

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

4012

L. inw.

# Dynamomaschine.

Von

W. Biscan.



Leipzig,

Verlag von Oskar Leiner.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294496





# Die Dynamomaschine.

---

Zum Selbststudium

für

**Mechaniker, Installateure, Maschinenschlosser, Monteure etc.**

sowie als

**Anleitung zur Selbstanfertigung von Dynamomaschinen**

leicht fasslich dargestellt

von

**Prof. Wilh. Biscan,**

Inhaber und Leiter der Lehranstalt für Elektrotechnik  
in Komotau.

---

**Siebente vermehrte Auflage.**

Mit 110 Abbildungen und Konstruktionszeichnungen.



**Leipzig**

Verlag von Oskar Leiner

1899.

Das Recht der Übersetzung vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW  
114012

Akc. Nr. 1093/50

## Vorwort zur siebenten Auflage.



Indem ich diese neue Auflage der Öffentlichkeit übergebe, danke ich den zahlreichen Freunden dieses Buches für die freundliche Aufnahme, welche dasselbe gefunden, und hoffe, dass auch diese, im grossen Ganzen wenig veränderte Auflage, dem Buche neue Freunde bringen wird. Der Erfolg mit dieser Schrift hat meine Absicht, eine ähnlich gehaltene Abhandlung über Wechselstrom und Wechselstrommaschinen zu verfassen, nur gefestigt.

Komotau, im November 1898.

**Biscan.**





# Inhaltsübersicht.



|   | Seite |
|---|-------|
| I. Kapitel: Statische und dynamische Elektrizität . . . . . | 1     |
| II. » Erregungsarten der Elektrizität . . . . .             | 4     |
| III. » Das Ohm'sche Gesetz . . . . .                        | 23    |
| IV. » Die stromerzeugenden Maschinen . . . . .              | 40    |
| V. » Konstruktionsbedingungen . . . . .                     | 70    |
| VI. » Beschreibung einiger Gleichstrommaschinen . . . . .   | 87    |
| VII. » Die Wechselstrommaschinen . . . . .                  | 118   |
| Schlusswort . . . . .                                       | 128   |





# Die Dynamomaschine.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Akc. Nr. \_\_\_\_\_

## Erstes Kapitel.

### Statische und dynamische Elektrizität.

Es dürfte wohl kaum einen meiner Leser geben, der nicht, und sei es auch nur als Knabe, sich mehr oder minder mit Elektrizität resp. mit elektrischen Experimenten befasst hat. Da sind es meistens die Elektrisiermaschine, das Elektrophor, die Leydener Flasche, dann galvanische Elemente mit Klingel und dergl. mehr, welche schon den Knaben beschäftigen und gewiss auch geistig anregen. Und war es auch nur eine Spielerei — sie war nützlich: etwas reelles Wissen bleibt stets zurück.

So glaube ich daher voraussetzen zu dürfen, dass auch jene meiner Leser, welche keinen wissenschaftlichen Grad von Vorbildung besitzen, so viel von Elektrizität wissen, dass ich behaupten kann, es wird ihnen der auffällige Unterschied der durch Reibung und der durch das galvanische Element erzeugten Elektrizität bemerkbar geworden sein.

Wir wollen hier ein wenig darauf eingehen. Die Reibungselektrizität kann als positive oder negative Elektrizität auf einer von der Erde durch Glasfüsse isolierten metallischen Kugel — Konduktor — ruhend vorhanden sein; wir können so einen Konduktor mehr oder weniger stark laden, indem wir ihn beispielsweise mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine — wie man sagt — leitend verbinden.

Wir haben hier einen für sich abgeschlossenen Körper, der den Sitz der Elektrizität bildet; dieselbe ist also gewissermassen im Zustande der Ruhe. Nähern wir nun den Knöchel unserer Hand diesem Konduktor, so sehen wir einen Funken überspringen, dessen Grösse, wie bekannt, von der mehr oder minder grossen Ladung abhängen wird. (Unter Ladung versteht man die Menge Elektrizität, welche auf der Flächeneinheit sich befindet; man kann also auch von der Dichte der Elektrizität sprechen.) In diesem

Fälle sehen wir, dass die Elektrizität sich in Bewegung befindet — es ist aber gewissermassen ein Ausnahmezustand; es ist der Ausgleich zweier Elektrizitäten vor sich gegangen. Die Erklärung hierfür ist die folgende: Sobald wir den Knöchel unserer Hand, also diese selbst, dem elektrisch geladenen Körper nähern, induziert<sup>1)</sup> die Elektrizität, welche sich auf dem Konduktor in Ruhe befand, beiderlei Elektrizität, d. h. positive und negative, in der Hand. Nehmen wir an, der Konduktor habe positive Elektrizität, so werden diejenigen Teile unseres Körpers, welche dem Konduktor nahe sind, also unsere Hand, negative Elektrizität auf ihrer Oberfläche haben, während die positive durch unseren Körper zur Erde strömt. Wieder sehen wir die beiden Elektrizitäten, die des Konduktors und die unserer Hand, in Ruhe; erst wenn die Entfernung der beiden gering genug geworden, springt ein Funke über, wodurch beide Körper unelektrisch werden.

So zeigen uns zahlreiche Experimente, dass die durch Reibung erzeugte Elektrizität der Hauptsache nach im Zustande des Gleichgewichts sich befindet. Man hat daher hierfür die Bezeichnung »statische Elektrizität«<sup>2)</sup> eingeführt, wie wir sie auch weiter nennen wollen.

Ganz andere Verhältnisse liegen aber vor, wenn wir es mit sog. galvanischer Elektrizität, also derjenigen, welche wird durch galvanische Elemente (oder Dynamomaschinen) erzeugen können, zu thun haben. Wir sind da nicht imstande, nur eine Art, also positive oder negative Elektrizität, auf irgend einem Körper anzusammeln. Wir sehen dieselbe vorzüglich nur in Bewegung begriffen und zwar innerhalb in sich geschlossener Bahnen. Der Ausdruck galvanischer Strom, ist daher ein sehr gut gewählter und drückt so recht das Wesen der als die »galvanische« bezeichneten Elektrizität aus. Der erwähnte Umstand nun, dass wir diese Elektrizität stets nur in Bewegung sehen, ist Veranlassung gewesen, hierfür die Bezeichnung »dynamische Elektrizität« einzuführen.<sup>3)</sup> Ganz streng sind nun diese Bezeichnungen auch nicht zu nehmen, da wir die statische Elektrizität z. B. als Funke

---

<sup>1)</sup> Diese mit dem Namen Influenz bezeichnete Erscheinung besprechen wir noch an einer anderen Stelle.

<sup>2)</sup> Von Statik (griech.) = die Lehre von den Gesetzen des Gleichgewichts — der Ruhe.

<sup>3)</sup> Von Dynamik (griech.) = die Lehre von den Gesetzen der Bewegung.

in Bewegung sehen und es auch unter gewissen Bedingungen möglich ist, dass die dynamische Elektrizität sich als Ladung, also im Zustande der Ruhe, befindet. Da aber diese Zustände als Ausnahmestände zu bezeichnen sind und es sowohl für die statische als die dynamische Elektrizität verschiedene Erregungsarten giebt, so dass wir die erstere nicht gut als Reibungs-, die zweite nicht gut bloss als Kontaktelektrizität bezeichnen können, so ist es den wissenschaftlichen Ergebnissen zufolge weit richtiger, die sich mehr und mehr popularisierenden Ausdrücke ausschliesslich zu behalten. Es ist damit der auffällige Unterschied der beiden Elektrizitätsarten entschieden deutlich gekennzeichnet. Wir wollen nun die beiden Elektrizitätsarten näher kennen lernen.



## Zweites Kapitel.

### Erregungsarten der Elektrizität.

A. Statische Elektrizität. Die einfachste und ältestbekannte Art, Elektrizität zu erregen, ist die durch Reibung. Nehmen wir eine Glasstange und reiben dieselbe mit einem Wollappen oder besser noch mit einem Stück Leder, das mit Quecksilberamalgam<sup>1)</sup> bestrichen ist, so sehen wir, dass kleine leichte Teilchen, wie Härchen, Papierschnitzel u. s. w., von der Stange angezogen und wieder abgestossen werden. Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn man eine Siegellack- oder Hartgummi-(Ebonit)-Stange reibt. Eingehendere Versuche zeigen, dass die auf der Glasstange befindliche Elektrizität der auf der Ebonitstange befindlichen entgegengesetzt ist; man bezeichnete erstere als positive, die letztere als negative Elektrizität.

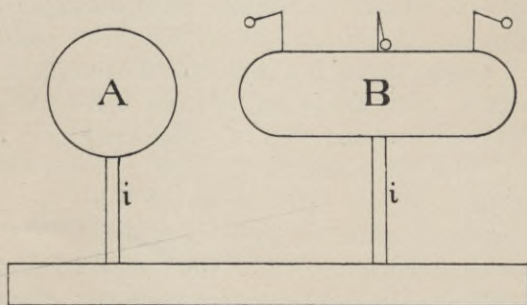


Fig. 1.

Zur Erregung grösserer Massen von Elektrizität bedient man sich der Elektrisiermaschine, die wir hier wohl als bekannt voraussetzen dürfen.

<sup>1)</sup> Dasselbe wird durch Verreiben von 2 Teilen Zink mit 1 Teil Quecksilber erhalten.



Eine weitere Art der Erregung von Elektrizität ist die durch Influenz. Ein einfaches Beispiel wird diese erklären. Denken wir uns die Kugel A (Konduktor) Fig. 1 aus Metall (oder Holz mit Stanniol überzogen) durch einen Glasfuss i von anderen Körpern isoliert, einem zweiten Konduktor B von cylindrischer, an den Enden durch Halbkugeln abgeschlossener Form gegenüber gestellt. Dieser letztere Konduktor hat an drei Stellen, und zwar an den beiden Enden und in der Mitte, Holundermarkkugeln an feinen Fäden, die an Stäbchen befestigt sind, wie kleine Pendel angebracht. Sowie wir dem Konduktor A eine Art, sei es positive, oder negative Elektrizität beibringen, sehen wir den Konduktor B ebenfalls elektrisch werden; dies zeigt die Abstossung der Pendelchen an den Enden, während uns die Ruhe des mittleren Pendelchens zeigt, dass dortselbst der elektrische Zustand = 0 ist. Untersuchen wir den Konduktor B näher, so finden wir, dass das dem Konduktor A nähere Ende des ersteren die entgegengesetzte, das von ihm entferntere Ende die gleichnamige Elektrizität aufweist. (Siehe Fig. 1.) Dass die entstandene Elektrizität nur eine Wirkung und zwar, wie man allerdings nicht ganz richtig sagen kann, eine Fernwirkung — Influenz — ist, kann man damit nachweisen, dass man den Konduktor A langsam entfernt: die Elektrizität auf dem Konduktor B wird dadurch kleiner, was man an dem Zurückgehen der Pendel erkennt, und sie verschwindet ganz, sobald der Konduktor A weit genug, um keine Wirkung auszuüben, weggebracht wurde; die Pendel fallen in ihre ursprüngliche Ruhelage zurück.

Derartige Influenzwirkungen finden stets statt, wenn Körper, auf deren Oberfläche sich elektrische Mengen befinden, anderen Körpern nahe kommen, z. B. beim Nähern der Hand an einen elektrisch geladenen Konduktor, bei einem Gewitter, indem elektrisch geladene Wolken der Erdoberfläche gegenüber stehen, u. dergl. m.

Statische oder, wie man ja auch häufig sagt, Reibungs-Elektrizität wird auch bei manchen Tieren, wie dem Zitterwels, Zitterrochen und anderen, durch den Lebensprozess erzeugt und dieselbe bildet eine anderen Tieren oft gefährliche Schutzwaffe für das mit derartigen Elektrizität erzeugenden Organen behaftete Tier.

**B. Dynamische Elektrizität.** Weit wichtiger für uns, die wir uns ja mit der dynamischen Elektrizität näher befassen wollen,

indem wir die Regeln, nach welchen der dynamische, resp. galvanische Strom durch Maschinen erzeugt wird, kennen zu lernen beabsichtigen, sind die Erregungsarten dieser Elektrizität.

Die zuerst von Volta <sup>1)</sup> entdeckte Art, galvanische Elektrizität zu erzeugen, beruht auf der Thatsache, dass bei Berührung heterogener, d. h. verschiedenartiger Körper — welche die Elektrizität leiten — bei gleichzeitig auftretenden chemischen Prozessen Elektrizität erzeugt wird. Man nennt daher auch die so entstandene Elektrizität Berührungs- oder Kontaktelektrizität.

Die Entstehungs- und Wirkungsweise dieser Elektrizität wollen wir an der Hand eines und zwar des ersten und einfachsten Elementes, des Volta'schen, besprechen.

Taucht man eine Zink- (Zn) und eine Kupfer- (Cu) Platte in verdünnte Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) und verbindet die beiden aus der Flüssigkeit ragenden Enden der beiden Metallstreifen durch einen Kupferdraht, so entsteht ein elektrischer Strom.

Wir wollen uns hier etwas länger aufhalten, da es zweckdienlich erscheint, an dieser Stelle einige Begriffe festzustellen, möchten aber auch gleich bemerken, dass wir ja selbstredend in diesem Buche nicht auf die Besprechung der Elemente eingehen können, und verweisen daher auf eine entsprechende Litteratur. <sup>2)</sup> Andererseits sei aber hier ein Punkt zur Sprache gebracht, dessen Erwähnung wichtig, und möge daher die folgende kleine Abweichung gestattet sein.

Die Schönheit und Annehmlichkeit, sowie das Einfache des elektrischen Glühlichtes, nicht weniger aber auch der Reiz, der in dem gewissermassen Geheimnisvollen liegt, lässt in so manchem den Wunsch rege werden, sich elektrisches Licht mit Hilfe von galvanischen Elementen herzustellen, wenn es ihm versagt bleibt, eine maschinelle Einrichtung sich zu beschaffen, oder er einen Anschluss an eine von einer Centrale ausgehende Leitung nicht haben kann. Derartige Projekte sind nun von Hause aus verfehlt, und nur die Unkenntnis der wissenschaftlichen Thatsachen kann

---

<sup>1)</sup> Der Name »galvanischer« Strom (Galvanismus = die Lehre vom galvanischen Strome) rührt vom Namen des Entdeckers dieser Elektrizität, dem italienischen Arzte Luigi Galvani, her, der eine Wirkung beobachtete, ohne jedoch eine Erklärung hierfür geben zu können. In älteren Lehrbüchern liest man wohl oft — und weit richtiger — »Volta'scher« Strom, doch hat sich diese Bezeichnung nicht eingebürgert.

<sup>2)</sup> Hauck, W. Ph., Die galv. Batterien u. s. w.

jemanden veranlassen, diesbezügliche Versuche anzustellen. Allerdings werden oft genug Personen von sog. Batterie-Beleuchtungsschwindlern ausgebeutet und gelangen erst durch schwere Opfer zur Einsicht der Unzweckmässigkeit einer galvanischen Batterie zu Beleuchtungszwecken. Hingegen ist es nicht allzu schwierig, sich mit Hilfe einer vorhandenen Kraft und einer kleinen Maschine das Vergnügen elektrischen Lichtes zu schaffen, wie wir dies in einem späteren Kapitel des Näheren sehen werden. — Und nun zurück zu unserem Volta-Element.

Sobald die beiden Metalle Zink und Kupfer in die Flüssigkeit tauchen, wird Elektrizität erzeugt; dieselbe zeigt sich uns jedoch durch keinerlei auffällige Erscheinung; wir wissen aber, dass ein gewisser Zustand der Spannung herrscht, dass eine Kraft oder besser noch, eine Energie vorhanden ist, welche in dem Momente, wo wir den Stromkreis durch Verbindung des Kupfers mit dem Zink herstellen, thätig wirkt, indem sie den Strom erzeugt. Man nennt die den Strom erzeugende Kraft die elektromotorische Kraft des Elementes. Die elektromotorische Kraft ist also gewissermassen als die Ursache des Fliessens eines galvanischen Stromes aufzufassen. Wir können sie sehr gut mit dem Drucke vergleichen, der in einem Rohre herrscht, in dem Wasser fliesst. Ebenso wie hier kein Fliessen stattfinden kann, wenn kein Druck herrscht, also keine bewegende Kraft, können wir uns auch keinen elektrischen Strom denken ohne elektromotorische Kraft.

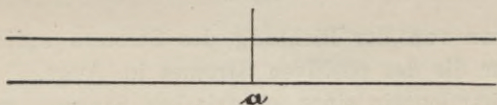


Fig. 2.

Sowie aber jeder Druck (Spannung) als Druckdifferenz aufgefasst werden kann, d. h. als Differenz zweier Drucke, können wir auch dasselbe in Bezug auf die elektromotorische Kraft thun. Denken wir uns ein Rohr mit Wasser (Fig. 2), in welchem bei a eine Scheidewand sich befindet, welche ein Fliessen des Wassers unmöglich macht. Übt das Wasser von beiden Seiten nach a gleich grosse Drucke aus, so wird der Zustand nicht geändert, wenn die Scheidewand entfernt wird. Sowie aber eine Druckdifferenz (Spannungsdifferenz) herrscht, d. h. der Druck z. B. von links nach rechts grösser ist als derjenige in umgekehrter Richtung,

so wird sich das Wasser in der Richtung des grösseren Druckes bewegen. In ähnlicher Weise muss nun auch an den Enden der Metalle — der Pole des Elementes — eine elektrische Spannungsdifferenz herrschen, welche bei Verbindung der beiden Pole durch einen Leiter den Strom erzeugt.

Die elektromotorische Kraft ist bei einer und derselben Kombination im grossen und ganzen unveränderlich und unabhängig von der Grösse des Elementes, bei verschiedenen Kombinationen aber, z. B. Kohle — Zink in verdünnter Schwefelsäure und anderen, verschieden.

Der erzeugte Strom fliesst nicht nur durch den äusseren Kreis, also durch den die Pole verbindenden Draht, sondern auch durch die Flüssigkeit des Elementes, wie es die schematische Fig. 3 andeutet.

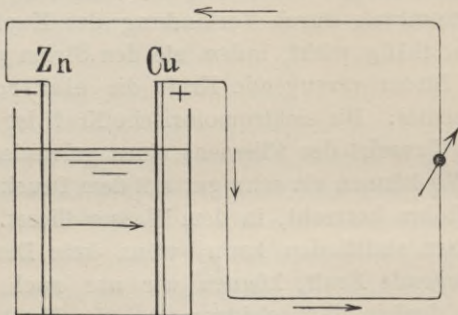


Fig. 3.

Wenn man von der Richtung des Stromes spricht, so hat man stets nur die des positiven Stromes im Auge.

Das Vorhandensein eines elektrischen Stromes erkennt man am besten durch die Ablenkung einer Magnetnadel, welche diese erfährt, sobald ein Strom durch einen derselben benachbarten Leiter fliesst. Hierzu bedient man sich am einfachsten einer kleinen Vorrichtung, die man sich, wie im folgenden angegeben, leicht selbst herstellen kann. Über ein Stück Holz von rechteckiger Form wickelt man isolierten Kupferdraht von ungefähr 0,5 mm Durchmesser in einigen Lagen nebeneinander, indem man auf rechtwinkeliges Umbiegen des Drahtes achtet. Vorher hat man an vier Stellen kleine Streifen Leinwand oder gutes Papier gelegt, deren Enden man sodann um den gewickelten Draht legt und durch ein Klebemittel (Leim, nicht zu heissen Siegellack) fixiert.

