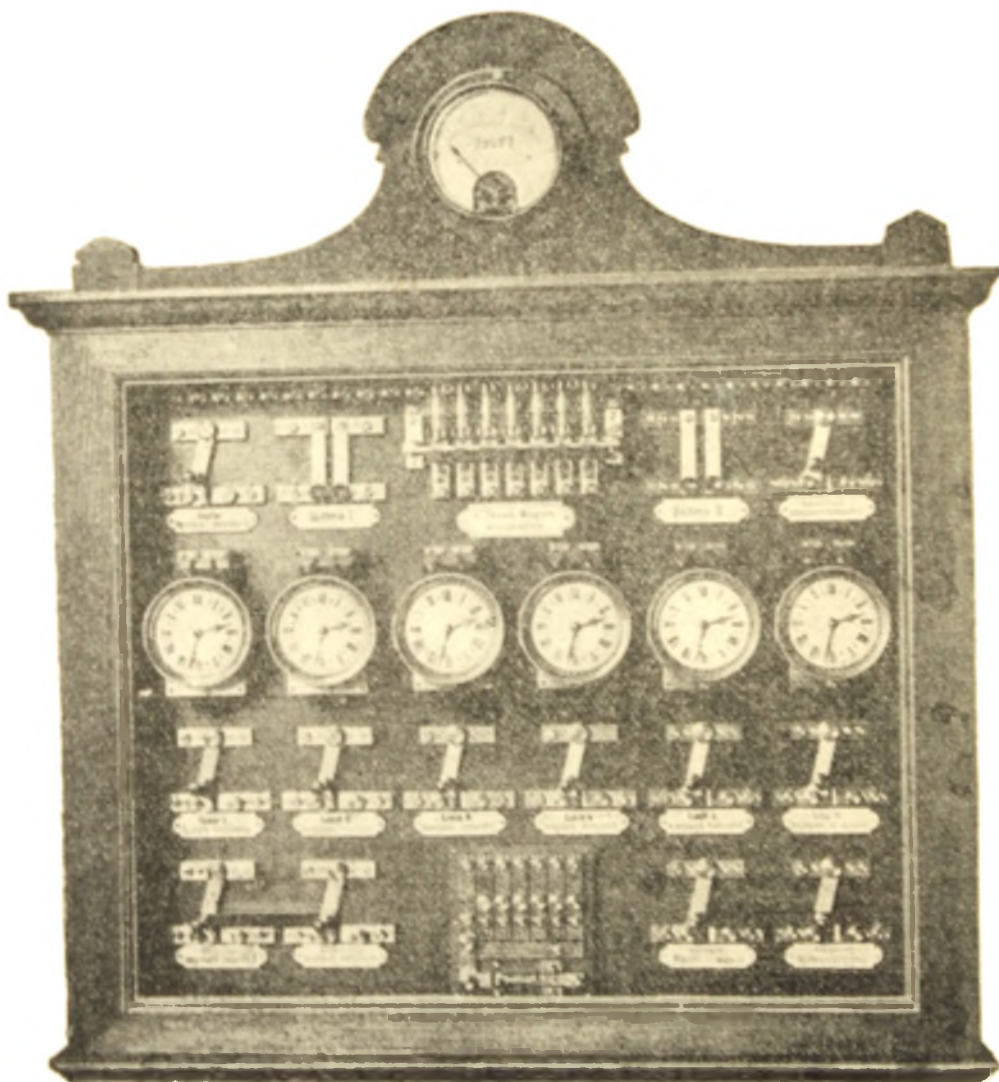


Fig. 1.



Fig. 2.

Spannungsprüfer für Batterie und Reservebatterie.

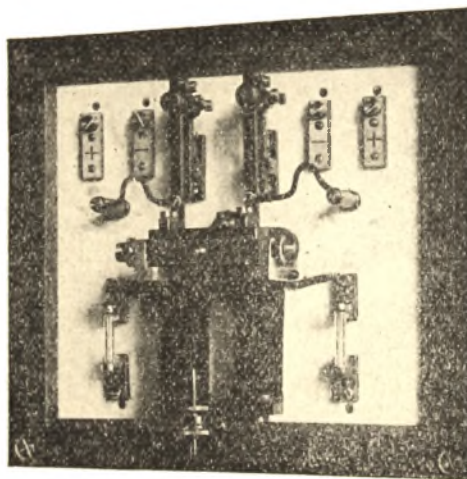


Fig. 3.