Hat man nicht zu straff gewickelt, so lässt sich die so gebildete Spule leicht vom Brettchen abstreifen. Die Spule befestigt man mit kleinen Messingstreifen so auf ein Brettchen, dass der zuvor in dasselbe getriebene, gut zugespitzte Drahtstift in die Mitte kommt. Auf diesen Stift wird die mit einem Hütchen versehene Magnetnadel aufgehängt. (Siehe Fig. 4.) Die Enden kann man

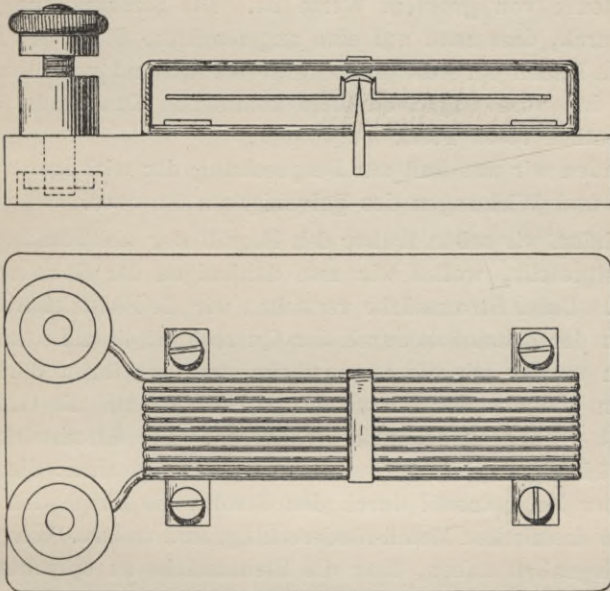


Fig. 4.

passend mit Klemmen verbinden. (Letztere, sowie auch Magnetnadeln hält jeder Mechaniker auf Lager.) In dieser Weise hat man sich billig und einfach ein Galvanoskop hergestellt. Sehr hübsche und verhältnismässig billige Galvanoskope pflegen die Mechaniker zu erzeugen.<sup>1)</sup>

Das Galvanoskop wird bei Gebrauch so aufgestellt, dass die Windungen des Drahtes parallel zur Nadel werden. Eine Magnetnadel hat das Bestreben, sich in die Süd-Nord-Richtung zu stellen, weshalb die Windungen nachgedreht werden müssen.

Fließt ein Strom durch die Drahtwindungen, so wird die Nadel abgelenkt und zwar nach folgender Regel: Denkt man sich selbst

<sup>1)</sup> Eine genaue Konstruktionszeichnung zur leichten Anfertigung eines Galvanoskops dieser Art bringt die Tafel II der 1. Liefg. von Verfassers »Elektrotechnische Vorlagen«.

mit dem Strome schwimmend, das Gesicht der Nadel zugekehrt, so zeigt die ausgestreckte linke Hand nach dem abgelenkten Nordpole. Die Kenntnis dieser Regel setzt uns auch in den Stand, umgekehrt aus der Ablenkung der Nadel die Stromrichtung zu erkennen. Zu letzterem Zwecke empfiehlt sich auch die Anwendung des Polreagenz-papiers von Wilke, das insbesondere für Monteure von grossem Werte ist. Die Stromrichtung findet sich dadurch, dass man auf eine angefeuchtete Stelle des Papiers die beiden Enden der Zuleitungsdrähte bei Abstand von etwa 1 *mm* drückt; das vom negativen Pole kommende Drahtende erzeugt einen deutlich roten Fleck am Papier.

Wenden wir uns nun zur Besprechung der wichtigsten Eigenschaften und Wirkungen des galvanischen Stromes.

Nachdem wir schon früher den Begriff der elektromotorischen Kraft festgestellt, wollen wir nun denjenigen der Stromstärke erklären. Unter Stromstärke verstehen wir die Elektrizitätsmenge, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt eines Leiters geht; allgemein werden wir die Stromstärke stets aus ihren Wirkungen beurteilen und aus der Grösse der Wirkungen auf die Grösse — Intensität — der Stromstärke schliessen. Die Stromwirkungen, welche sich eignen, die Stromstärke zu messen, sind: die Ablenkung einer Magnetnadel durch den Strom, die durch den Strom erzeugten chemischen Metall-Niederschläge und andere. Wir werden noch Gelegenheit haben, über die Stromstärke zu sprechen.

Die Wirkungen des elektrischen Stromes kann man unterscheiden: in solche im Stromkreise selbst und solche ausserhalb desselben; gehen wir nun zur kurzen Besprechung der Wirkungen des Stromes über.

1. Physiologische oder Wirkungen auf den menschlichen Körper. Dieselben sind sehr verschieden, je nach der Art und Stärke des einwirkenden Stromes und der Stelle der Einwirkung.

Das ruhige Fliessen eines Stromes, selbst eines ziemlich starken Stromes, durch den menschlichen Körper wird fast gar nicht oder nur sehr wenig an den Eintrittsstellen, stärker, wenn dieselben wund sind, empfunden. Hingegen bewirkt eine Unterbrechung des Stromes eine heftige Zuckung, die recht schmerzhaft sein kann. Ströme von sehr hoher Spannung rufen bei plötzlicher, kurz währendender Einschaltung des Körpers in den Stromkreis sehr

empfindliche Zuckungen hervor, gewissermassen Schläge, die so heftig sein können, dass Ohnmacht und bei sehr hoch gespannten Strömen selbst der Tod eintreten kann.

Am empfindlichsten sind Ströme, welche ihre Richtung rasch wechseln — die sog. Wechselströme.<sup>1)</sup>

Aus diesem Grunde ist es daher notwendig, bei Berührung von Maschinenteilen mit Vorsicht zu Werke zu gehen. Arbeiter, welche bei Maschinen beschäftigt sind, welche Ströme von sehr hoher Spannung liefern, sind daher gezwungen, Kautschukhandschuhe anzulegen, um vor Schlägen geschützt zu sein.

Die Einwirkung des elektrischen Stromes auf die einzelnen Sinnesorgane, zu welchem Versuche man den Strom einer Batterie von 2—3 Bunsen'schen Elementen verwenden kann, äussert sich wie folgt: Legt man das Ende des einen Zuleitungsdrahtes auf die obere Seite der Zunge und das Ende des zweiten Drahtes auf die untere Seite der Zunge, so verspürt man einen säuerlichen Geschmack, wenn der vom positiven Pole kommende Draht den oberen Teil der Zunge berührt, im umgekehrten Falle dagegen einen erdigen (alkalischen) Geschmack. Schliesst oder öffnet man einen Strom, der durch dem Auge benachbarte Teile fliesst, so zeigt sich im Auge ein Lichtschein bei jedem Schliessen oder Öffnen des Stromes. Fliesst der Strom in der Nähe des Ohres durch Körperteile, so wird ein Sausen wahrnehmbar.

2. Wärmewirkung des elektrischen Stromes. Wenn ein elektrischer Strom durch einen Leiter fliesst, so hat derselbe eine Arbeit zu verrichten; diese Arbeit kann lediglich in der Überwindung des der Fortbewegung der Elektrizität sich entgegensetzenden Widerstandes bestehen. Hierbei wird nun Wärme gebildet. Die gebildete Wärme ist der Stromstärke und der elektromotorischen Kraft direkt proportional, d. h. sie wird um so grösser sein, je grösser diese werden. Der elektrische Strom ist imstande, ganz enorme Wärmemengen zu erzeugen, und es werden auch heute, wo uns die Elektrotechnik Ströme jeder Grösse zur Verfügung stellt, zahlreiche praktische Anwendungen der Wärmewirkung gemacht. Es sei hier nur an das Ausglühen von Eisen-

---

<sup>1)</sup> Es ist durchaus nicht ratsam, mit sog. Induktionsapparaten sich oder andere Personen zum Vergnügen zu elektrisieren; es sind leider genug Fälle bekannt, in welchen derartige Vergnügungen für den passiven Teil von üblen Folgen begleitet waren.

drähten, das Schweissen, das Härten von langen Federn und Sägeblättern, das Schmelzen von Stahl und anderen schwer schmelzbaren Stoffen erinnert.

3. Lichtwirkung des elektrischen Stromes. Wird ein Leiter von verhältnismässig grossem Widerstande, z. B. der Kohlenfaden einer Glühlampe, von einem entsprechend starken Strome durchflossen, so kann eine so bedeutende Wärmemenge gebildet werden, dass derselbe zur Weissglut gelangt und weisses Licht ausstrahlt. Ein sehr kräftiges, intensives Licht entsteht, wenn man die Drahtenden einer Stromquelle mit Kohlenspitzen verbindet, diese Spitzen zur Berührung bringt und sie dann vorsichtig voneinander entfernt. Es bildet sich der sogenannte Davy'sche Lichtbogen. Er besteht aus kleinen weissglühenden Kohlentheilchen, welche von einer Kohlenspitze zur anderen sich bewegen und so dem Strome einen Übergang möglich machen, gewissermassen die Brücke bilden von einer Kohle zur anderen. Hierbei verbrennt gleichzeitig die Kohle und muss daher in dem Masse, wie dieselbe abbrennt, nachgeschoben werden. Das auf diese Weise gebildete Licht ist, was seine Stärke anbelangt, abhängig von der Grösse des hierzu verwendeten Stromes, wobei selbstredend auch die Kohlen um so dicker genommen werden müssen, je grösser die Stromstärke gewählt wird.

Anders sind die Lichtwirkungen, wenn wir es mit hochgespannten Induktionsströmen zu thun haben, auf welche wir später zu reden kommen.

4. Chemische Wirkungen des Stromes. Der galvanische Strom bringt in chemisch zusammengesetzten Körpern Veränderungen hervor in dem Sinne, dass dieselben in zwei gesonderte Bestandteile zerlegt werden. Dieser Vorgang, welcher natürlich nur dann stattfinden kann, wenn die betreffenden Körper im flüssigen oder mindestens halbflüssigen Zustande oder in Lösung sind, heisst nach Faraday (1835) Elektrolyse.

So wird z. B. Wasser durch den Strom in seine Grundbestandteile Wasserstoff und Sauerstoff getrennt. Die Elektrolyse findet grossartige Anwendung in der Galvanoplastik, Galvanostegie (Überziehen von Körpern mit dünnen Schichten von Metallen, Vernickeln, Verkupfern etc.), sowie zur Gewinnung von Metallen (Aluminium) und Erzeugung chemischer Produkte im grossen.



Die bisher besprochenen Wirkungen des Stromes sind als solche im Stromkreise selbst hervorgebracht zu bezeichnen. Der elektrische Strom wirkt aber auch auf ausserhalb seines eigenen Weges befindliche Leiter der Elektrizität ein. Diese Wirkungen nun sind es vornehmlich, welche uns hier ganz besonders interessieren, weshalb wir auch auf dieselben näher einzugehen haben. Man kann diese Wirkungen des elektrischen Stromes auch als Fernwirkungen bezeichnen, ohne dass wir hierbei an eine Wirkung in die Ferne ohne vorhandenes Medium dazwischen denken wollen, die wir uns einfach nicht vorstellen können, sobald wir nur einigermaßen mit physikalischen Gesetzen vertraut sind.

Die Fernwirkungen des Stromes kann man in drei Hauptgruppen teilen und zwar erstens in dynamische (Hervorrufung von Bewegung); zweitens magnetische (Erzeugung von Magnetismus) und drittens in Induktions-Wirkungen (Erzeugung von Strömen durch Ströme).

**I. Dynamische Wirkungen (Elektrodynamik).** Wenn zwei elektrische Ströme durch Leiter so fliessen, dass die betreffenden Leiter in geringer Entfernung voneinander sich befinden und leicht beweglich sind, so beeinflussen sich die Ströme in dem Sinne, dass eine Bewegung der Leiter resultiert.

Die elektrodynamischen Grundgesetze sind in folgenden Sätzen ausgesprochen :

1. Parallele und gleich gerichtete Ströme ziehen einander an.
2. Parallele, entgegengesetzte Ströme stossen einander ab.
3. Gekreuzte (nicht parallele) Ströme, welche beide nach oder beide von dem Kreuzungspunkte fliessen, ziehen einander an.
4. Gekreuzte Ströme, von welchen der eine Strom zur, der andere von der Kreuzungsstelle fliesst, stossen einander ab.

Die folgenden Figuren verdeutlichen dies. Wie aus den zwei Figuren 7 und 8 ersichtlich ist, könnte man auch die beiden Sätze 3 und 4 in einen Satz, wie folgt, formulieren: Gekreuzte Ströme suchen sich parallel zu stellen. Schliessen die beiden sich kreuzenden Ströme einen Winkel von genau  $90^{\circ}$  ein, so ist es klar, dass keinerlei Bewegung erfolgen kann. Die Wirkung ist in diesem Falle gleich 0. Sehr schön kann man obige Sätze mit Hilfe des sog. Ampère'schen Gestelles experimentell nachweisen. Man be-

nötigt hierzu eine Batterie von 2 — 3 mittleren Grennet'schen Tauch-Elementen, da diese einen ziemlich kräftigen Strom geben.

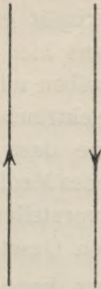


Fig. 5.

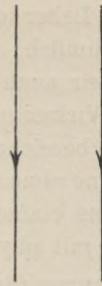


Fig. 6.

Da die Anfertigung derartiger einfacher Apparate ohne viele Mühe zu bewerkstelligen ist, kann sie nur empfohlen werden, um

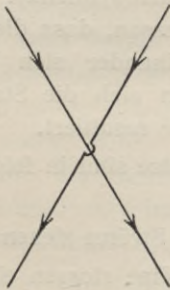


Fig. 7.



Fig. 8.

auf experimentellem Wege sich mit diesen Gesetzen vertraut zu machen. Unsere Elektromotoren beruhen in ihrer Wirkung darauf.

Die Anziehung und Abstossung der Ströme ist direkt proportional dem Produkte der aufeinander einwirkenden Stromstärken und Stromlängen und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung. Bezeichnen  $J$  und  $J_1$  die Stromstärken,  $l$  und  $l_1$  die Leiterlängen,  $d$  die Entfernung, so wird die Grösse der anziehenden oder abstossenden Kraft  $F$  ausgedrückt sein durch die folgende Formel:

$$F = \frac{J J_1 l l_1}{d^2}.$$

Wir ersehen aus obigem, dass die Anziehung oder Abstossung um so grösser sein wird, je grösser die Stromstärken, je länger die aufeinander einwirkenden Teile der Stromleiter sind und je geringer die Entfernung der letzteren voneinander ist.

Die Entfernung spielt aber eine grosse Rolle, da sie nicht im einfachen, sondern im quadratischen Verhältnisse in Rechnung kommt. Wir wollen dies an einem einfachen Beispiele erläutern. Nehmen wir an, zwei Ströme von der Intensität  $= 1$  (z. B. ein Ampère) wirken in einer Länge  $= 1$  aufeinander ein. Dann ist die anziehende oder abstossende Kraft  $= 1$  bei einer Entfernung, die wir als 1 annehmen wollen, in der doppelten Entfernung aber nicht ein Halb, sondern ein Viertel, in der dreifachen Entfernung nicht ein Drittel, sondern ein Neuntel der ursprünglichen Kraft. Es ist daher sehr wichtig, Leiter, welche durch die durch dieselben fliessenden Ströme aufeinander einwirken sollen, so nahe als möglich zu einander zu stellen.

Dieses in obiger Formel ausgedrückte Gesetz wird als das elektrodynamische Grundgesetz bezeichnet.

Windet man einen Draht spiralig auf, so dass sich die einzelnen Windungen nicht berühren, so sind diese zu einander parallel; fliesst ein Strom durch die Windungen, so werden die benachbarten Ströme, da sie zu einander parallel sind und in gleicher Richtung fliessen, sich anziehen. Hängt man nun eine Drahtspirale so auf, dass das eine Ende in ein Quecksilbernäpfchen taucht, und führt durch dieses der Spirale einen Strom zu, der dieselbe am anderen, oberen Ende verlässt, so zeigt sich die anziehende Wirkung sofort durch Zusammenziehen der Spirale. Hat man dafür gesorgt, dass das untere Ende das Quecksilber eben nur berührt, so entsteht infolge der Zusammenziehung eine Stromunterbrechung; die Anziehung der Windungen untereinander hört auf, und die Spirale nimmt ihre ursprüngliche Länge wieder an, worauf das Spiel von neuem beginnt, so dass die Spirale auf und ab schwingen wird. Dieser Versuch ist sehr belehrend, aber nicht ratsam auszuführen, wegen der durch die Funken sich bildenden Quecksilberdämpfe.

Drahtspiralen von Strömen durchflossen nennt man Solenoide. Bringt man dergleichen Solenoide beweglich an, so dass ihre Längsachsen sich in einer horizontalen Ebene drehen können, und bringt zwei so bewegliche Solenoide einander nahe, so kann man folgendes ersehen:

1. Sie stossen sich an jenen Enden ab, in welchen die Ströme, beide für sich betrachtet, die gleiche Richtung haben; sie haben nämlich in diesem Falle, zu einander betrachtet, die entgegengesetzte Richtung und folgen daher dem Satze 2.

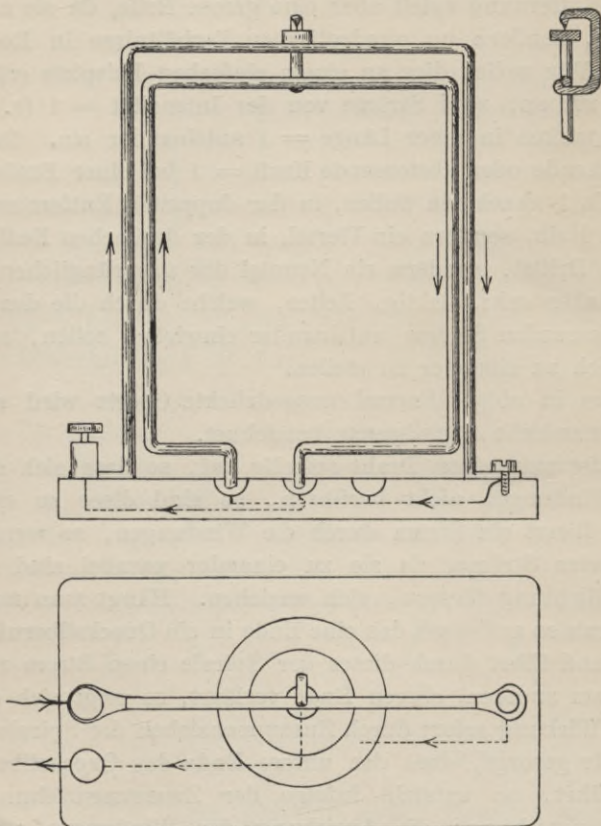


Fig. 9.

2. Sie ziehen sich an jenen Enden an, in welchen die Ströme, jeder für sich betrachtet, entgegengesetzte Richtung haben; ihre Richtung in Bezug aufeinander ist dann dieselbe, und sie folgen daher dem Satze 1.

Sehr einfach kann man sich dies veranschaulichen, wenn man zwei cylindrische Holzstücke hat, auf welche man mit dem Bleistift eine Schraubenlinie gezeichnet hat. Hält man die beiden Stücke so, dass man die Enden vor sich hat, in welchen die

Ströme beide im selben Sinne kreisen, wie z. B. die Zeiger einer Uhr, und stellt dann die Cylinder hintereinander, dass jene Endflächen aufeinander folgen, so sieht man, dass die Ströme entgegengesetzt fließen. (Siehe Figur 11.)

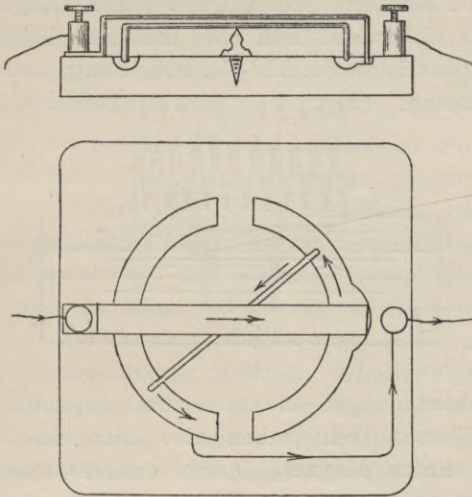


Fig. 10.

Bezeichnet man jene Enden, in welchen der Strom dieselbe Drehrichtung hat, als gleichnamig, jene, in welchen der Strom die entgegengesetzte Drehrichtung hat, als ungleichnamig, so kann man auch sagen: Gleichnamige Solenoid-Enden stossen einander ab, ungleichnamige ziehen einander an.

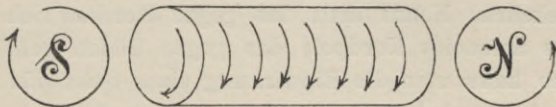


Fig. 11.

Dieser letzte Satz erinnert uns an die Einwirkung zweier Magnetpole aufeinander und gilt vollkommen für solche, wenn wir das Wort »Solenoid-Enden« durch das Wort »Magnetpole« ersetzen. Wir können daraus den Schluss ziehen, dass Solenoide sich wie Magnete in ihren Eigenschaften verhalten. Dies wird noch deutlicher durch folgende Beobachtungen:

Stellt man aus einem Kupferdraht ein Solenoid her, dessen Enddrähte durch ein flaches Stück Kork gesteckt werden und mit

je einer Zink- und Kupferplatte verbunden werden, setzt das Ganze auf die Oberfläche von verdünnter Schwefelsäure (1 : 20), so dass die beiden Platten eintauchend ein Volta-Element bilden, dessen Strom durch das Solenoid fließt, so wird man alsbald bemerken, dass sich das Solenoid mit seiner Längsachse in jene Richtung stellt, in welche sich eine frei bewegliche Magnetnadel stets einstellt, das ist in die Süd-Nord-Richtung, also in den magnetischen Meridian. (Fig. 12.) Hierbei befinden sich also die

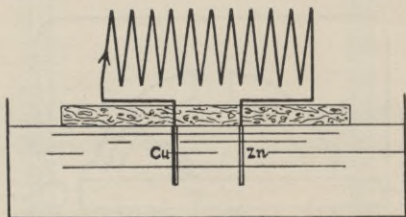


Fig. 12.

einzelnen Drahtwindungen in einer zum magnetischen Meridian senkrechten Ebene. Wir haben also hier eine Analogie des Solenoids zu einem Magnet, indem ersteres eine Einwirkung von seiten der erdmagnetischen Kraft erfährt, ebenso wie eine Deklinationsnadel, und wenn es sich auch in vertikaler Richtung drehen lässt, wird es sich wie eine Inklinationsnadel verhalten, indem das nach Norden zeigende Ende des Solenoids nach abwärts neigt.

Verhalten sich Solenoide untereinander wie Magnete, so sehen wir aber auch weiter, dass Magnete auf Solenoide einwirken und umgekehrt. Nennt man das gegen Norden sich kehrende Ende eines Solenoids Nordpol, das gegen Süden gekehrte Ende Südpol, so kann man die Einwirkung eines Solenoids auf einen Magnet und umgekehrt in dem Satze aussprechen: die Nordpole eines Magnets und eines Solenoids und ebenso die Südpole beider stoßen einander ab, während die ungleichnamigen Pole der beiden sich anziehen.

Durch diese eben besprochenen Erscheinungen gelangen wir zu dem Schlusse, dass Magnete sich wie Solenoide verhalten, worauf Ampère (1826 und Weber 1846) seine Theorie des Magnetismus gründete, welche wir an dieser Stelle besprechen wollen, da die Kenntnis derselben zum Verständnisse der Wirkungsweise einer Dynamomaschine wesentlich beiträgt.

Nach Ampère ist die Ursache des Magnetismus in elektrischen Strömen, welche im Inneren des Magnets kreisen, zu suchen. Man denkt sich dies folgendermassen: Jedes kleinste Eisenteilchen, also jedes Molekül, ist von einem Strome umflossen; beim unmagnetischen Eisen haben nun die Achsen dieser kleinen Ströme, der sogenannten Elementarströme, alle denkbaren Richtungen, weshalb sie keinerlei Wirkung nach aussen üben können. Bei einem Eisenstück aber, das magnetische Eigenschaften zeigt, sind die Achsen aller oder doch der meisten Elementarströme zu einander parallel, weshalb sie in ihrer Gesamtheit so wirken wie ein Strom, der das Eisenstück — den Magnet — umkreisen würde. Solchermassen ist nun ein Magnet nichts anderes als ein Solenoid. Während nun beim weichen Eisen eine Parallelstellung aller Achsen der Elementarströme sehr leicht möglich ist, z. B. durch die Einwirkung eines um das Eisenstück kreisenden elektrischen Stromes, ist diese bei hartem Stahle nur sehr schwer und nur langsam erreichbar; das weiche Eisen aber verliert mit der Einwirkung des elektrischen Stromes sofort seinen Magnetismus, d. h. die Elementarströme nehmen ihre ursprünglichen Richtungen wieder an, der Stahl dagegen bleibt nun dauernd magnetisch. Wir haben einen permanenten Magnet. Die Elementarströme verbleiben in ihren neuen Richtungen.<sup>1)</sup>

Nun lassen sich natürlich leicht alle Wirkungen der Magnete aufeinander als solche von Strömen aufeinander erklären.

Betrachten wir den Südpol eines Magnets, so haben wir nach vorhergehendem uns die Richtung des Stromes, welchen wir an Stelle aller parallelen Elementarströme setzen können, im Sinne der Bewegung des Zeigers einer Uhr zu denken, während uns diese Richtung entgegengesetzt erscheint, sobald wir auf den Nordpol blicken. (Siehe Fig. 11.)

Wir wenden uns nun zu einer weiteren Wirkung des elektrischen Stromes ausserhalb seines Weges, die sich durch ein Wort ausdrücken lässt:

**II. Der Elektromagnetismus.** Das Wichtigste hiervon haben wir bereits im obigen gehört, d. i., dass die in einem weichen Eisen-

---

<sup>1)</sup> Nach dieser Theorie ist nun auch der Erdmagnetismus durch das Kreisen elektrischer Ströme in der Erde um die Achse (Süd- und Nordpolverbindungsline) ausreichend erklärt, während über die Ursache des Vorhandenseins dieser Ströme verschiedene Ansichten herrschen.

stücke vorhandenen Elementarströme durch einen um dasselbe kreisenden Strom parallel gestellt und so nach aussen wirksam werden. Einen so hergestellten Magnet bezeichnet man als Elektromagnet. Er besteht daher aus einem weichen Eisen — dem Kerne — und aus einer Spule Kupferdraht um dasselbe. Man macht viele Windungen, um die Wirkung zu vergrössern. Ein Elektromagnet hat folgende Eigenschaften:

Er verhält sich wie ein Stahlmagnet; er zeigt Polarität, d. h. hat einen Nord- und Südpol, zieht weiches Eisen an und hält es fest. Diese Eigenschaften hat er jedoch nur, so lange der Strom hindurchfliesst; im Momente, wo dieser unterbrochen wird, wird das Eisen unmagnetisch; aber auch jede Verstärkung oder Schwächung des Stromes macht sich geltend, indem hierdurch auch die magnetische Kraft des Elektromagnets wächst oder geringer wird. Nach Unterbrechung des Stromes zeigt jedes Eisen eines Elektromagnets noch eine Spur von Magnetismus, den sog. zurückgebliebenen oder remanenten Magnetismus, ohne welchen keine Dynamo bei Ingangsetzung derselben ohne weiteres Strom geben würde, wie wir später noch sehen werden.

Um die Pole eines Elektromagnets zu bestimmen, kann man sich der auf Seite 10 angeführten Regel bedienen oder aber, indem man sich an das oben Gesagte erinnert: Der Südpol ist jener Pol, um welchen der Strom im Sinne des Zeigers einer Uhr kreist.

Wir werden im 5. Kapitel noch Gelegenheit haben, näheres über die Elektromagnete zu sagen, und wenden uns nun zur letzten zu besprechenden Wirkung des Stromes.

**III. Die Induktion.** Unter Induktion versteht man die Hervorrufung von Strömen durch Ströme in benachbarten Leitern oder im eigenen Leiter und durch Magnete in geschlossenen Leitern. Erstere Art von Induktion wird als Elektro-Induktion, letztere als Magneto-Induktion bezeichnet. Die Gesetze der Induktion lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

**A. Elektro-Induktion.** 1. Wird in der Nähe eines Leiters ein Strom geöffnet, so entsteht in dem Leiter ein Strom von gleicher Richtung. 2. Wird in der Nähe eines Leiters ein Strom geschlossen, so entsteht in dem Leiter ein Strom von entgegengesetzter Richtung. 3. Wenn man von einem Leiter einen solchen entfernt, in welchem ein Strom fliesst, so entsteht



in dem ersteren ein Strom von gleicher Richtung. 4. Wenn man einem Leiter einen solchen nähert, in welchem ein Strom fließt, so entsteht ein Strom von entgegengesetzter Richtung. 5. Wird ein Strom verstärkt oder geschwächt, so entsteht im benachbarten Leiter ein Strom von entgegengesetzter, beziehungsweise gleicher Richtung.

B. Magneto-Induktion. 1. Erregt man in der Nähe eines Leiters Magnetismus, so entsteht in diesem ein Strom von entgegengesetzter Richtung wie die der Elementarströme des Magnets. 2. Verschwindet Magnetismus in der Nähe eines Leiters, so entsteht in diesem ein Strom von gleicher Richtung wie die der Elementarströme des Magnets. 3. Nähert man einem Leiter einen Magnet, so entsteht ein Strom von entgegengesetzter Richtung wie die der Elementarströme des Magnets. 4. Entfernt man von einem Leiter einen Magnet, so entsteht ein Strom von gleicher Richtung wie die der Elementarströme des Magnets. 5. Wird in der Nähe eines Leiters Magnetismus verstärkt oder geschwächt, so entstehen Ströme, welche von entgegengesetzter, beziehungsweise gleicher Richtung sind wie die der Elementarströme des Magnets.

Man bezeichnet die erregenden Ströme als Hauptströme oder induzierende Ströme, die durch diese erregten Ströme als Neben-, induzierte oder Induktionsströme. Diese letzteren entstehen nun nicht nur in benachbarten Leitern, sondern auch im Leiter selbst, in welchem ein Strom irgend eine Änderung erfährt: Öffnen oder Schliessen, Verstärkung oder Schwächung. Die hierbei auftretenden Ströme bezeichnet man als Extraströme. (Selbstinduktion.)

Die Induktionsströme unterscheiden sich wesentlich von den Hauptströmen: sie sind nur von sehr kurzer Dauer, sobald sie durch plötzliche Einwirkung, wie Öffnen oder Schliessen, plötzliches Entstehen oder Verschwinden von Magnetismus entstehen, haben aber eine etwas längere Dauer, sobald sie durch Bewegung, also Nähern oder Entfernen von Strömen oder Magneten, entstehen. Wegen ihrer kurzen Dauer ist auch die Wirkung der Induktionsströme keine bedeutende. Ausgenommen, ihre elektromotorische Kraft ist sehr gross, und es fließen Induktionsströme in rascher Aufeinanderfolge durch einen Leiter. Die elektromotorische Kraft der Induktionsströme ist abhängig von der Zahl der Windungen,

durch welche der Hauptstrom fließt, sowie von dessen Stromstärke oder von der Stärke des erregenden Magnets.

Zum Nachweise der Induktion bedient man sich am vorteilhaftesten einer Holzspule, welche in vielen Windungen mit feinem Kupferdrahte bewickelt ist. Die Drahtenden verbindet man mit einem sehr empfindlichen Galvanoskop. Weiter bedient man sich zu den Versuchen eines passenden Magnets und einer zweiten Holzspule (mit Eisenkern zur Verstärkung der Wirkung), welche mit einigen Lagen dicken Drahtes umwickelt und in die Höhlung der ersteren Spule einzuschieben ist. Mit dieser einfachen Vorrichtung, welche man sich mit Leichtigkeit selbst herstellen kann, ist man imstande, alle in obigen Sätzen ausgesprochenen Erscheinungen nachzuweisen.

Nachdem wir nun in groben Zügen die Wirkungen des elektrischen Stromes besprochen, wenden wir uns zu einem weiteren Kapitel, das für uns von besonderer Wichtigkeit ist.



## Drittes Kapitel.

### Das Ohm'sche Gesetz.

Drei Grössen sind es, welche miteinander in innigem Zusammenhange stehen und mit welchen wir es zu thun haben, sobald ein Strom durch einen Leiter fliesst; dieselben sind: die elektromotorische Kraft, die Stromstärke und der Widerstand. Die elektromotorische Kraft haben wir bereits im zweiten Kapitel als die Ursache der Entstehung des elektrischen Stromes bezeichnet. Das Mass derselben ist das Volt, welches uns die Einheit der elektromotorischen Kraft vorstellt. Um einigermassen eine Vorstellung von der Grösse dieser Einheit zu geben, sei mitgeteilt, dass die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes nahezu gleich einem Volt ist; sie ist nämlich gleich 1,06 Volt. Die Stromstärke, d. i. die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt fliessende Elektrizitätsmenge, messen wir nach Ampère; die Einheit der Stromstärke ist also ein Ampère. Damit man sich eine Vorstellung von dieser Grösse machen könne, wollen wir einige Beispiele anführen. Der Strom in einer Haustelegraphenleitung, der die Klingel in Gang setzt, ist 0,3 bis 0,8 Ampère; eine 16kerzige Glühlampe von 50 Volt Spannung benötigt 1 Ampère, eine 1000kerzige Bogenlampe von annähernd derselben Spannung bedarf 10 Ampère. Ein Strom von 1 Ampère oder kürzer gesagt 1 Ampère schlägt in einer Minute 19,384 mg Kupfer nieder.

Um aber ein Bild von der Stärke eines Stromes zu haben, genügt es durchaus nicht, bloss zu wissen, wieviel Ampère derselbe hat, denn ein Strom von 1 Ampère und 10 Volt und ein Strom von 1 Ampère und 100 Volt sind doch ganz anders in ihrer Wirkung und der Grösse ihrer Arbeitsleistung, Wir müssen daher stets beide Grössen kennen. Erst das Produkt: Ampère mal Volt stellt uns die Grösse des Stromes, resp. die Grösse der geleisteten Arbeit vor. Dieses Produkt bezeichnet man als Voltampère oder auch als Watt. Ströme nun, welche durch eine gleiche Anzahl von

Watts ausgedrückt werden können, sind dem Werte nach einander gleich, in ihrer Wirkung aber nicht immer vom praktischen Standpunkte aus; z. B. sind die beiden Ströme

$$1 \text{ A mal } 50 \text{ V} = 50 \text{ W (Watt)}$$

$$\text{und } 50 \text{ A mal } 1 \text{ V} = 50 \text{ W}$$

dem Werte nach ganz gleich, d. h. sie brauchen zu ihrer Erzeugung genau die gleiche Arbeitsleistung, während umgekehrt beide dieselbe Arbeit wieder leisten können, wenn wir diese Arbeit durch mathematische Formeln zum Ausdrucke bringen. Es sind aber nicht beide Ströme zu einem und demselben Zwecke gleich gut verwendbar; während z. B. der erstere Strom eine Glühlampe zum Glühen bringen wird, wäre dieser Strom für galvanoplastische Zwecke unbrauchbar. Es erfordern eben die verschiedenen Zwecke verschiedene Ströme.

Um also einen Strom seiner Grösse nach beurteilen zu können, müssen wir wissen, wieviel Watt derselbe hat; zur Beurteilung aber der Art des Stromes ist es notwendig, die beiden Faktoren, welche das Produkt »Watt« geben, also die Zahl der Ampère und Volt, zu kennen. Z. B. ein Strom = 100 Watt kann sein:

|               |                |        |                |
|---------------|----------------|--------|----------------|
| ein Strom von | 100 Ampère und | 1 Volt |                |
| »             | »              | »      | 200 »          |
| »             | »              | »      | 50 »           |
| »             | »              | »      | 25 »           |
| »             | »              | »      | 1 »            |
| »             | »              | »      | 0,5 »          |
|               |                |        | 200 » u. s. w. |

Eine Leistung von 736 Voltampère oder Watt nennt man eine elektrische Pferdekraft. Wenn man elektrische Ströme mit Hilfe von Dynamomaschinen erzeugt, so rechnet man gewöhnlich 550 Watt auf eine aufgewendete Arbeit von einer Pferdekraft (1 PS).<sup>1)</sup>

Wenden wir uns nun zu der dritten zu Anfang dieses Kapitels genannten Grösse, dem Widerstand. Wenn ein Strom durch einen Leiter fliesst, so hat derselbe einen Widerstand zu überwinden, der von der Art des betreffenden Materials abhängt. Denken wir uns einen Rahmen aus Holz (Fig. 13), auf welchem Drähte ganz gleicher Stärke ausgespannt sind. Jeder Draht sei aus einem anderen

<sup>1)</sup> Eine 16kerzige Glühlampe bedarf 50 bis 55 Watt, manche Fabrikate sogar bloss ca. 40 Watt, so dass 10—11 und von letzteren 14 Glühlampen auf die Pferdekraft kommen. Eine Bogenlampe von 1000 Kerzen benötigt nicht ganz eine Pferdekraft: 50 Volt  $\times$  10 Ampère = 500 Watt.

Materiale hergestellt. Alle Drähte sind am oberen Teile des Rahmens mit einer Messingleiste verbunden, die in leitende Verbindung mit dem einen Pole einer Batterie gebracht wird. Die anderen Enden gehen an die im Kreise angebrachten Schleifkontakte. Der Hebel ist mit dem anderen Pole der Batterie verbunden. In den ganzen

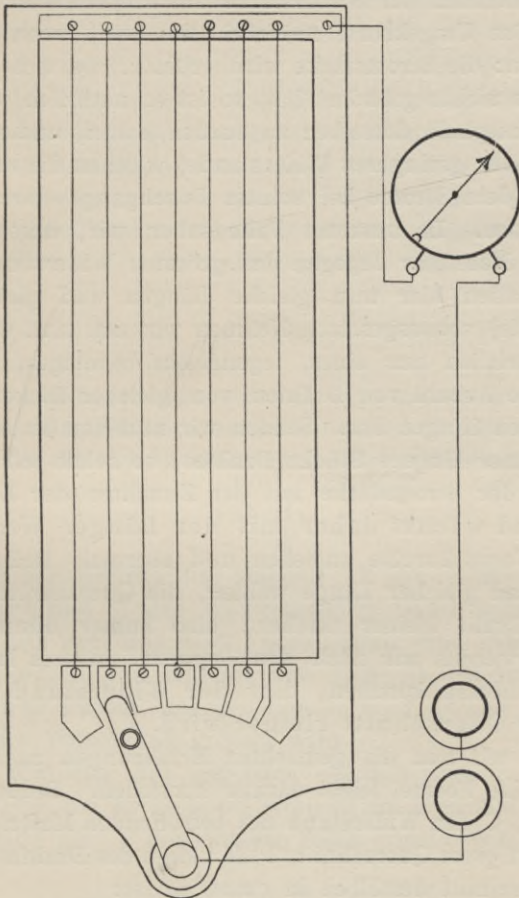


Fig. 13.

Stromkreis ist ein Ampèremeter, d. i. eine Vorrichtung, um die Stromstärke direkt in Ampère zu messen, eingeschaltet. Nehmen wir an, dass die einzelnen Drähte der Reihe nach aus folgenden Materialien bestehen: Silber, Kupfer, Aluminium, Zink, Eisen, Blei und Neusilber. Schliessen wir nun den Strom, indem wir

den Hebel auf 1 stellen, so dass der Strom durch den Silberdraht fliesst. Wir erhalten eine bestimmte Anzeige am Ampèremeter. Wenn wir nun, ohne irgend etwas an der Batterie zu ändern, den Hebel auf 2, 3 u. s. w. stellen, so werden wir, indem wir so nach und nach den Strom durch die einzelnen Drähte senden, ein stetiges Abnehmen der Stromstärke am Ampèremeter beobachten können. Das Umgekehrte natürlich tritt ein, wenn wir wieder zurückgehen: die Stromstärke wird grösser. Da sich nun an der Stromquelle nichts geändert hat, so ist es natürlich, dass wir die Ursache ausserhalb derselben zu suchen haben, und zwar in dem grösseren oder geringeren Widerstande, welchen die verschiedenen Materialien dem Strome bei seinem Durchgange durch dieselben entgegensetzen. In unserem Falle sahen wir, dass Silber den geringsten, Neusilber dagegen den grössten Widerstand hat.

Wir hatten hier nun gleiche Längen und gleiche Dicken (Querschnitte) vorausgesetzt. Nehmen wir nun statt der verschiedenen Materialien nur eines, irgend ein beliebiges, und stellen hiervon eine Anzahl von Drähten von gleicher Dicke, aber von verschiedenen Längen her. Senden wir nun den Strom der Reihe nach in immer längere Stücke Drahtes, so sehen wir wieder ein Abnehmen der Stromstärke mit der Zunahme der Länge. Der Widerstand wächst daher mit der Länge. Wenn wir endlich eine Versuchsreihe anstellen und abermals Drähte gleichen Materials und gleicher Länge wählen, die Querschnitte aber von Draht zu Draht kleiner machen, also immer dünnere Drähte wählen, so werden wir nach den Angaben unseres Instrumentes zu dem Schlusse kommen, dass der Widerstand zunimmt, indem der Querschnitt kleiner wird.

Fassen wir nun die gemachten Erfahrungen zusammen, so lässt sich eine Formel leicht daraus herstellen. Bedeutet  $W$  den Widerstand,  $C$  den Widerstand des betreffenden Materials für 1  $m$  Länge und 1  $qmm$  Querschnitt,  $l$  die Länge des Drahtes in Metern,  $q$  den Querschnitt desselben in  $qmm$ , so ist:

$$W = C \frac{l}{q}.$$

Diese Formel fasst nun alle vorher besprochenen Punkte zusammen und lautet in Worten ausgedrückt:

Der Widerstand ist abhängig von der Art des Materials und ist direkt der Länge, umgekehrt dem Querschnitt proportional.