Starkstromrelais der Firma Th. Wagner.

Tafel IV
Ladeschaltaeln der Firma Siemens & Halske.

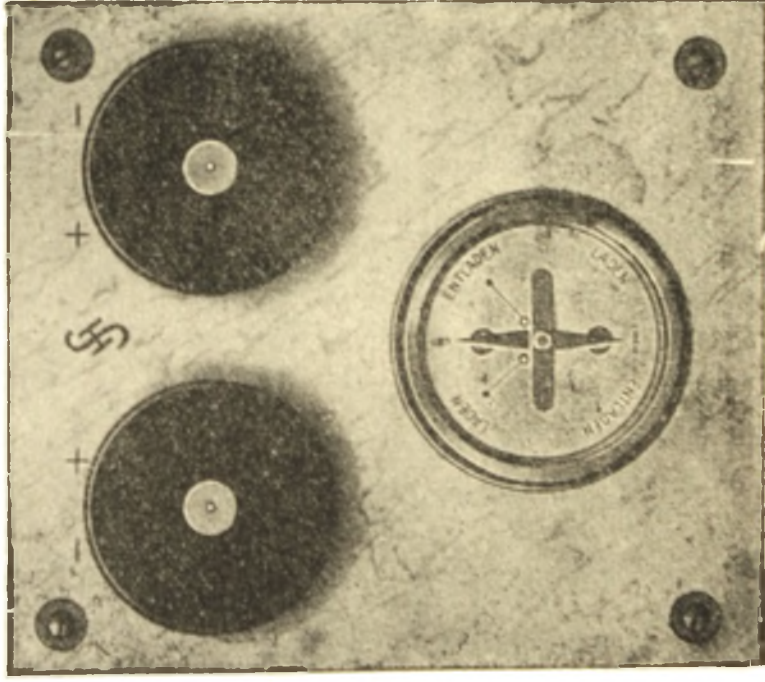


Fig. 1.

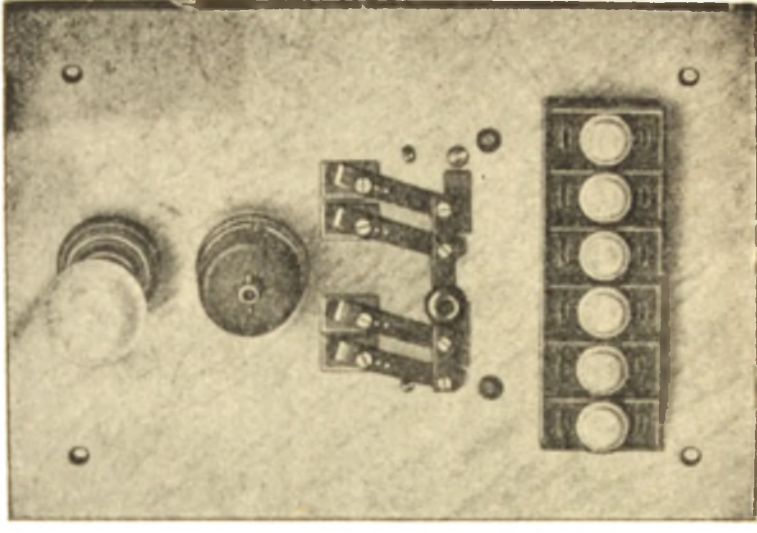


Fig. 2.

“ Ladeschalttafel nach Fig. 1, aus Marmor, für konstante Ladung, Größe 23×26 cm, mit auf der Tafel montiertem Stromrichtungsanzeiger, Vorschaltwiderstand, Sicherungen und Klemmen.

Ladeschalttafel nach Fig. 2, aus Marmor, Größe 44×33 cm, zur Aufladung einer Akkumulatorenbatterie nebst gleichgroßer Reserve, mit auf der Tafel montiertem Ladeschalter ohne Stromunterbrechung, Ausschalter für max. 6 Amp. bei 250 Volt, Glühlampenwiderstand mit Fassung, Sicherungen und Klemmen.