Die Einheit des Widerstandes ist nun das Ohm; ein Ohm ist nahezu gleich dem Widerstande eines Quecksilberfadens von 1 *m* Länge und 1 *qmm* Querschnitt. 47,14 *m* käuflichen Kupferdrahtes von 1 *mm* Durchmesser haben einen Widerstand von 1 Ohm. Ein Kupferdraht von 1 *m* Länge und 1 *qmm* Querschnitt hat 0,018 Ohm = C in obiger Formel. Man nennt diese Zahlen, welche also den Widerstand eines Materials für die Länge = 1 *m* und den Querschnitt = 1 *qmm* angeben, die spezifischen Widerstände der betreffenden Materialien. Diese Werte findet man für die verschiedenen Materialien zusammengestellt in allen Taschenbüchern.<sup>1)</sup>

Wir haben nun die drei zu Anfang dieses Kapitels als wichtig bezeichneten Grössen kennen gelernt; wir wollen uns nun zur Besprechung ihres Zusammenhanges wenden. Letzterer ist durch das sog. Ohm'sche Gesetz in einfacher und äusserst klarer Weise gegeben.

Das Ohm'sche Gesetz, das Alpha und Omega für die ganze Elektrotechnik, lautet wie folgt:

Die Stromstärke ist der elektromotorischen Kraft direkt und dem Widerstande umgekehrt proportional. Dieser Satz drückt sich in einer Formel folgendermassen aus:

$$J = \frac{E}{W},$$

wobei J die Stromstärke (in Ampère), E die elektromotorische Kraft (in Volt) und W den Widerstand (in Ohm) bedeuten.

Dieser Satz sagt uns also, dass durch eine Erhöhung der elektromotorischen Kraft und die Verringerung des Widerstandes die Stromstärke wächst, dagegen kleiner wird, sobald die erstere sinkt oder der Widerstand grösser wird.

Haben wir also eine gegebene elektromotorische Kraft, so können wir eine um so grössere Stromstärke erreichen, je kleiner der Widerstand wird. Aus obigem Satze ergibt sich einfach:

$$1) W = \frac{E}{J} \text{ und } 2) E = J W.$$

Wir wollen nun auf Grund des Ohm'schen Gesetzes die Stromverhältnisse in den Leitungen näher besprechen. Wenden wir vor

---

<sup>1)</sup> Biscan, »Formeln und Tabellen für Elektrotechniker«, S. 62 u. f. der 3. Aufl., Verlag von Oskar Leiner in Leipzig, Preis geb. M 1.50.

allem das Ohm'sche Gesetz auf galvanische Elemente an; es erleichtert uns dies ganz wesentlich das Verständnis.

Wir können galvanische Elemente auf dreierlei Art zu einer Batterie verbinden, und zwar 1. alle Elemente hintereinander; 2. alle Elemente nebeneinander, und 3. gemischt, d. h. eine gewisse Anzahl hintereinander und mehrere solcher Gruppen nebeneinander oder umgekehrt.

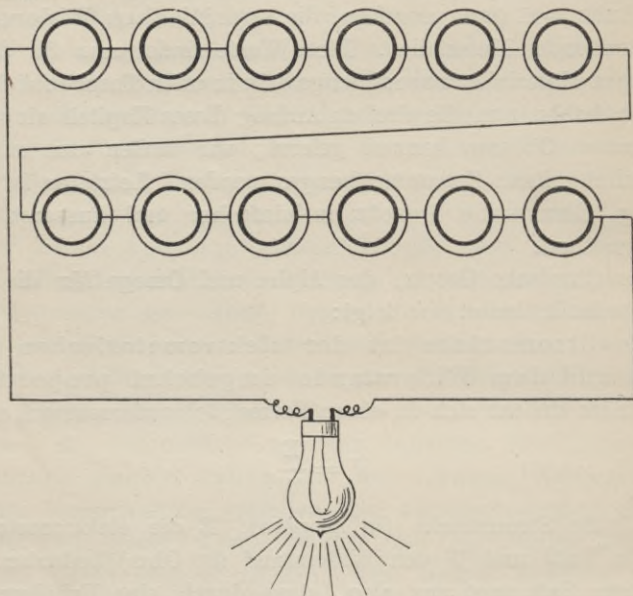


Fig. 14.

1. Die Hintereinanderschaltung. Man bezeichnet diese Art von Schaltung, bei welcher immer der + Pol eines Elementes mit dem - Pol des nächsten verbunden wird, auch als Reihen- oder Serienschaltung oder auch als Schaltung auf Intensität. (Fig. 14.) In diesem Falle erhalten wir eine elektromotorische Kraft  $E$ , welche an den Polklemmen der Batterie gemessen wird, gleich der eines Elementes ( $e$ ) multipliziert mit der Anzahl ( $n$ ) der hintereinander geschalteten Elemente, also  $E = n \cdot e$ . Der innere Widerstand der Batterie wird aber ebenfalls  $n$  mal so gross sein als der eines einzelnen Elementes also  $W = n \cdot w$ . Diese Schaltung wendet man an, wenn der äussere Widerstand, also der der Leitung, sehr gross ist, so z. B. in der Telegraphie, Telephonie, bei elektrischen Uhrenanlagen u. dergl.



2. Die Nebeneinander- oder Parallelschaltung oder auch Schaltung auf Quantität. In diesem Falle werden alle positiven Pole untereinander und ebenso alle negativen Pole untereinander verbunden. Die elektromotorische Kraft  $E$  ist in diesem Falle gleich  $e$ , derjenigen also, welche ein einzelnes Element hat. Der innere Widerstand wird jedoch bedeutend vermindert; er ist bei  $n$ -Elementen nur der  $n$ -te Teil desjenigen eines Elementes. Dies wird uns klar, wenn wir uns an das Ohm'sche Gesetz erinnern; wir sagten dort, dass der Widerstand umgekehrt proportional dem Querschnitte sei. Wenn nun der Widerstand eines Elementes  $w$  ist und wir den Querschnitt dadurch vergrössern, dass wir alle  $+$ -Platten verbinden, also gewissermassen dafür eine  $n$  mal so grosse Platte nehmen und dasselbe mit der negativen Platte thun, so muss auch der Widerstand nur  $\frac{1}{n}$  des ursprünglichen sein.

Dadurch nun, dass der Widerstand so bedeutend verringert wird, erhalten wir eine grosse Stromstärke. Man wird diese Schaltung in allen Fällen anwenden, wo viel Strom, wenn auch von geringer Spannung, benötigt wird; so z. B. zu galvanoplastischen Arbeiten, zum galvanischen Glühen u. s. w.

3. Die gemischte Schaltung. Die erste Schaltung ergibt uns Ströme von grosser Spannung, aber geringer Stromstärke, die zweite aber einen Strom, bei welchem das Umgekehrte der Fall ist. Nun tritt aber der Fall viel öfter ein, dass man Ströme benötigt, deren Spannung grösser ist als die eines einzigen Elements, bei grösserer Stromstärke. Da genügt nun keine der beiden Schaltungsweisen; wir müssen beide Schaltungsweisen kombinieren. Nehmen wir den Fall, dass uns sechs Elemente gleicher Art zur Verfügung stehen. Wir schalten hiervon je drei Elemente hintereinander, diese beiden Gruppen aber zu einander parallel. Wir erhalten die elektromotorische Kraft  $= 3e$  für jede der hintereinander geschalteten Elementengruppen; sie bleibt aber  $3e$ , wenn wir diese Gruppen parallel zu einander schalten. Der Widerstand der ganzen Kombination findet sich folgendermassen: jede Gruppe hat einen Widerstand von  $3w$ , die ganze Kombination aber  $\frac{3w}{2}$ , da die Gruppen nebeneinander geschaltet sind.

Zum leichteren Verständnisse sei ein Beispiel hier angeführt. Gegeben seien zwölf Bunsen-Elemente; die elektromotorische Kraft eines Elementes sei 1,9 Volt, der Widerstand eines Elementes 0,12 Ohm. Welche Stromstärken erhalten wir bei verschiedenen Schaltungsweisen? Vor allem wollen wir unsere Formel  $J = \frac{E}{W}$  etwas abändern, indem wir für  $W$  schreiben  $w + W$ , wobei wir

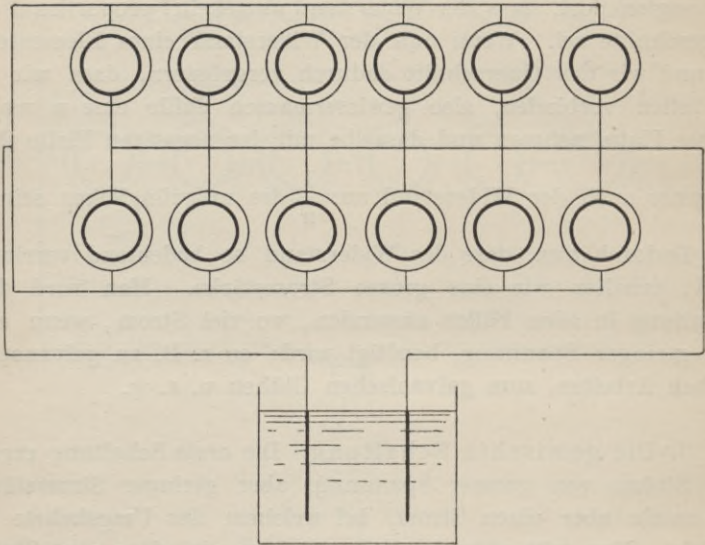


Fig. 15.

unter  $w$  den inneren, unter  $W$  den äusseren Widerstand verstehen wollen. Die Formel lautet dann:

$$J = \frac{E}{w + W}.$$

Nun wollen wir die Elemente kombinieren:

1. Alle zwölf Elemente hintereinander geschaltet; wir wollen damit eine Glühlampe zu 16 Kerzen speisen. Da wir bei zwölf Elementen in diesem Falle eine elektromotorische Kraft von  $12 \times e = 12 \times 1,9 = 22,8$  erhalten, so müssen wir auch eine Glühlampe von ungefähr dieser Spannung wählen; nehmen wir eine solche von 22 Volt, so hat dieselbe einen Widerstand von 8,4 Ohm. Der

innere Widerstand der Batterie wird gleich dem zwölffachen eines Elementes sein; wir haben daher die Stromstärke:

$$J = \frac{12 e}{12 w + W} = \frac{12 \times 1,9}{12 \times 0,12 + 8,4} = \frac{22,8}{9,8} = 2,3 \dots \text{Ampère.}$$

Das ist nun auch das Erfordernis der Glühlampe an Strom. (Siehe Fig. 14.)

2. Alle zwölf Elemente parallel (Fig. 15). Wir wollen mit diesem Strome ein Bad beschicken, in welches wir Gegenstände zur Verkupferung eingehängt haben. Hierzu bedürfen wir einer grossen Stromstärke, aber sehr geringer Spannung. In unserer Formel haben wir nun zu setzen: für  $E = e = 1,9$ , da alle Elemente parallel sind; der innere Widerstand  $w$  ist aber nur der 12. Teil desjenigen eines Elementes, also  $\frac{0,12}{12}$ . Der äussere Widerstand sei hier gleich 0,1 Ohm. Die Formel gestaltet sich nun wie folgt:

$$J = \frac{1,9}{\frac{0,12}{12} + 0,1} = \frac{1,9}{0,11} = 17,3 \text{ Ampère.}$$

3. Wir hätten nun eine galvanische Vergoldung vorzunehmen in einem Bade, dessen Widerstand = 1 Ohm wäre; zur Vergoldung ist aber eine Spannung von 7 bis 8 Volt notwendig. Wollen wir nun unsere zwölf Elemente dazu verwenden, so müssen wir dieselben so schalten, dass die elektromotorische Kraft ungefähr 7 bis 8 Volt wird. Diese erhalten wir, wenn wir vier Elemente hintereinander schalten. Machen wir dies mit je 4, so erhalten wir drei Gruppen zu je vier hintereinander geschalteten Elementen; diese drei Gruppen wollen wir nun nebeneinander schalten, wie es die Figur 16 zeigt. Welche Stromstärke resultiert?

Wir haben in unserer Formel einzusetzen für  $E 4 \times e$ , also  $4 \cdot 1,9$ , da die elektromotorische Kraft jeder Gruppe gleich der vierfachen eines Elementes ist, dieselbe aber bei Parallelschaltung der drei Gruppen unverändert bleibt. Der gesamte innere Widerstand bildet sich wie folgt: Vier Elemente hintereinander geben 4  $w$  (wenn  $w$  den Widerstand eines Elementes bedeutet). Jede Gruppe fassen wir nun wie ein Element auf und schalten diese Gruppen parallel; hierdurch wird der Widerstand =  $\frac{1}{3}$  von dem einer Gruppe, also gleich  $\frac{4 w}{3} = \frac{4 \cdot 0,12}{3}$ .

Die Formel ergibt demnach:

$$J = \frac{4 e}{\frac{4 w}{3} + W} = \frac{4 \cdot 1,9}{\frac{4 \cdot 0,12}{3} + 1} = \frac{7,6}{0,16 + 1} = 7,6 : 1,16 = 6,5 \dots \text{ A.}$$

In dieser Weise können wir zu diversen Zwecken unsere zwölf Elemente beliebig kombinieren. Die kleinste elektromotorische Kraft erhalten wir, wenn wir alle Elemente parallel, die grösste, wenn wir alle hintereinander schalten. Die übrigen Kombinationen ergeben der Reihe nach  $2 \times 1,9$  Volt (2 hintereinander zu sechs Gruppen parallel),  $3 \times 1,9$  Volt (3 hintereinander zu vier Gruppen parallel),  $4 \times 1,9$  Volt (4 hintereinander zu drei Gruppen parallel) u. s. w.

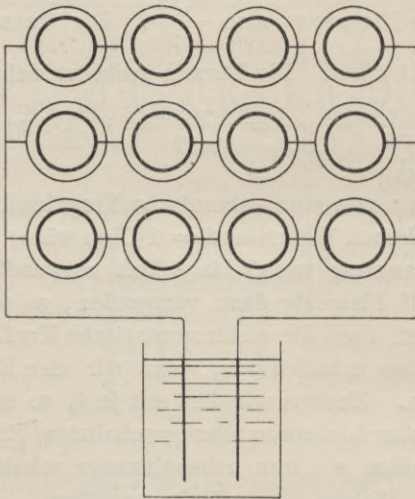


Fig. 16.

Es sei hier eine kleine Bemerkung über die Schaltung der Akkumulatoren am Platze. Wir sehen nämlich sehr selten parallel geschaltete Akkumulatoren in der Praxis, besonders nicht bei kleineren Anlagen, wo sie fast stets nur in Reihenschaltung zur Verwendung kommen. Der Grund liegt darin, dass die Akkumulatorenfabriken verschiedene Grössen von Akkumulatoren in den Handel bringen, welche bereits parallel geschaltete Elemente vorstellen. Dies ist nämlich so zu verstehen: in einem Gefässe befindet sich eine grosse Anzahl von Platten, von welchen alle positiven und

alle negativen untereinander verbunden sind. Denken wir uns, ein Akkumulator habe im ganzen zwölf Platten, von welchen je sechs miteinander verbunden sind, so ist dies dasselbe, als ob wir sechs Elemente zu je zwei Platten parallel geschaltet hätten.

Eben in der Weise, in welcher man Elemente hintereinander, also auf Spannung und parallel, also auf Strommenge, schalten kann, ist dies mit Dynamomaschinen möglich. Hier ist jedoch der Fall der Parallelschaltung weit häufiger.

Gerade so, wie man nur Elemente von gleicher Spannung parallel schalten kann, können auch nur dann Dynamomaschinen parallel geschaltet werden, wenn sie dieselbe Spannung haben. Es ist daher unumgänglich notwendig, parallel zu schaltende Maschinen zuerst auf gleiche Spannung zu bringen, bevor man die beiden Ströme auf eine Leitung arbeiten lässt, und sodann muss auch während des Betriebes für Erhaltung gleicher Spannung auf beiden (oder mehreren parallel geschalteten) Maschinen gesorgt werden.

Wir haben bisher von der Schaltung der Generatoren — der Stromerzeuger — gesprochen, also gewissermassen der Schaltung im inneren Stromkreise; wir wenden uns nun zu derjenigen im äusseren Stromkreise.

A. Hintereinanderschaltung. Was immer wir in eine Leitung schalten, seien es Glühlampen, Bogenlampen, elektrische Motoren, galvanische Bäder oder andere Apparate zu verschiedenen Zwecken, so stellt uns das betreffende Objekt einen vom Strome zu überwindenden Widerstand vor, weshalb wir auch allgemein von eingeschalteten Widerständen sprechen können.

Jeder Widerstand verbraucht zu seiner Überwindung Spannung. Wenn wir daher eine Reihe von Widerständen hintereinander schalten, so benötigen wir einen Strom von ebenso grosser Spannung, als die Summe aller für jeden einzelnen Widerstand notwendigen Spannungen beträgt. Hierbei sei aber ausdrücklich hervorgehoben, dass die elektromotorische Kraft des Generators stets um einen gewissen Betrag grösser sein muss als jene Spannung. So sind wir denn hier ganz einfach auf den Unterschied zwischen elektromotorischer Kraft und Spannung gelangt. Im Grunde genommen sind beide dasselbe; wenn wir aber von elektromotorischer Kraft sprechen, so meinen wir damit diejenige des Generators, welche, wie bereits gesagt, um etwas grösser ist als die Spannung im äusseren Strom-

kreise. Jene Differenz zwischen elektromotorischer Kraft am Generator und der Spannung im Stromkreise ist diejenige elektromotorische Kraft, welche zur Überwindung des inneren Widerstandes, des Widerstandes in der Maschine, verbraucht wird. So wird man beispielsweise hören: eine Dynamomaschine hat eine elektromotorische Kraft von 102,5 Volt -- im äusseren Stromkreise herrscht eine Spannung von 100 Volt. Den ersteren Wert bezeichnet man auch als Klemmenspannung (Potentialdifferenz an den Polen der Maschine).

Gehen wir nun zu dem vorhin Gesagten: es sei eine Reihe von Widerständen hintereinander geschaltet. Die Gesamtspannung ist also die Summe der einzelnen Spannungen. Es ist nun gleichgültig, ob die einzelnen Widerstände untereinander derselben oder verschiedener Spannung bedürfen; nicht so ist es aber mit der Stromstärke. Diese muss für alle dieselbe sein, da ja im ganzen einfachen Stromkreise nur eine Stromstärke herrschen wird. Schaltet man beispielsweise Glühlampen hintereinander, so können dieselben von verschiedener Kerzenstärke sein. Da aber alle dieselbe Stromstärke haben müssen, d. h. durch alle wird der Strom von der Stärke  $x$  Ampère fließen, so ist es einleuchtend, dass die Lampe von höherer Kerzenstärke auch eine grössere Spannung benötigen wird. Nach diesem System hat man besonders in Amerika viele Beleuchtungsanlagen ausgeführt. In Europa giebt es nur sehr vereinzelt derartige Anlagen.<sup>1)</sup>

Gern schaltet man Bogenlampen hintereinander, wo es thunlich, da dieses sehr rationell ist. Die Fig. 17 giebt uns ein Bild einer Anlage mit hintereinander geschalteten Glühlampen, Bogenlampen und einem Motor. Wir werden noch Gelegenheit haben, die Hintereinanderschaltung bei der reinen Dynamomaschine zu besprechen.

B. Parallelschaltung im äusseren Stromkreise. Stromver-zweigung. Teilt sich ein Stromweg in irgend einem Punkte in zwei oder mehrere Teile, die sich wieder vereinigen, so ist es klar, dass durch jeden Zweig ein Teil des Hauptstromes fließen wird. Nehmen wir an, dass die beiden Zweige  $i_1 w_1$  und  $i_2 w_2$  in der Fig. 18 gleiche Länge und gleichen Querschnitt haben und aus demselben Materiale bestehen, also kurz gesagt denselben Widerstand besitzen, so wird auch durch jeden Zweig eine gleiche Menge des Gesamtstromes, in unserem Falle also je die Hälfte, fließen. Denken wir

---

<sup>1)</sup> Bernstein in Hamburg befasste sich einige Zeit mit Installationen nach diesem System.

uns aber, dass die Zweigwiderstände verschieden sind, so wird es uns auch begreiflich sein, dass die in den einzelnen Zweigen vorhandenen Stromstärken ungleich sind. In dem Zweige, in welchem der grössere Widerstand herrscht, wird auch nur ein kleinerer Teil des Stromes fließen.

Die Stromstärken in den einzelnen Zweigen werden sich umgekehrt verhalten wie die Widerstände. Bezeichnet  $i_1$   $i_2$  die bezügliche Stromstärke,  $w_1$   $w_2$  den Widerstand der Zweige, so können wir schreiben  $i_1 : i_2 = w_2 : w_1$ , und wenn mehrere Zweige vorhanden sind:

$$i_1 : i_2 : i_3 \dots : i_n = w_n : \dots : w_3 : w_2 : w_1.$$

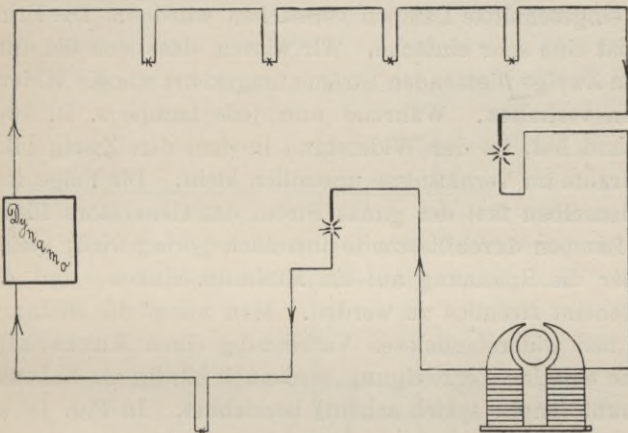


Fig. 17.

Die Summe der Stromstärken in den Zweigen wird natürlich gleich sein der Stromstärke in der Hauptleitung:

$$J = i_1 + i_2 + i_3 + \dots$$

Aus der oben aufgestellten Proportion  $i_1 : i_2 = w_2 : w_1$  folgt auch  $i_1 w_1 = i_2 w_2$  für zwei Zweige und analog für  $n$  Zweige  $i_1 w_1 = i_2 w_2 = i_3 w_3 = \dots = i_n w_n$ . Nach dem

Ohm'schen Gesetze ( $J = \frac{E}{W}$ ) ist aber  $E = J \cdot W$ . Da nun alle

Produkte  $i w$  in den Stromzweigen einander gleich sind, so sagt uns dies, dass überall dieselbe Spannung herrschen wird. Man bezeichnet daher auch dieses System als Gleichspannungssystem

und die hierfür bestimmten Dynamomaschinen als Gleichspannmaschinen oder Maschinen für konstante Spannung.

Während wir bei Reihenschaltung durchaus an keinem Teile der Leitung eine Unterbrechung herbeiführen dürfen und im Falle der Ausschaltung eines Widerstandes vorher oder gleichzeitig eine Nebenschliessung herstellen müssen, ist dies beim System der Stromverzweigung nur in Bezug auf den Hauptleiter gültig, während man in den Zweigen wirkliche Unterbrechungen der Leitungen herbeiführen muss, um einen Widerstand auszuschalten. Es ist hier absolut nicht statthaft, einen Zweig ohne Widerstand, resp. mit ausserordentlich geringem Widerstand, also z. B. nur durch ein kurzes Stück Kupferdraht, zu bilden, da hierdurch beispielsweise alle in andere Zweige eingeschaltete Lampen verlöschen würden. Die Erklärung hierfür ist eine sehr einfache. Wir wissen, dass sich die durch die einzelnen Zweige fliessenden Ströme umgekehrt wie die Widerstände derselben verhalten. Während nun jede Lampe z. B. 100 Ohm Widerstand hat, ist der Widerstand in dem den Zweig bildenden Kupferdrahte im Verhältnisse unendlich klein. Die Folge ist, dass durch denselben fast der ganze Strom des Generators fliesst und der die Lampen durchfliessende unendlich gering wird; gleichzeitig wird aber die Spannung auf ein Minimum sinken, und die Maschine scheint stromlos zu werden. Man nennt die Bildung einer solchen fast widerstandslosen Verbindung einen Kurzschluss.

Eine einzelne Verzweigung wird auch häufig als Nebenschluss oder Shunt (engl., sprich schön) bezeichnet. In Fig. 18 ist eine Reihe von Stromverzweigungsbeispielen gegeben.

Im einfachen Stromkreise, in welchem sämtliche Widerstände hintereinander geschaltet sind, wird der Gesamtwiderstand gleich der Summe der einzelnen Widerstände sein.

Nicht so ist es im verzweigten Stromkreise oder, wie man auch sagen kann, bei der Parallelschaltung.

Nehmen wir den Fall an, dass sich ein Strom in zwei Zweige teilt, deren Widerstände untereinander gleich sind. Dann folgt nach dem Satze  $i_1 : i_2 = w_2 : w_1$ , dass  $i_1 = i_2$  ist. Der gesamte Widerstand der Verzweigung ist in diesem Falle nur  $\frac{w}{2}$ , d. h. die Hälfte des Widerstandes einer Verzweigung. Dies erscheint im ersten Augenblick paradox, doch wird es uns durch eine einfache Überlegung klar werden. Nehmen wir einen einfachen Stromkreis,



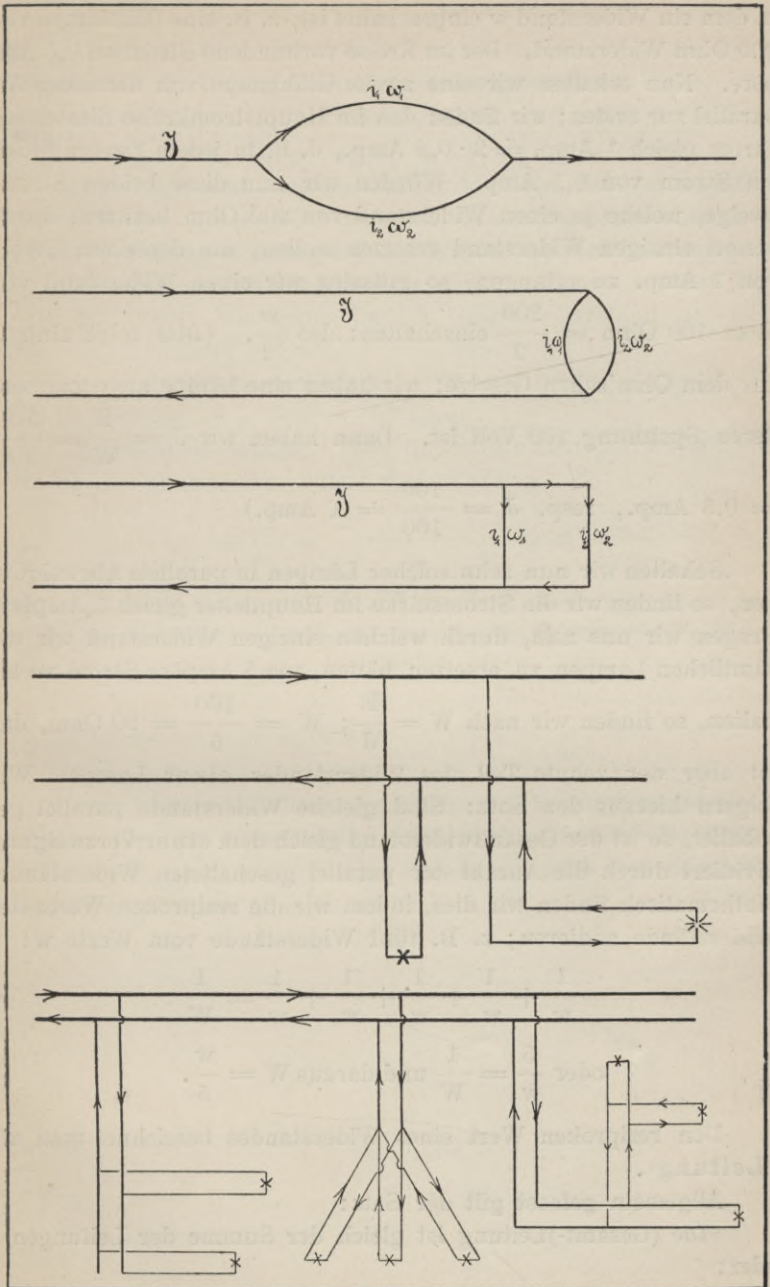


Fig. 18.

in dem ein Widerstand  $w$  eingeschaltet ist, z. B. eine Glühlampe von 200 Ohm Widerstand. Der im Kreise vorhandene Strom sei 0,5 Ampère. Nun schalten wir eine zweite Glühlampe von derselben Art parallel zur ersten; wir finden den im Hauptstromkreise fließenden Strom gleich 1 Amp. =  $2 \cdot 0,5$  Amp., d. h. in jedem Zweige fließt ein Strom von 0,5 Amp. Würden wir nun diese beiden Stromzweige, welche je einen Widerstand von 200 Ohm besitzen, durch einen einzigen Widerstand ersetzen wollen, um denselben Strom von 1 Amp. zu erlangen, so müssten wir einen Widerstand von bloss 100 Ohm =  $\frac{200}{2}$  einschalten: also  $\frac{w}{2}$ . (Dies folgt einfach aus dem Ohm'schen Gesetze; wir haben eine Lampe angenommen, deren Spannung 100 Volt ist. Dann haben wir  $J = \frac{E}{W} = \frac{100}{200} = 0,5$  Amp., resp.  $J = \frac{100}{100} = 1$  Amp.)

Schalten wir nun zehn solcher Lampen in parallele Abzweigungen, so finden wir die Stromstärke im Hauptleiter gleich 5 Ampère. Fragen wir uns nun, durch welchen einzigen Widerstand wir die sämtlichen Lampen zu ersetzen hätten, um 5 Ampère Strom zu erhalten, so finden wir nach  $W = \frac{E}{J}$ ;  $W = \frac{100}{5} = 20$  Ohm, das ist aber der zehnte Teil des Widerstandes einer Lampe. Wir folgern hieraus den Satz: Sind gleiche Widerstände parallel geschaltet, so ist der Gesamtwiderstand gleich dem einer Verzweigung dividiert durch die Anzahl der parallel geschalteten Widerstände. Mathematisch finden wir dies, indem wir die reziproken Werte der Widerstände addieren; z. B. fünf Widerstände vom Werte  $w$ :

$$\frac{1}{w} + \frac{1}{w} + \frac{1}{w} + \frac{1}{w} + \frac{1}{w} = \frac{1}{W}$$

oder  $\frac{5}{w} = \frac{1}{W}$  und daraus  $W = \frac{w}{5}$ .

Den reziproken Wert eines Widerstandes bezeichnet man als »Leitung«.

Allgemein gefasst gilt der Satz:

»Die (Gesamt-)Leitung ist gleich der Summe der Leitungen«, oder:

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} + \frac{1}{w_4} \dots,$$

woraus sich leicht der Gesamtwiderstand berechnet.

$$W = \frac{w_1 w_2 w_3 w_4}{w_2 w_3 w_4 + w_1 w_3 w_4 + w_1 w_2 w_4 + w_1 w_2 w_3}.$$

Zum leichteren Verständnis sei hier ein Beispiel angeführt, das auch den Unterschied zwischen Hintereinanderschaltung und Parallelschaltung in Bezug auf den Widerstand deutlich zeigen soll.

Es seien vier Widerstände gegeben und zwar von 10, 30, 50 und 100 Ohm; wie gross ist der Gesamtwiderstand bei beiden Schaltungsweisen?

A. Hintereinanderschaltung.  $W = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 10 + 30 + 50 + 100 = 190$  Ohm.

B. Parallelschaltung. Hier finden wir also den Widerstand  $W$  durch Anwendung des Satzes der »Leitung«.

$$\begin{aligned} \frac{1}{W} &= \frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2} + \frac{1}{w_3} + \frac{1}{w_4} \text{ und } W = \\ &= \frac{w_1 w_2 w_3 w_4}{w_2 w_3 w_4 + w_1 w_3 w_4 + w_1 w_2 w_4 + w_1 w_2 w_3} = \\ &= \frac{10 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 100}{30 \cdot 50 \cdot 100 + 10 \cdot 50 \cdot 100 + 10 \cdot 30 \cdot 100 + 10 \cdot 30 \cdot 50} = \\ &= \frac{1500000}{245000} = 6,1 \dots \text{ Ohm.} \end{aligned}$$

Das Verständnis dieser Verhältnisse erleichtert ungemein dasjenige für die Konstruktion und Wirkungsweise der Dynamomaschinen, und wir können uns daher jetzt zur Besprechung derselben wenden.

## Viertes Kapitel.

### Die stromerzeugenden Maschinen.

Es würde über den Rahmen dieses Buches hinausgehen, wenn wir auf die historische Entwicklung der stromerzeugenden Maschinen — so interessant es auch wäre — näher eingehen wollten. Wir wollen hier nur jene maschinelle Vorrichtung näher kennen lernen, welche man als die erste, wenn auch einfachste Form einer stromgebenden Maschine betrachten kann, um dann die einzelnen Grundtypen der modernen Maschinen kennen zu lernen.

Alle Vorrichtungen, welche durch mechanische Arbeit, d. h. also durch Kraft und Bewegung, elektrische Ströme von der Art, wie galvanische Elemente sie geben, hervorbringen, beruhen auf der Induktionswirkung von Magneten auf bewegte Stromleiter.

Entweder sind es permanente oder Stahl-Magnete, welche induzierend wirken, oder aber Elektromagnete. Letztere wieder können den den Magnetismus erregenden Strom von einer besonderen, ausserhalb der Maschine selbst liegenden Stromquelle erhalten oder denselben als einen Teil des durch sie selbst erzeugten Stromes zugeführt erhalten. Darnach teilt man die Maschinen ein in

1. Magnetelektrische Maschinen;
2. Maschinen mit separater Erregung der Magnete und
3. Dynamoelektrische Maschinen.

Je nachdem der erzeugte Strom ständig dieselbe Richtung beibehält, oder seine Richtung in der Zeiteinheit, z. B. in einer Sekunde, mehr oder weniger oft wechselt, teilt man auch die Maschinen ein in

1. Gleichstrommaschinen und
2. Wechselstrommaschinen.

Die erste maschinelle Vorrichtung, um elektrische Ströme zu erzeugen, verdanken wir Pixii, welcher im Jahre 1832 die erste magnetelektrische Maschine konstruiert hat. Dieselbe bestand aus zwei mit weichen Eisenkernen versehenen Drahtspulen, welchen

gegenüber ein Hufeisenmagnet angebracht wurde (Fig. 19), welcher letzterer in rasche Rotation um die Achse *ab* gebracht werden konnte. Durch das Nähern und Entfernen der Magnetpole an,

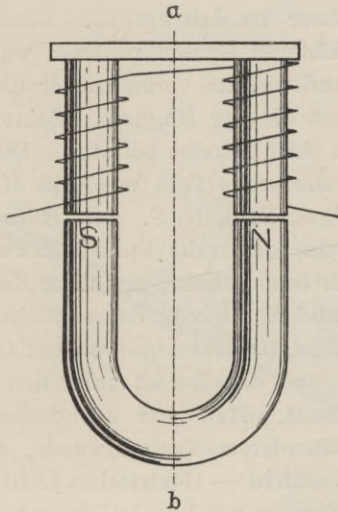


Fig. 19.

beziehungsweise von den Spulen und deren Eisenkernen entstehen durch Induktion Ströme in den Spulen, welche, wie eine einfache Betrachtung ergibt, von wechselnder Richtung sind. Es findet bei jeder vollen Umdrehung ein zweimaliger Wechsel der Stromrichtung statt.

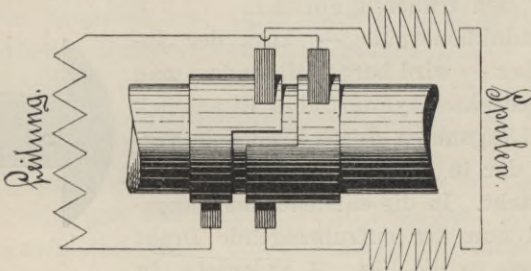


Fig. 20.

Durch eine einfache Vorrichtung, Kommutator genannt, kann man diese Ströme gleich richten. Die Fig. 20 giebt ein Schema des Kommutators. Derselbe besteht aus zwei zum Teil ausgeschnit-

tenen Cylindern aus Messing, welche isoliert auf einer Welle sitzen und auf welchen Zu- resp. Ableitungstreifen federnd schleifen.

Bedeutend verbessert hat diese Maschine — welche übrigens heute noch bei jedem Mechaniker zu Zwecken der Elektrisierung käuflich ist — Stöhrer im Jahre 1843. Einerseits liess er die verhältnismässig leichteren Spulen rotieren, während die Magnete fest standen, und andererseits vermehrte er die Zahl der Spulen und demgemäss auch die der Magnete. Seine Maschine bestand aus sechs Spulen an einer Scheibe befestigt. Diesen Spulen gegenüber befanden sich die sechs Pole von drei Magneten mit alternierenden Polen: N, S, N, S, N, S. Mit Hilfe eines Kurbelrades mit Schnurlauf wurden die sechs Spulen in rasche Rotation versetzt. Ein dem früher besprochenen ähnlicher Kommutator besorgte die Gleichrichtung und Sammlung der entstehenden Ströme.

Im grossen wurde die Maschine von der Gesellschaft Alliance in Paris ausgeführt, und dieselbe ist unter dem Namen Alliance-Maschine sehr bekannt. Man war mit derselben imstande — allerdings mit bedeutenderem Kraftaufwande, als dies heute mit unseren Dynamos geschieht — elektrisches Licht zu erzeugen. Die Alliance-Maschinen fanden auf Leuchttürmen zur Erzeugung kräftiger Bogenlichter Verwendung.

Ein bedeutender Fortschritt war zu verzeichnen, als Siemens im Jahre 1850 seinen »T«-Induktor erfand.<sup>1)</sup> Die Form des Eisens der Induktionsspule ist derart gewählt und so im magnetischen Felde, d. h. zwischen den induzierenden Magnetpolen angeordnet, dass eine weit kräftigere Wirkung damit erzielt wird, als mit all' den früheren Formen.

Die Induktionsspule — kurz der Induktor, Anker — wird hergestellt, indem man ein rund gedrehtes cylindrisches Eisenstück derart mit Längsnuten durch Einhobeln versteht, dass der in Fig. 21 abgebildete Querschnitt entsteht. In die entstehenden Längsnuten wird nun der aufzubringende Draht gewickelt, wie es die Fig. 22 andeutet. In Fig. 22 ist nur eine Windung gezeichnet. Die Enden der Wicke-



Fig. 21.

<sup>1)</sup> Wir können in diesem Buche, wie schon erwähnt, nicht auf eine geschichtliche Entwickelung der Maschinen eingehen, sondern müssen uns auf die Anführung der typischen Formen beschränken.

lung werden mit Schleifringen verbunden, welche isoliert von dieser auf der Welle angebracht sind. Durch Federn, welche auf diesen Schleifringen schleifen, wird der entstehende Wechselstrom der äusseren Leitung zugeführt. Der Anker rotiert zwischen den cylindrisch ausgenommenen Magneten.

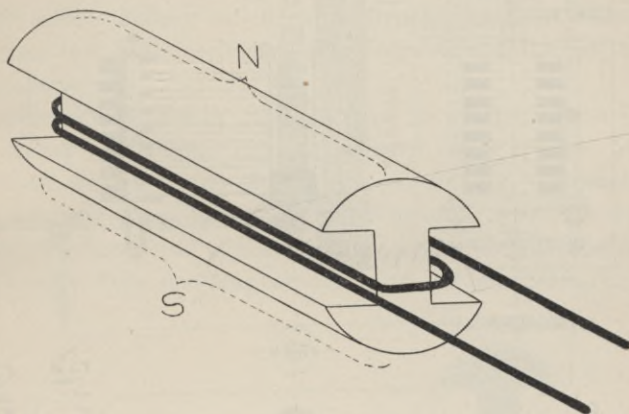


Fig. 22.

In Fig. 23 haben wir eine vollständige Konstruktionszeichnung einer derartigen kleinen Maschine, eines sogenannten Magnet-Induktors, gebracht, welche zur Erzeugung eines hochgespannten Stromes zur Entzündung von Patronen bei Sprengungen mit Dynamit u. s. w. dient. Es dürfte demjenigen, der hierfür ein besonderes Interesse hat, kaum schwer sein, nach dieser in  $\frac{1}{6}$  der natürlichen Grösse gebrachten Zeichnung sich eine derartige sehr brauchbare und hübsche Vorrichtung zur Erzeugung von Induktionsströmen herzustellen. Wir wollen im folgenden der Zeichnung einige Erläuterungen beifügen.