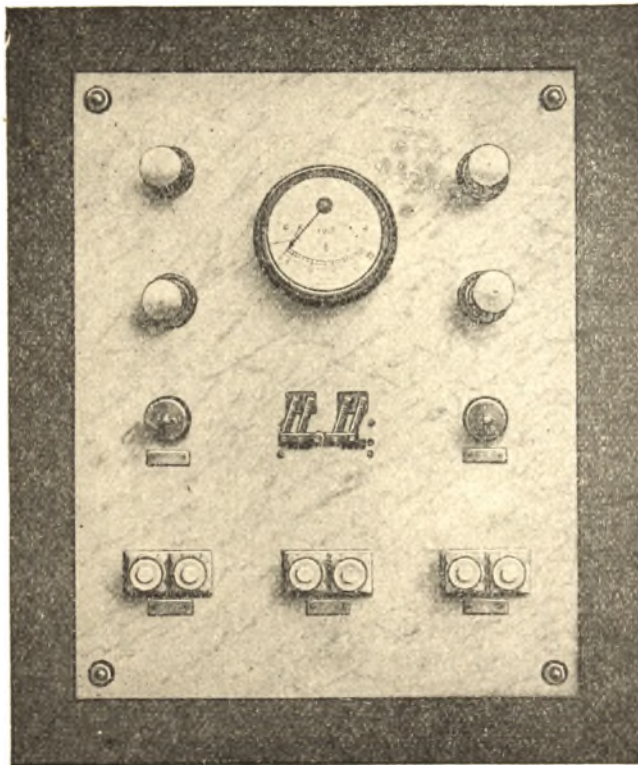


Fig. 3.

Ladeschalttafel nach Fig. 3, aus Marmor mit Eichenholz-Umrahmung, Größe 100×120 cm, mit folgenden aufmontierten Apparaten: 1 Lade- und Entladeschalter ohne Stromunterbrechung, 1 Ausschalter für max. 6 Amp. bei 250 Volt, 1 Präzisions-Voltmeter, 1 Voltmeterumschalter, 4 Glühlampenwiderstände mit Fassung und Hahn, 6 Sicherungen für die doppelte Sicherung des Netzes und der Batterien.

Tafel V

Schalttafeln der Firma C. Riefler in München.

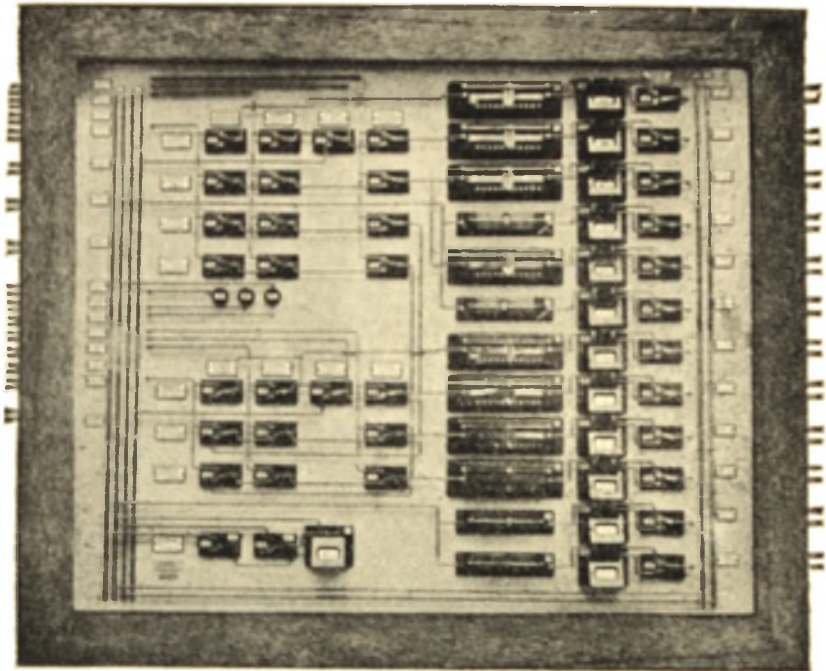


Fig. 1.

Schalttafel der Uhrenanlage in Uccle.

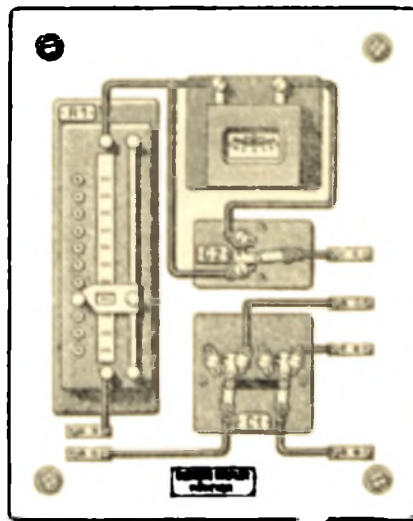


Fig. 2.

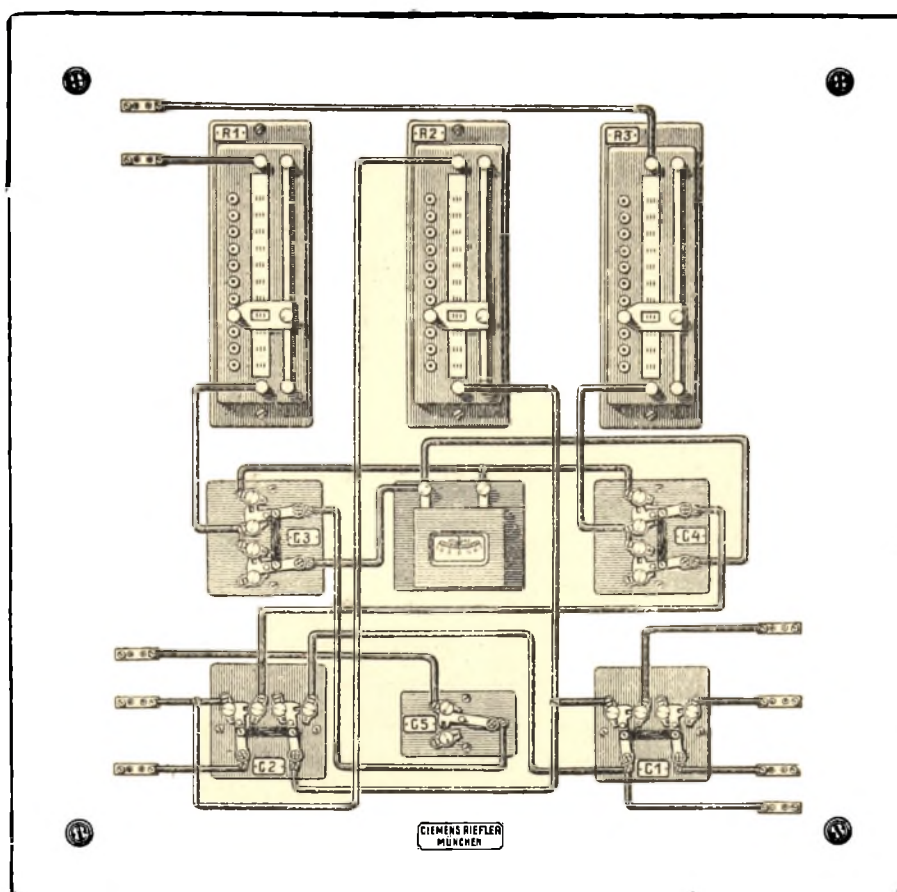


Fig. 3.

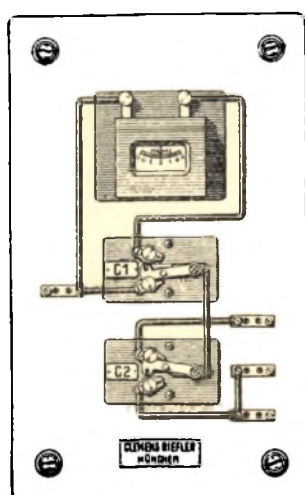


Fig. 4.