Die permanenten Magnete lässt man sich am besten aus Wolframsthal anfertigen und magnetisieren. Dieselben, acht an der Zahl, werden durch drei Bolzen und Schrauben zusammengehalten und durch passend geformte, gleich dicke Stücke aus weichem Eisen in entsprechende Entfernung voneinander gebracht. Der obere Bolzen trägt das grosse Handrad, welches an seinem Umfange randeriert ist und den Induktor (Anker) durch Friktion in Rotation versetzt; zu diesem Zwecke ist die Welle des Ankers an ent-

# Magnet-Inductor.

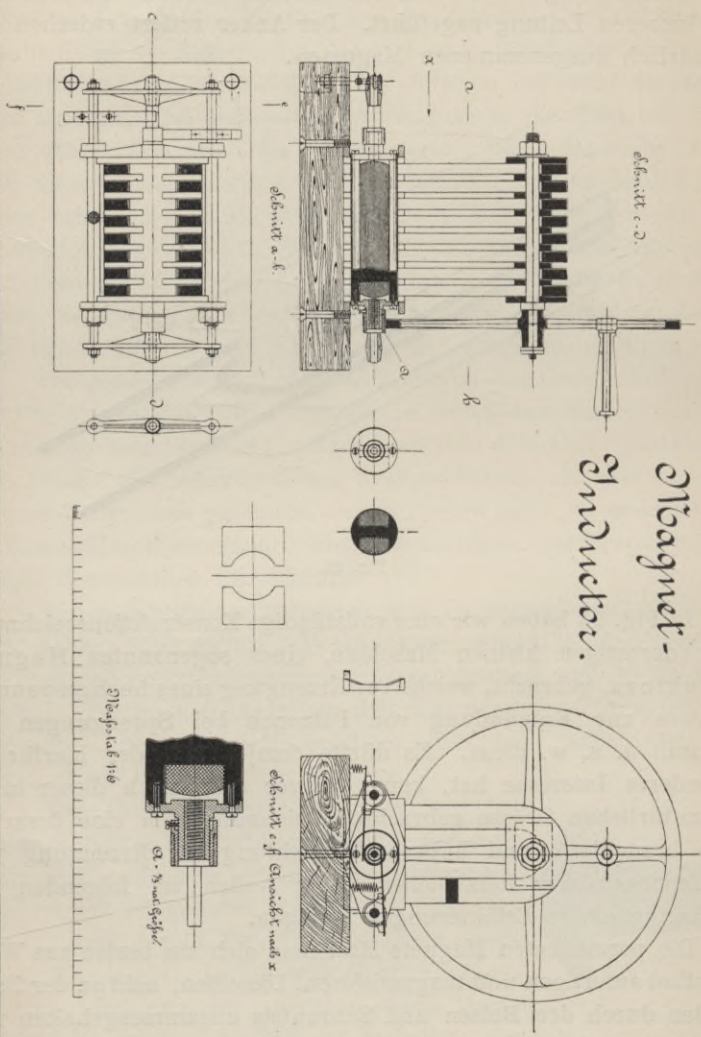


Fig. 23.



sprechender Stelle, A in der Figur, mit einem Kautschukring versehen. Die Lager sind auf Brücken, welche an die beiden unteren Bolzen angeschraubt sind, angebracht. Die Wickelung des Ankers entspricht der Zeichnung in Fig. 22; der Anfang des Drahtes wird mit der Welle verlötet, das Ende mit einem von der Welle isolierten Schleifring verbunden, auf welchem, sowie auf der Welle selbst, Federn mit leichtem Drucke schleifen. Als Draht nehme man mit Seide isolierten Kupferdraht von  $0,1—0,15\text{ mm}$  Durchmesser.

Wenden wir uns nun zu der Frage, in welcher Weise Ströme beim T-Anker entstehen. Der Anker wird, falls er sich frei bewegen kann, sich stets so stellen, wie er in Fig. 24 gezeichnet. Denken wir uns aber, er befände sich in einer zu dieser um  $90^\circ$  verdrehten Stellung, und wir drehen denselben nun. Hierbei nähern sich die breiten Teile den Magnetpolen und werden hierdurch selbst

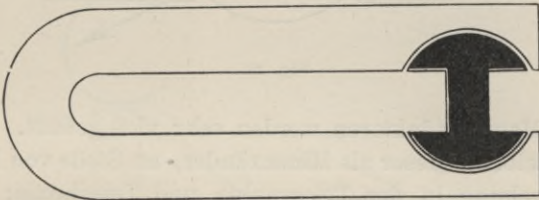


Fig. 24.

magnetisch: dieser erregte Magnetismus wird sein Maximum erreicht haben, wenn sich der Anker in der in Fig. 24 skizzierten Stellung befindet. Es erscheint uns auch hier der Anker als nichts anderes als ein Magnet, dessen magnetische Achse sehr kurz, dessen Pole aber sehr breit und verstärkt sind. (Siehe Fig. 22, in welcher die entstehenden Pole punktiert angedeutet sind.)

Indem sich nun der Anker und mit ihm die Spule gegen die Pole bewegt und hierbei gleichzeitig Magnetismus im Kerne hervorgerufen wird, entstehen, wie wir aus vorausgegangenem wissen, Induktionsströme in den Drahtwindungen. Diese Ströme werden solange dauern und an Kraft zunehmen, als die Drehung dauert bis zur Erreichung der Stellung in Fig. 24. In diesem Augenblicke entfernt sich die Spule von den betreffenden Polen, um sich entgegengesetzten zu nähern; der Magnetismus wird schwächer, in der Mittelstellung — nach  $90^\circ$  Drehung — gleich 0, entsteht in entgegengesetzter Art bei weiterer Drehung und erreicht sein

Maximum, wenn er  $2 \times 90^\circ$  Drehung vollendet, also eine halbe Umdrehung gemacht hat. Diesen Einflüssen auf die Drahtwindungen entspricht also das Entstehen eines Induktionsstromes entgegengesetzter Art als im ersten Teile der Drehung.

Wir sehen also, dass bei jeder vollen Drehung zwei einander entgegengesetzt gerichtete Ströme induziert werden. Ein einfacher Kommutator (Fig. 25), macht es möglich, in den äusseren Stromkreis nur Ströme einer Richtung zu senden.

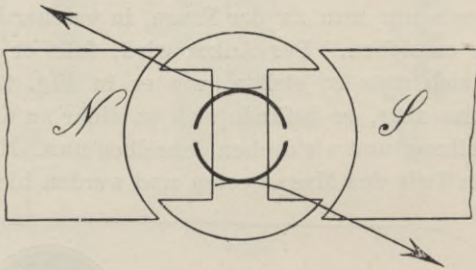


Fig. 25.

Diese Magnetinduktoren werden sehr viel gebaut. Man verwendet dieselben, ausser als Minenzünder, an Stelle von Elementen zur Signalgebung in der Telegraphie und Telephonie; auch im grossen werden sie ausgeführt. —

Wie wir gesehen haben, besteht eine stromgebende Maschine aus folgenden wichtigen oder wesentlichen Teilen:

1. Die induzierenden Magnete.
2. Der Anker.
3. Der Stromsammler mit den den Strom abnehmenden und der Nutzleitung zuführenden Schleiffedern (Bürsten).

Die Wirkungsweise einer elektrischen Maschine besteht, wie wir gesehen, im folgenden: Durch Rotation des Ankers werden dessen Drahtpartien an den Polen der Magnete vorbeigeführt, wobei dieselben eine induzierende Einwirkung erfahren; es entsteht in denselben ein Strom.

Dieser Strom wird durch den Stromsammler, dessen Einrichtung verschieden nach der Art und Bewickelung des Ankers

ist, in die äussere Leitung geführt, in welcher derselbe irgend eine Arbeit verrichtet.

Denken wir uns eine solche stromgebende Maschine mit der äusseren Leitung, so wird es uns bald klar, dass wir einen einzigen Stromkreis haben, der jedoch in zwei wesentliche Teile zerfällt; in denjenigen im Anker, in den Figuren als starker Kreis dargestellt, und denjenigen der Verwendung, schwach gezeichnet. Die Fig. 26 stellt demnach das Schema einer elektrischen Maschine vor. Die Magnete, welche wir uns vorläufig noch als permanente vorstellen wollen, liegen also ganz ausserhalb. Stellen wir uns nun vor, die Magnete seien nur aus weichem Eisen hergestellt,

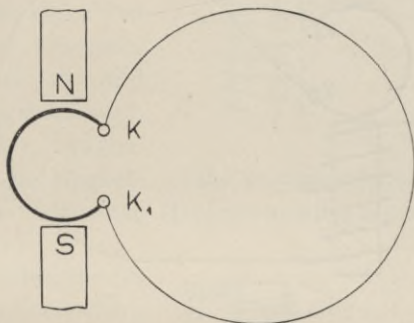


Fig. 26.

das aber eine, wenn auch sehr geringe Menge von Magnetismus enthalte. Setzen wir den Anker, von dem wir voraussetzen wollen, dass er in Verbindung mit seinem Stromsammelring einen stets in gleicher Richtung fliessenden Strom erzeuge, nun in Rotation, so wird der durch den angenommenen geringen Magnetismus der Magnete erzeugte Strom äusserst gering sein.

Wenn wir nun aber diesen Strom um die Eisenkerne in vielen Lagen führen, so wird dieser schwache Strom den Magnetismus verstärken; dieser verstärkte Magnetismus aber wird auch einen etwas stärkeren Strom hervorrufen, der abermals den Magnetismus erhöht. Auf diese Weise werden die Magnete eine bedeutende Kraft erlangen, die sich uns durch das Entstehen eines kräftigen Stromes kenntlich macht.

In der Fig. 27 sehen wir den Strom, der von den Klemmen K und  $K_1$  abgenommen wird, erst durch die Spulen der Eisen-

kerne gehen, um dann in der äusseren Leitung Arbeit zu leisten. In diesem Falle zerfällt der Stromweg in drei wesentliche Teile: Anker, Magnete, beziehungsweise Elektromagnete und Nutzleitung.

In diesen wenigen Worten haben wir das von unserem genialen Siemens im Jahre 1867 aufgestellte und zuerst angewendete Dynamoprinzip charakterisiert.

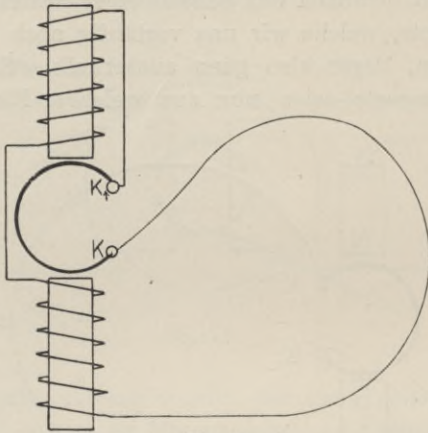


Fig. 27.

Eine Frage aber drängt sich uns sofort auf. Wir haben eben gehört, dass der Strom immer grösser wird durch das Zunehmen des Magnetismus in den Eisenkernen; wie weit geht dies nun? Der entstehende Strom müsste ja ins Unendliche wachsen; wo ist da die Grenze?

Eine Grenze ist gegeben und zwar durch folgendes: 1. vor allem durch die aufgewendete Arbeit, welcher der entstehende Strom proportional sein wird; 2. durch die Grösse resp. Konstruktion der Maschine; 3. durch die Drahtstärke, wie wir dies auch später genauer sehen werden.

Eine Maschine der Art, wie oben beschrieben und in Fig. 27 schematisch dargestellt, bezeichnet man als eine reine Dynamo-, Hauptschluss- oder auch Serienmaschine.

Wie wir im dritten Kapitel sahen, kann man einen Strom verzweigen und zwar auch so, dass in einem Teile nur ein bestimmter kleinerer Teil des gesamten Stromes fliesst. Dies findet bei der Dynamomaschine selbst auch Anwendung, indem man,

statt den gesamten Strom durch die Spulen der Elektromagnete zu führen, nur einen Teil desselben zur Erregung des Magnetismus verwendet. Dies stellt die Fig. 28 schematisch dar.

Es liegen hier die Magnete im Nebenschlusse — in einer Verzweigung des Stromes. Man bezeichnet daher eine solche Maschine als Nebenschlussmaschine.

Ein dritter Fall ist der, wo man beide besprochenen Fälle kombiniert; man zweigt von den Klemmen einen Teil des Stromes zur Erregung des Magnetismus ab und sendet gleichzeitig den Hauptstrom in einigen wenigen Windungen um die Magnete. Eine so angeordnete Maschine wird als Compound- oder auch Gleichspanmaschine bezeichnet. (Siehe Fig. 29.)

Im obigen haben wir das Wesen der Dynamomaschine besprochen, ohne uns um die Art des Ankers, um seine Konstruktion weiter zu bekümmern; dies wollen wir jetzt thun. In den folgenden Zeilen sollen die typischen Formen der heute gebräuchlichen Anker besprochen werden. (Wir haben hier nur Gleichstromdynamomaschinen im Auge.)

Die Anker der Dynamomaschinen. Von diesen wollen wir die folgenden einer näheren Besprechung unterziehen: den Trommelring Grammes, den Flachring Schuckerts, die Bürginsche Armatur, die Trommel Hefner-Altenecks, die Trommel Edisons, die Kugelarmatur der Thomson-Houston-Company.

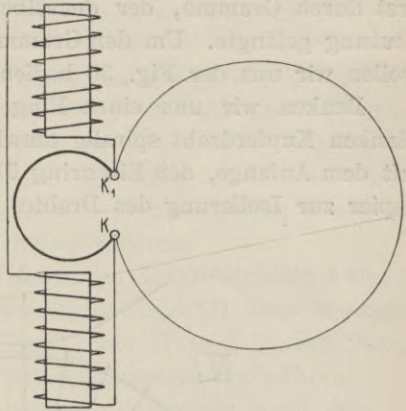


Fig. 28.

Eine so angeordnete Maschine wird als Compound- oder auch Gleichspanmaschine bezeichnet.

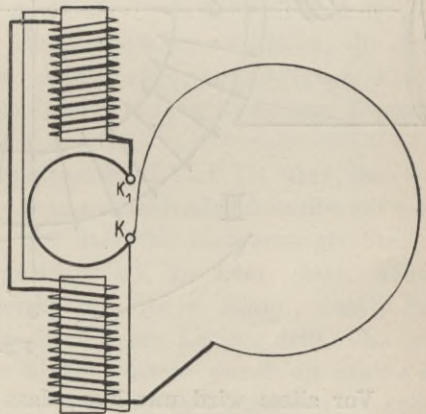


Fig. 29.

Der Grammesche Ring. Es sei hier vorausgeschickt, dass diese Art von Anker oder Armatur zuerst von Pacinotti als dessen eigene Erfindung in einem Motor Anwendung fand, aber erst durch Gramme, der denselben selbständig erfand, zur Bedeutung gelangte. Um den Gramme'schen Ring gut zu verstehen, wollen wir uns der Fig. 30 bedienen.

Denken wir uns einen Ring aus Schmiedeeisen mit einem blanken Kupferdraht spiralig umwickelt; das Ende verbinden wir mit dem Anfange, den Eisenring überwickeln wir mit Guttaperchapapier zur Isolierung des Drahtes von demselben.

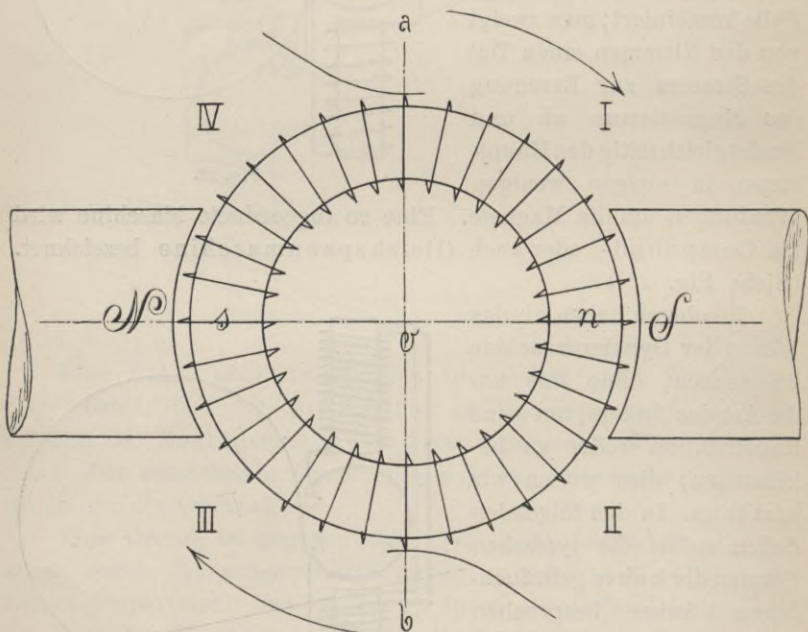


Fig. 30.

Vor allem wird uns klar, dass der Eisenring in der gezeichneten Stellung durch Einwirkung der gegenüberstehenden Pole selbst zu einem Magnete wird, der seine Pole in der gestrichelten Linie  $n\ s$  hat. Diese beiden Ringpole müssen wir als Doppelpole auffassen; wir können uns den Ring aus zwei Hufeisenmagneten bestehend denken, welche mit den gleichnamigen Polen in  $n$  und  $s$  zusammenstossen. Drehen wir nun den Ring um eine zur Papier-

ebene senkrechte, durch den Mittelpunkt O gehende Achse, so werden immer andere und andere Punkte des Ringes der Einwirkung der Pole unterliegen und selbst zu Polen werden. Es werden also die Ringpole im Ringe wandern, während sie geometrisch am Orte bleiben.

Der Ring rotiert nun nicht allein, es bewegt sich ja der umwickelte Draht mit ihm. Da nun aber, wie wir oben gesehen, die Pole sich stets nur an derselben Stelle befinden, können wir der Auffassung Raum geben, dass der Ring, d. h. das Eisen, still stände, während die Spulen, sich über denselben bewegend, um die Achse O in der Pfeilrichtung rotieren.

Hierbei nähern sich die Drahtpartien des Quadranten I einem, sagen wir dem Südpole, die des Quadranten III dem Nordpole, während sich diejenigen der Quadranten II und IV von diesen Polen entfernen, um sich den entgegengesetzten zu nähern.

Dass hierdurch Ströme entstehen, wissen wir nach dem auf S. 41 Gesagten.

Nehmen wir an, dass in den Spulen des Quadranten I Ströme entstehen, irgend einer angenommenen Richtung, so ist leicht einzusehen, dass der im Quadranten IV entstehende Strom die gleiche Richtung haben wird, da ja die Spulen von I sich einem — wie wir hier angenommen haben — Südpole nähern, die des Quadranten IV aber sich von dem entgegengesetzten Pole entfernen. Die in beiden Quadranten erzeugten Ströme fließen alle gegen a.

Gehen wir nun zu den Quadranten II und III über, so ist leicht einzusehen, dass dort in Bezug aufeinander dasselbe gilt wie bei den Quadranten I und IV, nur dass der hier erzeugte Strom dem ersteren entgegengesetzt gerichtet ist, so zwar, dass, wenn wir annehmen, durch die Feder a trete der  $+$  Strom, durch die Feder b der negative Strom in die äussere Leitung tritt. Es ist daher in den beiden Teilen des Ringes, welche durch die Linie a b getrennt sind, je ein entgegengesetzter Strom entstanden, sodass durch a und b die Summe zweier Ströme fliesst. Der Ring erscheint uns demnach als aus zwei parallel geschalteten, spiralig gewundenen Leitern zusammengesetzt.

Wir wollen nun einige wichtige Punkte über den Aufbau des Gramme'schen Ringes besprechen und bemerken, dass die folgenden Regeln als allgemein gültige zu betrachten sind.

Der Aufbau des Kernes. Würde man den Kern aus einem massiven Stücke herstellen, so würde sich alsbald eine bedeutende Erhitzung des Eisens zeigen, welche den Drahtlagen gefährlich werden könnte. Die Ursache dieser Erhitzung ist das Auftreten von Induktionsströmen im Eisenkerne. Diese unter dem Namen der Foucault'schen Ströme bekannten Ströme haben nun die Möglichkeit, sich auszubreiten; sie finden wenig Widerstand und werden daher auch verhältnismässig grosse Stromstärken erreichen. Diese Ströme verrichten keine andere Arbeit als die Bildung von Wärme. Um die Ausbreitung der Foucault'schen Ströme und damit die Wärmebildung zu verringern, hilft man sich mit einem einfachen Mittel: man bildet den Eisenkern aus einer grossen Zahl von einzelnen, voneinander isolierten Teilen. Dies wird nun auf ver-

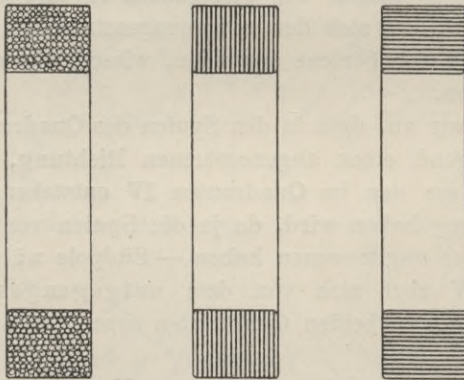


Fig. 31.

schiedene Weise bewerkstelligt: a) indem man den Kern durch Aufwinden von verrostetem und gut lackiertem Eisendraht auf eine entsprechende Form bildet; b) durch Aufrollen von dünnem Bandeisen, welches man durch Stoff- oder Papierstreifen trennt; c) indem man einzelne Blechscheiben durch mit Schellack getränkte Papierblätter oder Pressspan getrennt in achsialer Richtung aneinander presst. a) giebt eine Zerteilung nach beiden Richtungen achsial und radial, b) eine solche in radialer, c) eine solche in achsialer Richtung. (Siehe Fig. 31.)