Tafel VI

**Kombinierte Verteilungs- und Ladeschalttafel der
Firma C. Riefler in München.**

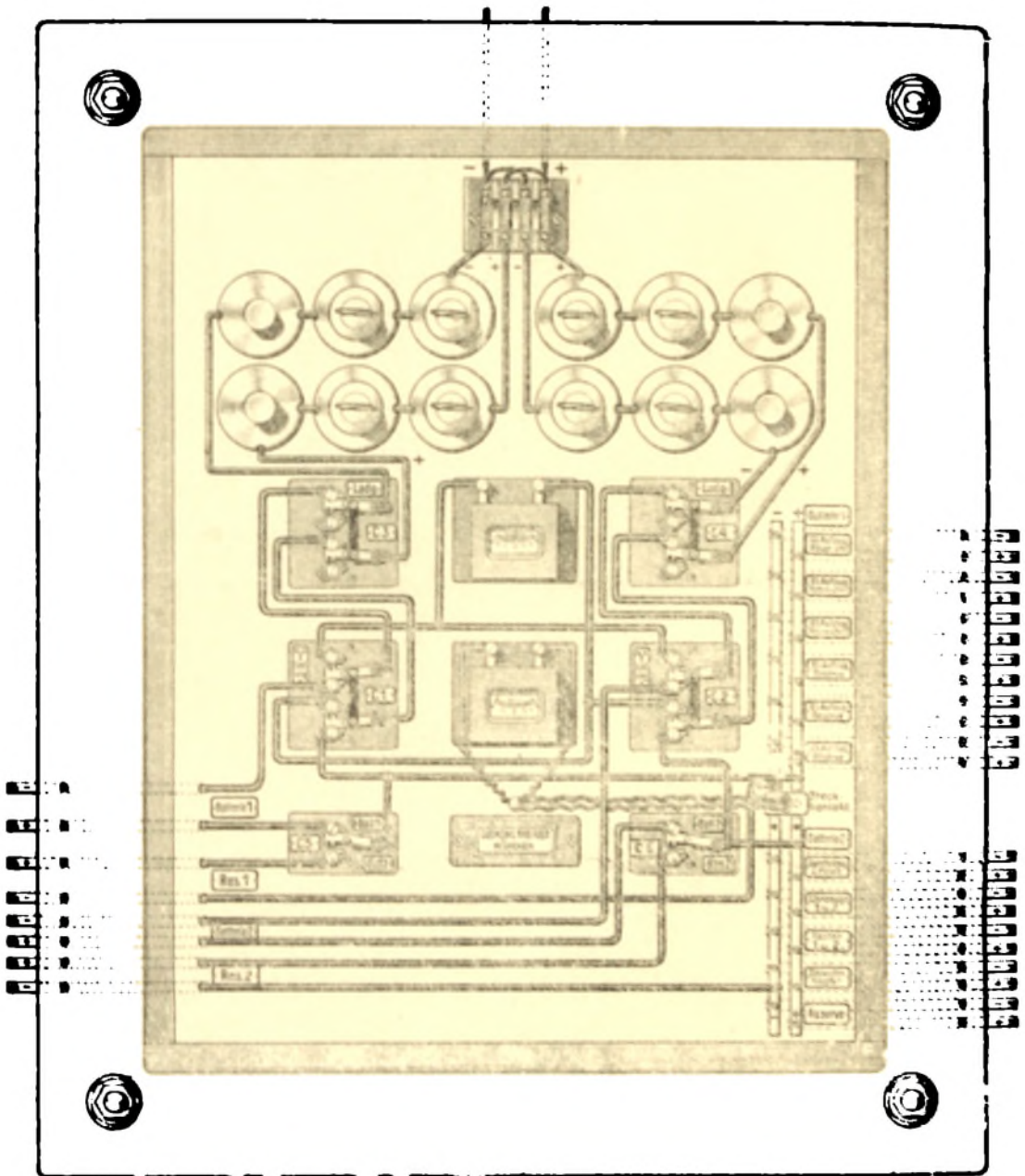


Fig. 1.

Tafel VI
Kombinierte Verteilungs- und Ladeschalttafel der
Firma C. Rieller in München.

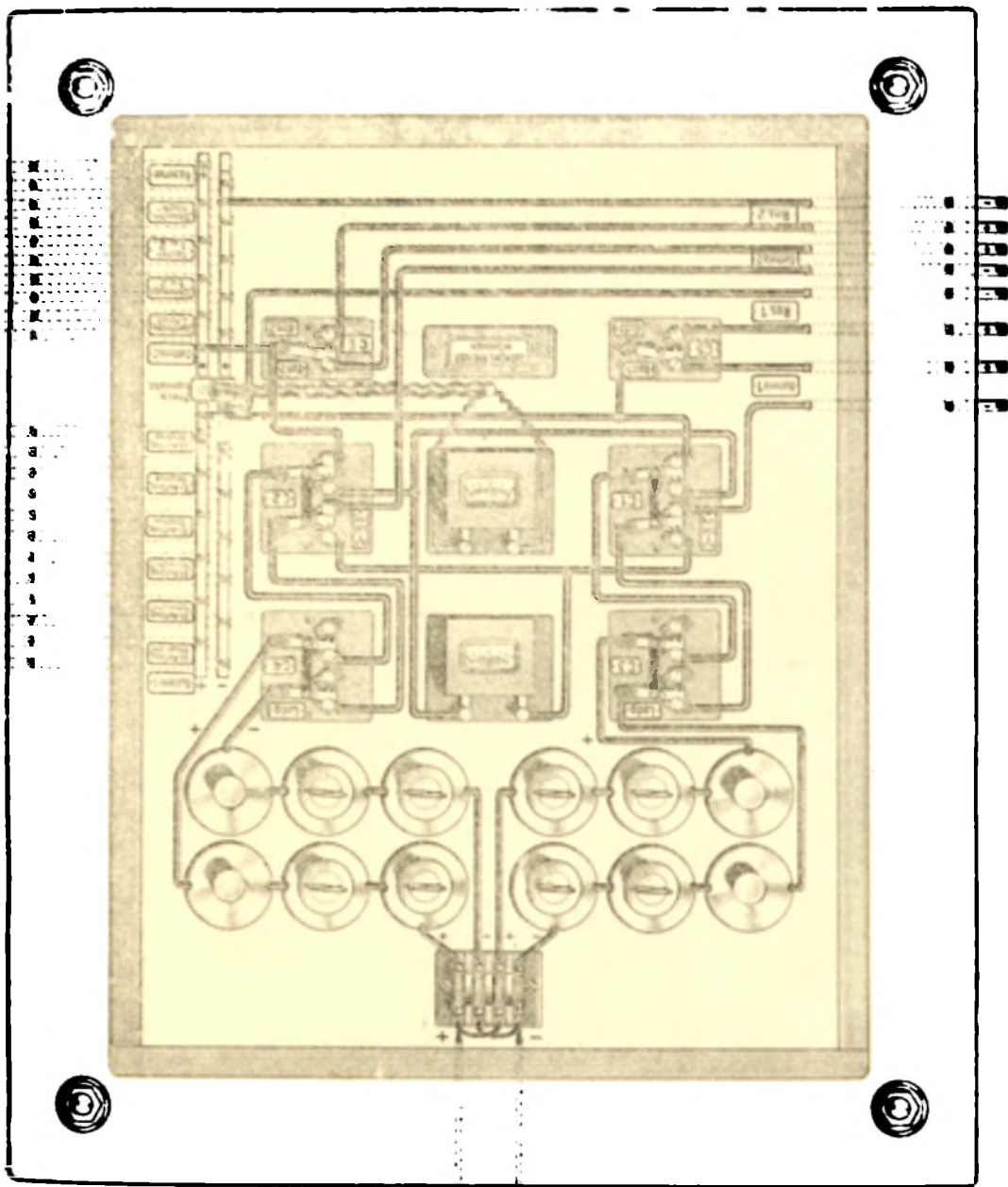


Fig. 1.

Tafel VII.

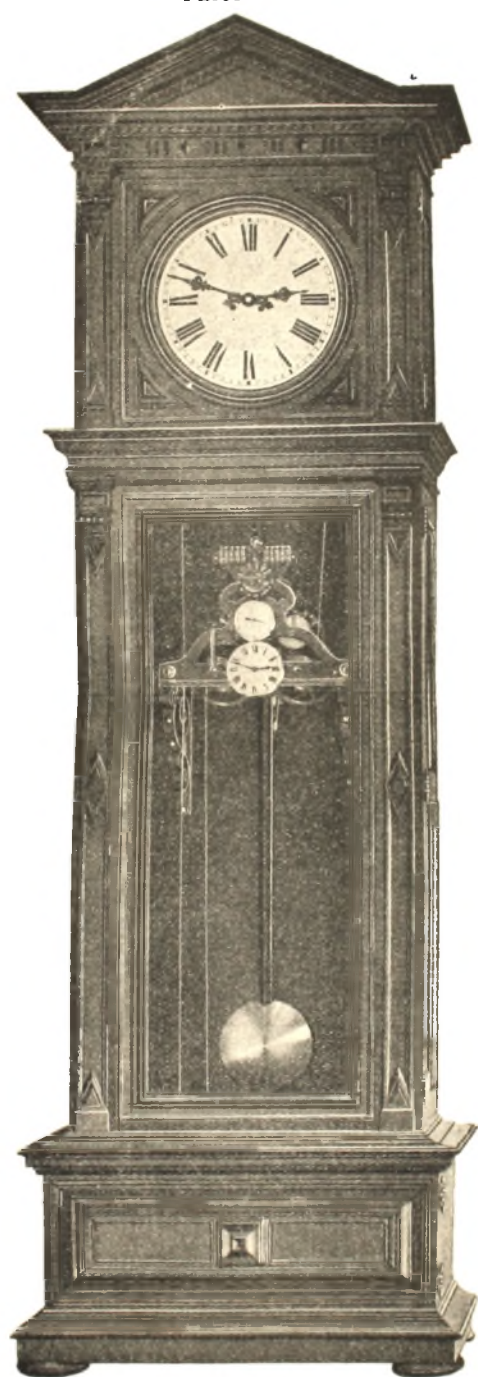


Fig. 1.