Die Bewickelung. Bevor mit der Wickelung der Drahtspulen begonnen wird, umwickelt man den Kern mit guter Leinwand derart, dass keine Drahtlage am blanken Eisen zu liegen



kommt, man wird auch diese Leinwand mit Schellack einlassen. Hauptsache ist es, einen gut isolierten Draht<sup>1)</sup> zu verwenden.

Die Wickelung erfolgt nun in dem Sinne, dass der Ring von einer Anzahl untereinander gleich grosser, sämtlich in einer Richtung gewickelter Spulen eingeschlagen erscheint. Die Zahl der Spulen und der Windungen in diesen richtet sich nach Grösse und Art der zu bauenden Maschine, nach der Drahtstärke und der verlangten Spannung. Wir kommen später noch darauf zurück. Um die Spulen bequem wickeln zu können, bedient man sich einfacher Holzkeile, welche die zu wickelnde Spule beiderseits begrenzen. Es ist sehr wichtig, darauf zu sehen, dass die einzelnen Lagen eng aneinander und — falls mehrere Lagen übereinander zu wickeln sind — diese genau übereinander gelegt werden. Wickelt man in dieser Weise, so ist es natürlich, dass die Spulen nur an der inneren Seite des Ringes aneinander stossen werden, während auf der äusseren Seite des Ringes ein mehr oder minder grosser Zwischenraum frei bleiben wird. Dies ist bei der auf Seite 75 abgebildeten Maschine der Fall. Man kann aber auch so wickeln — und dies ist besonders bei Flachringen häufig der Fall, — dass die einzelnen Spulen auch an ihren oberen, d. h. an den äusseren Partien knapp aneinander schliessen. Das ist nur so zu erreichen, dass man dem Ringe einen trapezförmigen Querschnitt giebt und so wickelt, dass die inneren Drahtlagen über, die oberen Drahtlagen neben-  
einander zu liegen kommen. (Siehe Fig. 32.)



Fig. 32.

Alle Spulen werden in einem Sinne gewickelt; hat man eine Spule zu Ende gewickelt, so lässt man ein Stück, das bis zum

<sup>1)</sup> Ein solcher Draht kommt unter der Bezeichnung »Dynamodraht« in den Handel. Bei Bestellung dieses Drahtes ist es gut, weichen Draht zu verlangen, da es häufig vorkommt, dass der von der Fabrik gelieferte Draht vom Ziehen her ziemlich hart ist; solcher Draht bricht gern und macht das Wickeln sehr schwierig.

Kollektor reicht, übrig, verbindet mit diesem Ende den Anfang des für die nächste Spule abgemessenen Drahtes und wickelt die nächste Spule. Bei schwachen Drähten werden die beiden zum Kollektor führenden Stücke miteinander verdreht.

Sehr wichtig ist es, für eine gute Isolation an jenen Stellen zu sorgen, in welchen die Spulen aneinander stossen; das sind die mit A bezeichneten Stellen in Fig. 33. Am besten ist es, zwischen je zwei Spulen ein Stückchen mit Schellack getränktes Kartonpapier einzuschieben. Unterlässt man dies, so kann sehr leicht ein Durchschlagen der Drahtisolation die Bildung eines Kurzschlusses und damit ein Versagen der Maschine zur Folge haben.

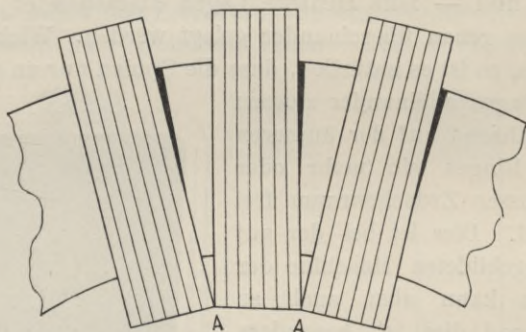


Fig. 33.

Hat man Spulen zu wickeln, auf welche eine ziemliche Menge Drahtes aufgeht, so ist es am besten, wenn man sich so viele Stücke Draht abmisst und vom Bunde abzwickt, als Spulen zu wickeln sind, und dann zu jeder Spule den notwendigen Draht auf eine Art Weberschiffchen (Fig. 34) aufwickelt, um auf diese Weise leichter hantieren zu können. Dass auf genaue und fleissige Arbeit beim Wickeln gesehen werden muss, sei besonders als beachtenswert hervorgehoben.



Fig. 34.

Um die einzelnen Drähte in ihrer Lage festhalten zu können, verwendet man dicken Schellack — eventuell auch Leim; die Anwendung von Leim ist aber nur dann rätlich, wenn die betreffende

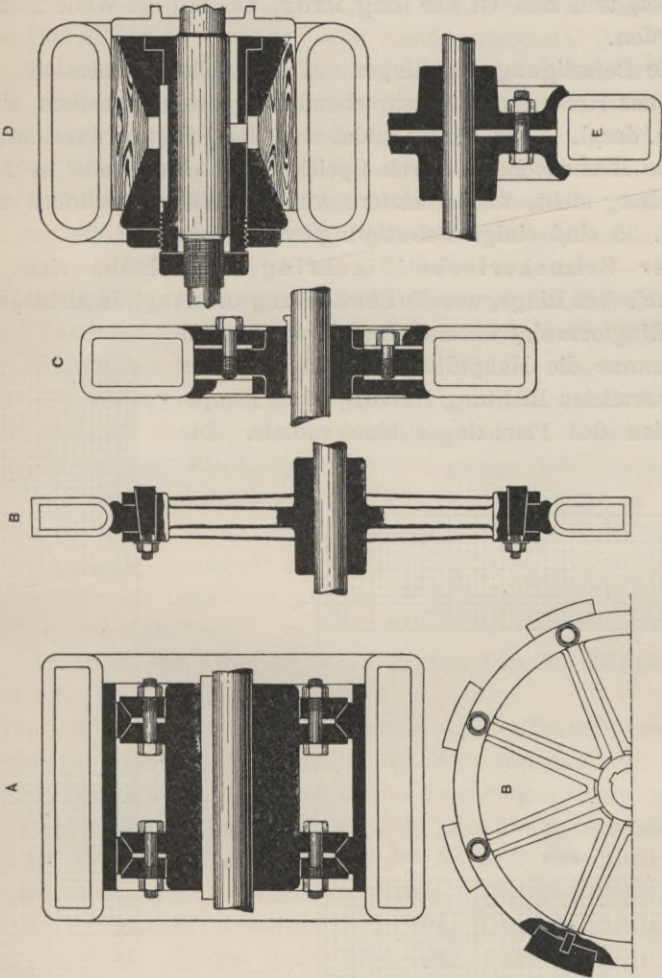


Fig. 35.

Maschine ausschliesslich in trockenen Räumen Aufstellung findet und eine Leimsorte zur Verwendung kommt, welche nicht zu spröde wird.

Ist der Ring fertig bewickelt, so werden die von den Spulen kommenden Drähte gleich lang gemacht, an ihren Enden blank geschabt, und nun ist der Ring fertig, um auf die Welle montiert zu werden.

Die Befestigung des Ringes auf die Welle geschieht in verschiedener Weise durch entsprechend ausgedrehte Scheiben, durch Keile u. dergl. Sehr häufig bildet man den Ring so, dass derselbe wie eine Riemenscheibe durch Speichen mit einer Nabe in fester Verbindung steht, welch' letztere auf die Welle geschoben wird. In Fig. 35 sind einige Befestigungsarten dargestellt.

Der Schuckertsche Flachring unterscheidet sich vom Gramme'schen Ringe, was die Bewickelung anbelangt, in nichts, doch ist die Ringform eine wesentlich andere; während bei Gramme die Hauptdimension in einer zur Achse parallelen Richtung verläuft, ist die Hauptdimension des Flachringes eine radiale. Die

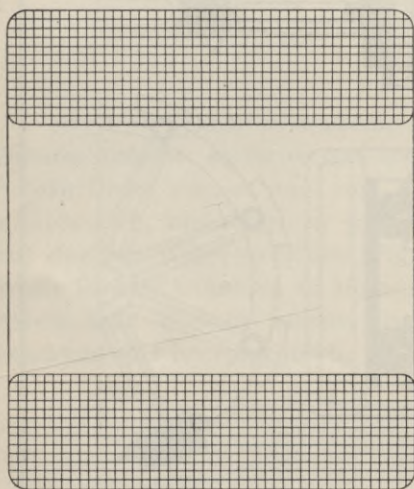


Fig. 36.

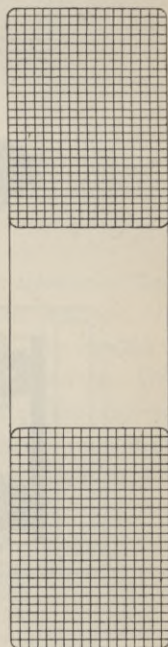


Fig. 37.

Fig. 36 und 37 bringen Abbildungen von beiden Ringen.

Der Flachring ermöglicht es, eine weit grössere Partie des aufgewickelten Drahtes der Einwirkung der Magnetpole auszusetzen.

Der Flachring bietet manche Vorteile gegenüber dem Grammering, so unter anderem auch den einer geringeren Tourenzahl, da die mittlere Umfangsgeschwindigkeit wegen der grösseren radialen Ausdehnung eine verhältnismässig grössere ist.

Der Flachring wird heute nicht mehr so viel angewendet, wohl nur aus dem Grunde, weil heute allgemein das Streben nach kleinem Bau der Maschinen vorherrschend ist, was eben durch Anwendung des Trommelringes oder der später zu besprechenden Trommel weit leichter möglich ist.

Der Ring der Innenpol-Maschinen gehört hierher. Um langsamer laufende Maschinen zu erreichen, lässt man statt zweier Pole, wie wir in unserer obigen Betrachtung angenommen, deren vier oder mehr — aber stets ein Vielfaches von zwei — auf die Armatur wirken. Eine sehr beliebte Form solcher Maschinen ist die der Innenpol-Maschinen. Während nämlich sonst die Magnete derart angeordnet werden, dass die Pole auf der Aussenseite des Ringes auf diesen wirken, haben die Innenpol-Maschinen die wirksamen Pole auf der Innenseite des Ringes. Die Magnete stehen sodann in radialer Richtung und gehen gegen den inneren Umfang des Ringes. Letzterer, ein Trommelring, wird in diesem Falle selbstredend einen entsprechend grossen Durchmesser und verhältnismässig geringere Breite haben müssen.

Die auf den Seiten 78 und 79 dargestellte Handdynamo ist eine Innenpol-Maschine.

Eine Abart des Gramme'schen Ringes ist die Bürginsche Armatur.

Denken wir uns einen Grammering mit 24 Spulen bewickelt, so liegen die Spulen 1, 2, 3 u. s. w. bis 24 hintereinander. Stellen wir uns aber nun an Stelle des einen Eisenringes deren vier auf eine Welle geschoben vor und wickeln nun die Spulen wie folgt auf: Auf den Ring I die Spule 1; die Spule 2 nun nicht neben diese auf den Ring I, sondern auf Ring II; die Spule 3 auf Ring III; 4 auf IV; 5 auf I; 6 auf II; 7 auf III; 8 auf IV; 9 auf I u. s. w. So hat jeder Ring nur sechs Spulen. Dreht man die Armatur und denkt sich eine fixe, zur Achse parallele Gerade gezogen, so werden an dieser der Reihe nach die Spulen 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. sich vorbeibewegen. (Fig. 38.)

Durch diese Anordnung wird bezweckt, der Armatur grössere Eisenmassen zu geben, als es sonst möglich, bei gleicher Länge des

aufgewendeten Drahtes. Auch wird das magnetische Feld ein entsprechend grösseres werden.

Ausser den hier besprochenen Ringformen giebt es noch eine ganze Anzahl verschiedener Formen; welche meist eine rationellere Ausnutzung der Magnetfelder bezwecken, jedoch mehr untergeordneter Bedeutung oder aus anderen Gründen für uns hier zur Besprechung nicht geeignet sind.

Wir gehen daher zu einer neuen Form von Armatur über, und zwar zur Trommel-Armatur von v. Hefner-Alteneck.

Wir haben beim Grammering gesehen, dass ein Teil der Drähte der Spulen auf die innere Seite zu liegen kommen und so der Einwirkung der Magnetpole fern liegen; sie bilden dadurch einen unnützen Widerstand und verringern so die Leistungsfähigkeit der Maschine in Bezug auf das aufgewendete Kupfergewicht.

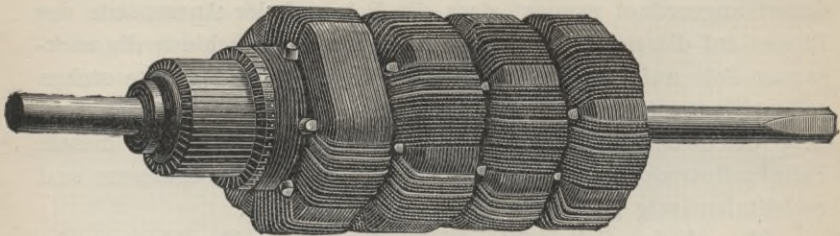


Fig. 38.

Um dies zu vermeiden, konstruierte v. Hefner-Alteneck seine Trommel-Armatur.

Wie schon der Name sagt, haben wir hier als Gerüst für die Wickelung keinen Ring, sondern eine Cylinder-Trommel. Der Kern der v. Hefner-Alteneck'schen Armatur wird in der Weise hergestellt, dass man Blechscheiben vom Durchmesser des zu bildenden Kernes, durch Papierscheiben voneinander getrennt, auf die Welle schiebt und dadurch zusammenhält, dass man dieselben durch starken Druck zusammenpresst und durch auf die Welle geschobene und fest gekeilte Gussstücke fixiert. In den Fig. 39 und 40 sind zwei bewickelte Trommeln mit Kollektor dargestellt. Der Kern der Armatur besteht aus stärkeren Blechscheiben, welche mit Einkerbungen zur Aufnahme der Spulen versehen sind. Die tieferen Einschnitte haben den Zweck, eine genügende Ventilation zur Abkühlung des Ankers hervorzurufen.

Der so gebildete massive Cylinder wird nun abgedreht, mit isolierendem Stoffe eingehüllt und ist nun zum Wickeln bereit.

Die Wickelung ist nun eine wesentlich andere.

Die einzelnen Spulen bilden hier gewissermassen Rechtecke, indem die wirksamen Drähte parallel zur Achse gehend an der Stirnseite rechtwinkelig abbiegen und auf der diametral entgegengesetzten Seite des Cylinders wieder mit der Achse parallel gehen. Wird auf diese Weise öfter verfahren, so ist eine Spule gewickelt. Der Enddraht wird mit dem Anfange einer nächsten Spule verbunden und diese in gleicher Weise gewickelt. Die verbundenen End- bzw. Anfangsdrahte werden mit der entsprechenden Kollektorlamelle verschraubt.

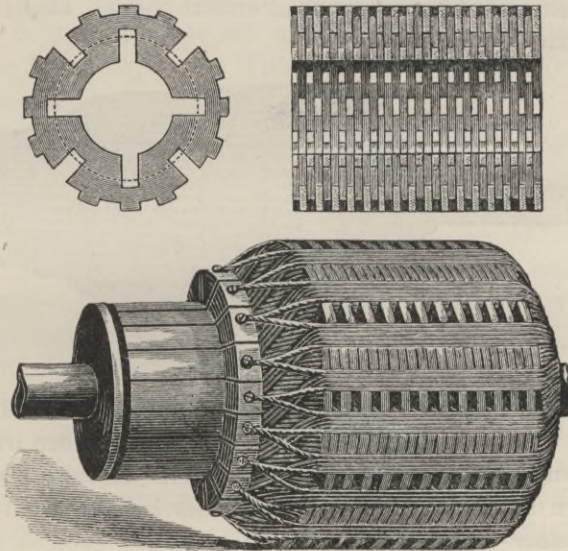


Fig. 39.

Man hat Sorge zu tragen, dass die sich kreuzenden Drahtpartien symmetrisch um die Achse geordnet werden. Diese Stellen, welche den Eindruck eines gewickelten Knäuels machen, werden mit Ledertuch oder ähnlichem bedeckt, um das Eindringen des Kupferstaubes, der sich am Kollektor stets bildet, zu verhindern.

Um das Abschleudern der Drähte von der Trommel während des Laufes der Maschine zu verhindern, werden dieselben durch

zwei oder mehr Bunde aus dünnem Bindfaden in ihrer Lage festgehalten, wie auch in Fig. 40 ersichtlich.

Bei ganz grossen Trommel-Armaturen werden auch häufig Längsnuten im Kerne angebracht, in welche sich die Drahtwindungen legen.

Bei diesen Trommeln verwendet man auch häufig Stäbe von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt.

Ein Übelstand tritt bei allfälligen Reparaturen — wenn es notwendig wird, eine Spule neu zu wickeln — auf, das ist nämlich, dass man die Trommel meist ganz abwickeln muss, um zu einer schadhafte Spule zu gelangen, da, wie wir gesehen haben, die Drähte sich an den Stirnseiten kreuzen. Dieser Übelstand ist bei Ringen nicht vorhanden, da bei diesen jede einzelne Spule abgewickelt und durch eine neue ersetzt werden kann, ohne die benachbarten zu irritieren.

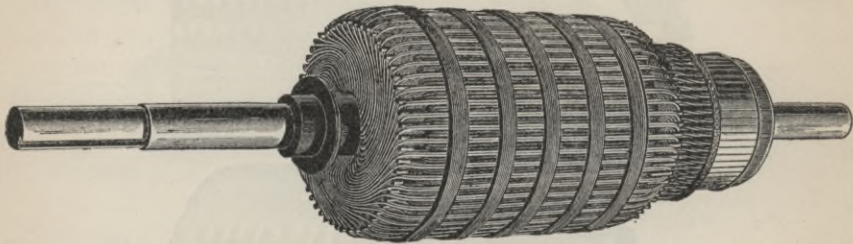


Fig. 40.

Die Edisonsche Armatur hat genau dieselbe Wicklung wie diejenige von v. Hefner-Alteneck. Es hat sich aber irrigerweise die Meinung gebildet, als habe Edison eine eigene, von der besprochenen abweichende Wicklung. Dies ist nun nicht der Fall. Die v. Hefner-Alteneck'sche Trommel erlaubt nämlich auch eine Wicklung, bei welcher die Zahl der Spulen eine ungerade ist, sodass also auch der Kollektor eine ungerade Zahl von Lamellen haben muss. Hierbei ist es natürlich, dass die diametral liegenden Bürsten nicht auf je einer Lamelle schleifen, sondern die eine auf einer Lamelle, die andere aber auf zwei Lamellen zugleich. Diese Wicklung nun hat Edison bei seinen ersten Maschinen angewendet.

Die Armatur von Thomson-Houston kann als eine Abart der v. Hefner'schen Trommel-Armatur angesehen werden. Die Armatur besteht aus einem aus Eisendraht gebildeten Rotations-



ellipsoide, auf welchem nur drei Spulen knäueiförmig gewickelt sind, derart, dass die Armatur eine kugelförmige Gestalt annimmt. Der Kollektor besteht entsprechend aus nur drei Segmenten, auf welchen zwei diametral angebrachte Bürsten schleifen. Die Maschine zeigt auch in ihrem ganzen Aufbau wesentlich andere Verhältnisse, als sonst üblich. Wir werden an der Hand einer Abbildung noch auf diese Maschine zurückkommen.

Nachdem wir nun im vorhergegangenen die Konstruktion und den Aufbau der wichtigsten Armaturtypen kennen gelernt, wollen wir uns zur Besprechung der übrigen Teile der Maschine wenden, um hernach auf die Konstruktionsbedingungen eingehen zu können. Als Teile einer Dynamomaschine wollen wir unterscheiden: 1. die Magnete, 2. den Kollektor mit den Bürsten, 3. das Gestell oder Gerüst der Maschine, 4. die Welle, 5. die Lager, 6. als Nebenteil den Spanschlitten.

1. Die Magnete sind bei Dynamomaschinen, wie wir schon früher gehört, stets Elektromagnete, welche den Strom zu ihrer Erregung von der Maschine selbst erhalten. Es besteht sonach jeder Magnet aus einem Kerne aus Eisen und der Bewickelung. Der Kern soll stets aus bestem Schmiedeeisen genommen werden, und es ist entschieden abzuraten, den Kern aus Gusseisen herzustellen. Wäre letzteres doch der Fall, so müsste der Querschnitt und demnach auch die Masse des Kernes bedeutend grösser genommen werden, als es nötig ist, wenn derselbe aus Schmiedeeisen gearbeitet ist. Dem grösseren Querschnitte zufolge wäre aber auch ein grösserer Aufwand von Draht, wie wir später noch sehen werden, notwendig. Trotzdem werden in allen neueren Maschinen die Magnete mit dem Gestelle aus einem Gusse hergestellt. Es bietet dies grosse Vorteile, gegen welche der Mehraufwand von Draht nicht in Betracht kommt.

Was die Form des Kernes anbelangt, so sei hier bemerkt, dass dieselbe möglichst die cylindrische sein soll; jeder andere Querschnitt hat bei gleicher Flächengrösse einen grösseren Umfang als die Kreisfläche, was einem Mehraufwand von Draht entspricht. Abgesehen von diesem Umstand, spricht aber auch die leichtere Herstellung — lediglich auf der Drehbank — für die cylindrische Form. Dieser Kern wird mit Draht bewickelt. Selten

geschieht dies, indem man den Draht direkt auf den Kern wickelt, sondern meist so, dass eine Spule aus Eisen oder Messing — bei kleineren Maschinen auch aus Zinkblech — von geeigneter Grösse mit dem entsprechenden Draht bewickelt und diese Spule auf den Kern geschoben wird.

Bei Bewickelung ist streng darauf zu sehen, dass der an und für sich gut isolierte Draht, ohne allzu festen Zug auszuüben, in gut anliegenden Lagen aufgewunden wird und keine Stelle des Drahtes direkt auf blankes Metall zu liegen kommt. Es ist daher anzuraten, die metallische Hülse mit in Schellack getränktem Papier oder dünnem Stoffe auszukleiden. Auch ist es gut, Lage für Lage mit einer nicht zu starken Schellacklösung zu bestreichen.

Meist werden die Magnete mit Polschuhen versehen, das sind entsprechend geformte Stücke aus Guss- oder Schmiedeeisen, welche mit dem Polende des Magnets durch Verschraubung solid verbunden sind und die Armatur umschliessen. Der Polschuh bildet so eine Vergrösserung des Magnetpoles oder hat nur den Zweck, dem Pole die für seine Einwirkung auf die Armatur günstigste Form zu geben.

Hier sei bemerkt, dass man bei älteren Maschinen meist die Armatur weit umfassende Polschuhe anbrachte, während man heute mehr darauf sieht, dass dieselben kräftig, massig, aber nicht grösser als notwendig sind; der Kreisbogen, mit welchem der Anker vom Polschuh umschlossen wird, soll zwischen  $110^{\circ}$  und  $138^{\circ}$  betragen.

Verschiedene Formen von Magneten und Polschuhen sind aus den am Schlusse gebrachten Abbildungen von Maschinen zu ersehen.

Die Verbindung der Magnete mit dem Gestelle geschieht meist durch Verschraubung in der Weise, dass man starke Schraubenbolzen anwendet, für welche das Muttergewinde in den Magnet geschnitten wird. Bei einigen Maschinentypen werden die Magnete in das Maschinengestell eingegossen.

2. Der Kollektor bildet einen überaus wichtigen Teil einer Dynamomaschine, weshalb bei Konstruktion und Ausführung desselben die grösste Sorgfalt dringend zu empfehlen ist.

Der Kollektor der Gleichstromdynamos, nach den im vorhergegangenen besprochenen Armatursystemen, besteht aus ebenso vielen voneinander sorgfältig isolierten, der Achse parallel gestellten

Lamellen, als Spulen auf der Armatur sind, mit welchen dieselben durch Drähte verbunden werden.

Das Material, aus welchem die Lamellen hergestellt werden, kann Kupfer, Rotguss (Bronze) oder auch Gusseisen sein; besonders letzteres Material wird in neuerer Zeit gern verwendet. Siemens & Halske verwenden bei ihren Maschinen Kollektoren aus Gusseisen mit Luftisolation.

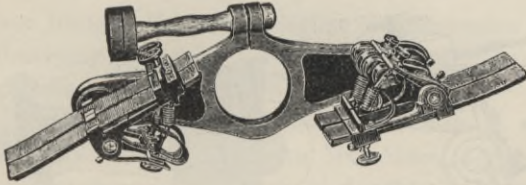


Fig. 41.

Die Isolierung der einzelnen Lamellen voneinander geschieht durch Birnholz (nicht zu empfehlen), Vulkanfieber, Glimmer oder, in neuerer Zeit, vielfach Luft, d. h. die einzelnen Lamellen sind dort, wo die Bürsten schleifen, nur durch Luft voneinander getrennt.

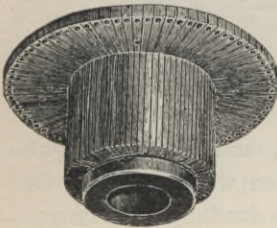


Fig. 42.

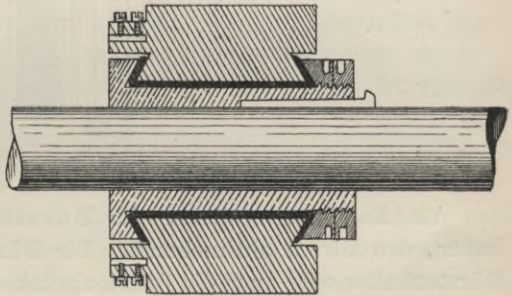


Fig. 43.

Wir bringen in den Fig. 41—44 verschiedene Konstruktionen von Kollektoren und glauben, dass aus der Zeichnung alles zu ersehen ist.

Die Verbindung der Spulendrähte mit den Lamellen geschieht meist durch Verschraubung, bei kleineren Maschinen durch eine Schraube und Verlötung, bei grösseren aber stets durch zwei Schrauben. Es empfiehlt sich, die beiden Schrauben durch einen

durchgezogenen Draht gegen eine allfällige Lockerung zu sichern. Zu dem Zwecke werden die Köpfe der Schrauben durchbohrt, und durch beide wird ein s-förmig gebogener Draht gezogen. Es sei darauf aufmerksam gemacht, dass es sehr wichtig ist, auf eine feste Verbindung von Draht und Lamelle zu sehen. Ist nämlich ein Spulendraht locker, so tritt Funkenbildung auf, oder es geht die Maschine gar nicht an, d. h. sie bleibt stromlos.

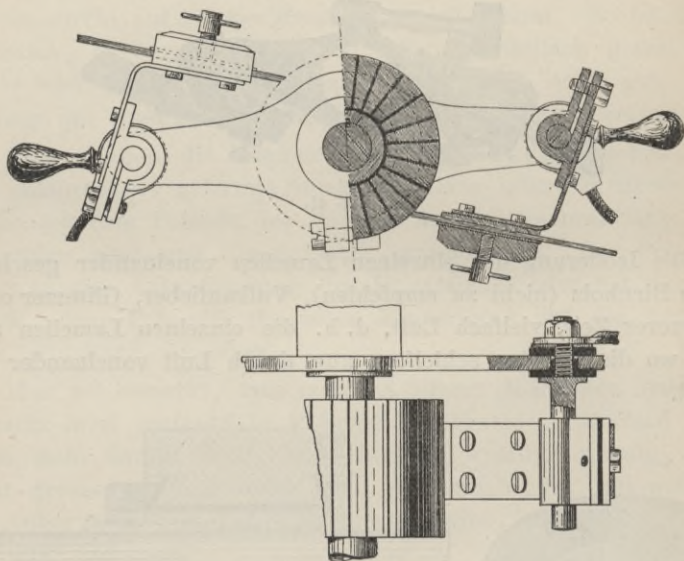


Fig. 44.

Am Kollektor schleifen die Bürsten, welche die Aufgabe haben, den Strom abzunehmen. Die Bürsten werden durch den Bürstenhalter oder auch die Bürstenbrücke in der ihnen zukommenden Stellung gehalten. Die Bürsten stellt man aus schwachem Bleche her, indem man eine Anzahl von Streifen, die bis zur halben Länge eingeschnitten sind, aufeinander legt und an dem einen Ende verlötet. Die Bleche sollen nicht gerade hart sein, jedoch durch leichtes Walzen oder Hämmern eine gewisse Elastizität erhalten. Vorzügliche Bürsten in verschiedenen Breiten und Längen bringt man jetzt in den Handel, die aus Drahtnetz und geflochtenen Drähten hergestellt sind. Als Material für die Bürsten dient Messing und Kupfer; bemerkt sei nur, dass man niemals die

Bürsten aus dem gleichen Material herstellen soll, aus welchem der Kollektor besteht, da in diesem Falle die Abnutzung eine weit grössere ist als bei ungleichem Material.

In neuester Zeit bedient man sich auch der Kohle als Stromabnehmer. Diese Kohle wird in cylindrischen Stäben oder flachen Stücken angewendet und muss unter leichtem Drucke schleifen; sie soll glashart sein. Metallbürsten sollen tangential oder steif aufliegen, Kohle aber streng radial.

Um einen innigen Kontakt zwischen Stromabgeber (Kollektor) und Stromabnehmer (Bürsten) herzustellen, werden letztere durch regulierbare Federn angedrückt.

Während man bei kleineren Maschinen nur je eine Bürste schleifen lässt, müssen bei grösseren Maschinen deren zwei oder auch mehr nebeneinander angebracht werden. Man rechnet als Auflagefläche der Bürsten pro 1 Ampère 3 *qmm*.

Bei der auf S. 78 abgebildeten Handmaschine ist der Raumersparnis halber ein sog. Scheibenkollektor in Anwendung gebracht. Derartige Kollektoren sind sehr einfach in ihrer Herstellung und insbesondere auch zu empfehlen als Versuchskollektoren bei Prüfung einer Maschine im halbfertigen Zustande.

3. Das Maschinengestell. Über diesen wichtigen Teil einer Maschine lassen sich nur allgemeine Andeutungen geben, da derselbe wesentlich von der Anordnung und der Form der Hauptteile abhängt.

Während man anfänglich weniger auf grosse Massen im Gestelle Wert legte, ist dies in neuerer Zeit gerade umgekehrt; man trachtet, der Maschine durch kräftigen Bau — wenn auch bei möglichster Gedrungenheit der Maschine — eine grössere Stabilität zu geben, und spart durchaus nicht gerade in diesem Teil an Material. Häufig kommt Hohlguss mit starken Wandungen bei Grundplatten und Lagerträgern in Anwendung. Als Material soll stets nur reines Roheisen ohne Zusatz von altem Guss- oder Schmiedeeisen in Verwendung kommen. Wir dürfen nicht vergessen, dass das Maschinengestell die Magnete trägt und somit einen Teil derselben bildet, also auch magnetisch wird, bezw. den magnetischen Schutz herstellt.

Was die Form des Gestelles anbelangt, so ist dieselbe naturgemäss von der Anordnung der wesentlichen Teile abhängig, wobei

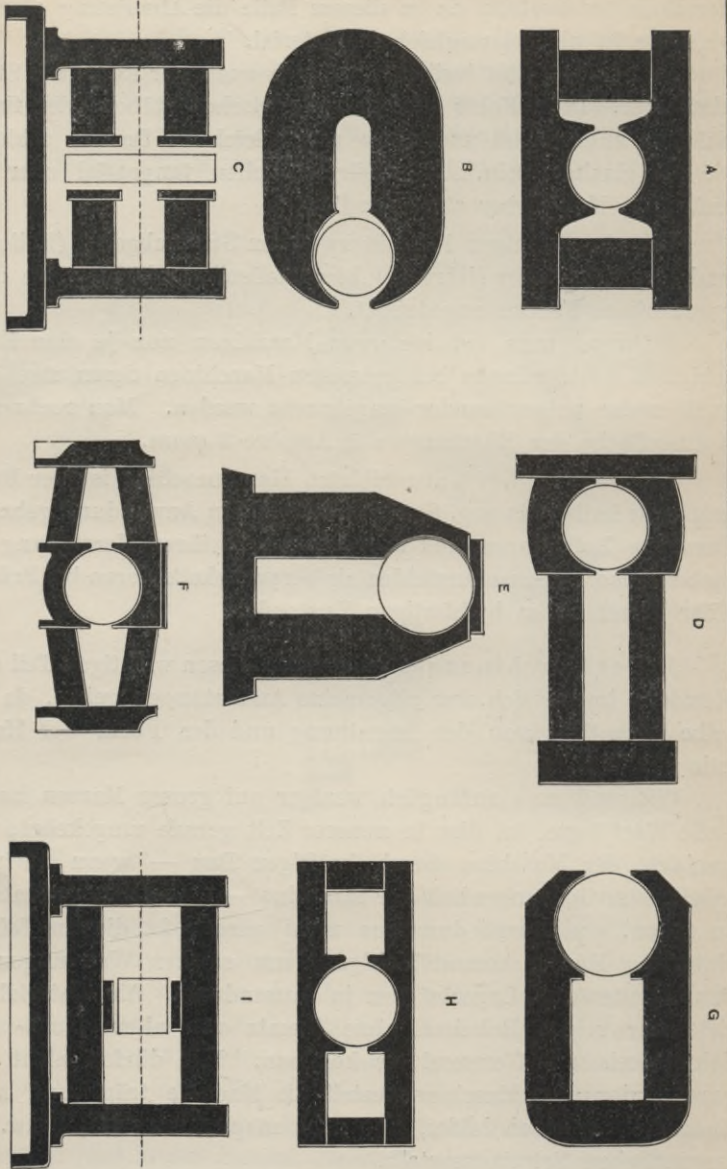


Fig. 45.

sich aber allgemein das Bestreben der Konstrukteure kund giebt, möglichst einfache und kräftige Formen dem Gestelle zu geben. Alle scharfen Kanten und Ecken sind thunlichst zu vermeiden; dieselben seien alle abgerundet. Das Gestell wird mit dunklen Farben gestrichen. Die Fig. 45 bringt eine Anzahl von schematischen Darstellungen der Anordnung diverser Maschinen. A: Manchester-Typus, Magnete mit rundem Querschnitt (Mather & Platt); B: Short, sehr massiv; C: Schuckert, Flachring; D: Edison; E: Siemens-Halske (Kapp-Form); F: Bürgin; G: Kapp; H: Crompton; I: Gramme.

4. Die Welle sei aus Stahl gedreht. Ihre Stärke richtet sich nach der Leistung der Maschine, resp. nach der Grösse der auf die Maschine zu übertragenden Arbeit. Man wird die Welle lieber stärker als schwächer wählen, um den besonders bei grösserer Tourenzahl auftretenden Schwingungen derselben möglichst vorzubeugen.

Damit ein seitliches Verschieben der Welle verhindert werde, muss diese in den Lagern abgesetzt sein, um an den inneren Stirnflächen derselben einen Anschlag zu haben; Stellringe sind, wenn irgend möglich, zu vermeiden. Jede Welle soll an der der Riemenscheibe entgegengesetzten Seite eine kleine Bohrung (Körnerloch) haben, um einen Tourenzähler ansetzen zu können.

5. Die Lager werden in der im Maschinenbau allgemein üblichen Weise hergestellt und zwar mit Lagerschalen aus Bronze, Weiss- oder Lagermetall, oder auch aus Gusseisen. Es ist am besten, sich bei Konstruktion derselben nach den in jedem Handbuche für Maschinenbauer befindlichen Tabellen zu halten.

Für ausreichende Ölung der Lager muss selbstredend Sorge getragen werden und ebenso dafür, dass das auslaufende Öl nicht umherspritzt. Insbesondere aber sei darauf gesehen, dass kein Öl auf den Kollektor gelange. Eine ganz vorzügliche Art, die Lager stets reichlich mit Öl zu versorgen, ist die der sog. Ringschmierung; diese (c) ist in Fig. 46 abgebildet, in welcher verschiedene Lagerungen dargestellt sind.

6. Die Spannvorrichtung oder der Spannschlitten ist eine Vorrichtung, mittels welcher die Maschine parallel zu sich selbst verschoben, und so der Treibriemen mehr oder minder gespannt werden kann.

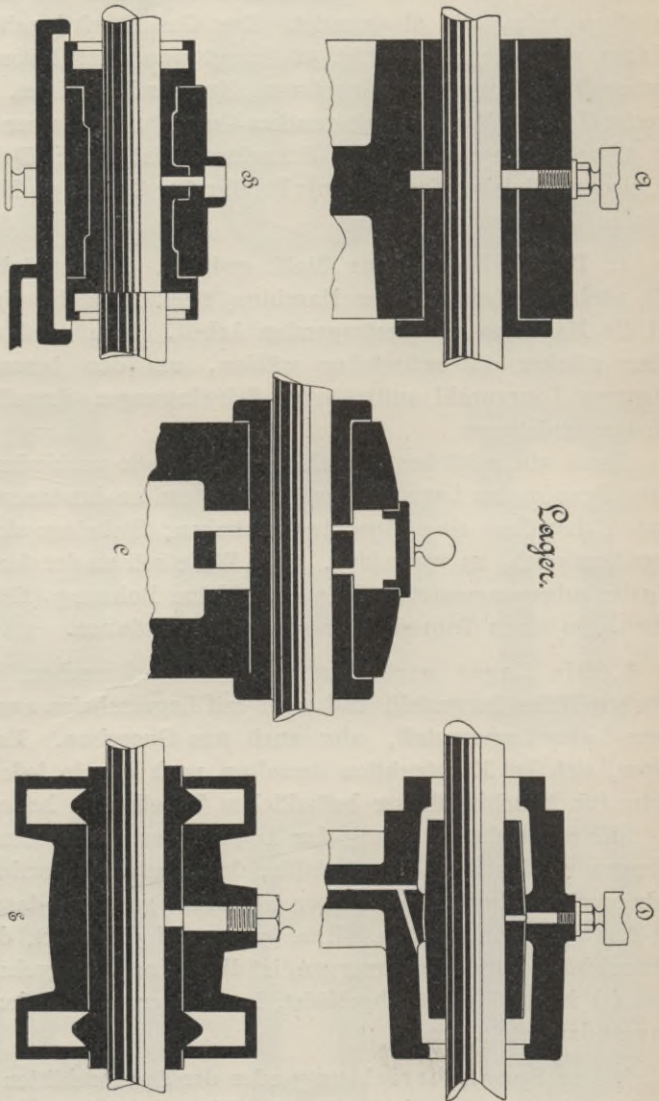


Fig. 46.



Der Schlitten besteht entweder aus einer Platte mit mehreren T-förmig ausgehobelten Nuten, in welchen die Schraubenköpfe bei Verschiebung der Maschine gleiten, oder nur aus zwei oder mehreren mit derartigen Nuten versehenen Schienen. Die Platte resp. die Schienen werden durch Fundamentschrauben festgehalten.

Jede Maschine soll ein Fundament bekommen, welches am besten aus Ziegelmauerwerk hergestellt wird, in welches die Fundamentschrauben eingelassen werden. Sehr zu empfehlen, besonders in feuchten Räumen, ist eine Isolation der ganzen Maschine von der Erde, was man ganz gut durch eine oder mehrere Lagen guter Dachpappe erreichen kann, welche zwischen Fundament und Maschine gelegt wird.



## Fünftes Kapitel.

### Konstruktionsbedingungen.

Die Armatur bewegt sich zwischen den Polen der auf die Windungen derselben wirkenden Magnete. Man sagt, die Armatur bewegt sich durch das magnetische Feld, d. i. die Wirkungssphäre des magnetischen Poles.

Die Wickelung der Armatur, sowie die Grösse und Stärke der magnetischen Kraft bedingen im Vereine mit der aufgewendeten Arbeit die Leistung der Maschine.

Eine Maschine im voraus zu berechnen, ist eine schwierige und nur mit Hilfe von bestimmten Annahmen durchführbare Sache, wobei aber niemals mit Sicherheit auf eine Übereinstimmung von