Tafel VIII.

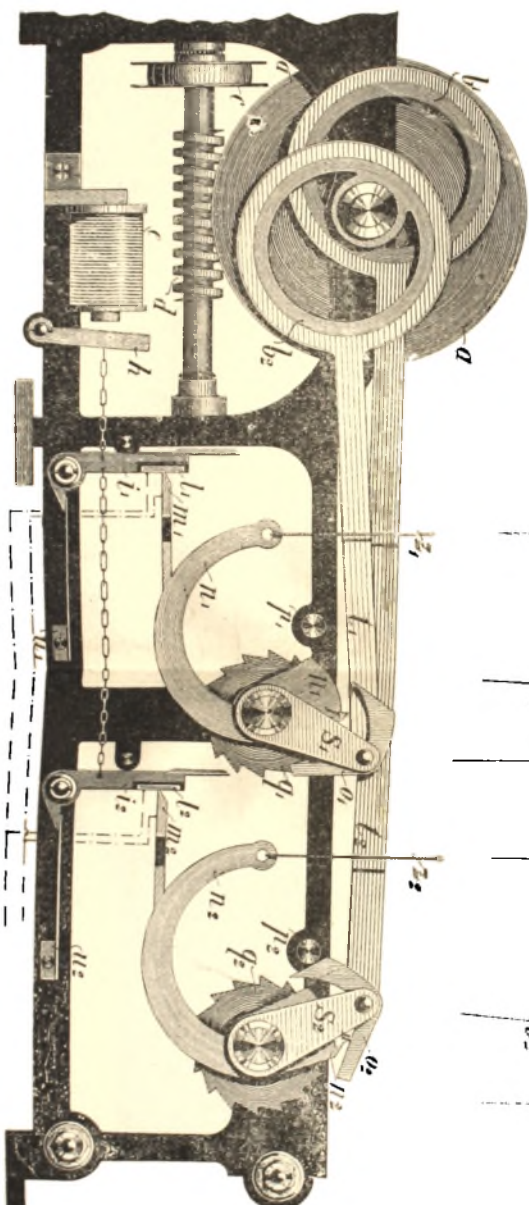
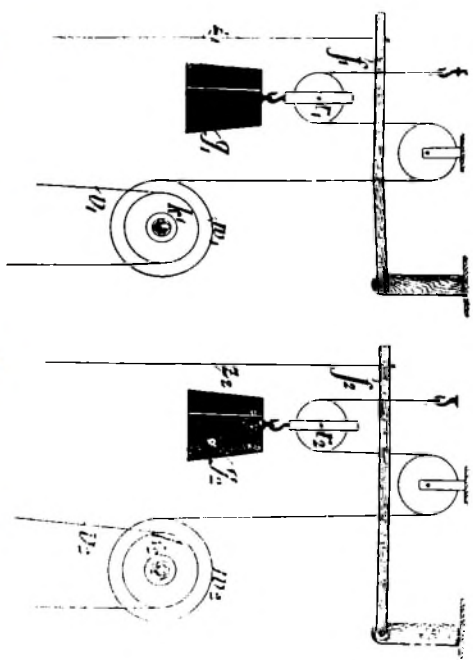


Fig. 1.

**In die Fachbibliothek eines jeden Uhrmachers gehören
entschieden die nachstehend zum Teil preisgekrönten
Werke:**

- Bohmeyer, A. Proportionalzirkel für Groß- und Kleinuhrmacher.
II. Auflage. Preis 80 Pfg.
Bohmeyer, C. Anleitung zur Aufstellung und Behandlung elek-
trischer Uhren. III. Auflage. Preis geb. M. 3.60.
Caspari, E. Untersuchungen über Chronometer und nautische
Instrumente. Preis geb. M. 8.75.
Dietzschold, K. Die Verzahnung der Uhren und mechanischen
Apparate und die Berechnung der Räderwerke. P. geb. M. 3.60.
Favarger, R. Die Elektrizität und ihre Verwertung zur Zeitmeß-
kunst. Preis geb. M. 7.80.
Großmann, M. Der freie Ankergang für Uhren (mit Atlas).
II. Auflage. Preis geb. M. 17.—
Großmann, M. Die Konstruktion einer einfachen, aber mecha-
nisch vollkommenen Uhr. III. Auflage. Preis geb. M. 3.—
Großmann, M. Das Regulieren der Uhren für den bürgerlichen
Gebrauch. III. Auflage. Preis geb. M. 1.60.
Großmann, M. Taschenwörterbuch für Uhrmacher.
III. Auflage. Preis geb. M. 6.—
Großmann, M. Dictionnaire de poche pour l'horloger.
Preis geb. M. 6.—
Großmann, M. Horlogical Pocket-Dictionary. Preis geb. M. 6.—
Großmann, Jul. Lehrbuch der Uhrmacherei nach den Gesetzen
der Mechanik, Band I. Preis geb. M. 9.—
Huguenin, J. Bau, Repassage und Reparatur der Taschenuhr-
uhren. Preis geb. M. 4.50.
Jahrbuch der Uhrmacherverbindung „Urania“ zu Glashütte,
erster Band. Preis geb. M. 2.80.
James, E. Praktischer und theoretischer Leiffaden der Präzisions-
regiege. Preis geb. M. 6.50.
James, E. Die Lehre von den Schlagwerken. Preis geb. M. 3.50.
Lossier, L. Das Regulieren der Uhren in den Lagen, in Theorie
und Praxis. Preis geb. M. 6.60.
Saunier, Cl. Praktisches Handbuch für Uhrmacher und die Sam-
lung praktischer Arbeitsmethoden, 2 Bände mit Atlas.
Preis geb. M. 13.50.
Saunier, Cl. Lehrbuch der Uhrmacherei in Theorie und Praxis,
4 Bände mit Atlas. III. Auflage. Preis geb. M. 45.—
Saunier, Cl. Geschichte der Zeitmeßkunst von der ältesten Zeit
bis zur Gegenwart, 3 Bde. in 2 Ganzleinenbd. geb. Pr. M. 28.—
Schulte, C. Lexikon der Uhrmacherkunst. Preis geb. M. 16.—
Schulte, C. Uhrmachertierbuch. Preis geb. M. —75.
Schwanatus, M. Der Taschenuhrgehäusemacher. Pr. geb. M. 2.40.
Zu beziehen durch den Spezialverlag für Uhrmacherliteratur

Emil Hübners Verlag in Bautzen in Sachsen.

Der erste Teil des Ergänzungsbandes zum preisgekr.
Lehrbuch der Uhrmacherei
von Claudius Saunier erscheint im August 1914.
Preis ungefähr M. 14.—. Bestellungen nimmt schon jetzt entgegen
Emil Hübners Verlag Bautzen.



Lichtspender „Ideal“

für Feuerwehr, Polizei, Gendarmerie und auch für häus-
liche Zwecke verwendbar. 3—18 Monat „stets bereit“
Preis 1.50—20 Mark. Nur zu beziehen von Konstrukteur
Gustav Remus, Armeelaternenfabrik, Halle a. S.
Ausführliche Prospekte gratis.

Clemens Riefler

Fabrik mathematischer Instrumente Nesselwang und
München (Bayern). Gegründet 1841.
Präzisions-Sekundenpendel-Uhren.
Nickelstahl-Kompensations-Pendel.

Grand Prix: Paris, St. Louis, Lüttich,
Brüssel, Turin.

Präzisions-Reißzeuge.
Illustrierte Preislisten gratis. — Die echten Rieflerinstrumente sind mit dem
Namen „RIEFLER“ gestempelt.

Alfred Hahn Leipzig, Neumarkt
Signaluhren „Lipsia“

Straßenuhren Centraluhr-Anlagen
in solidester Ausführung.

Eisenberger Etuis - Fabrik Max Retsch Nachfolger
Eisenberg in Thür. Fernspr. Nr. 50.
Fernsprech. in Berlin Amt Weißensee Nr. 3279.
Dampfbetrieb. — — — — — Anerkannt vorteilhafte Bezugsquelle.

Etuis

für Uhren, Schmuck, Bestecke,
großer Auswahl. Kettengelen, Walle,
Etalagen usw. in
Reparaturbeutel etc.

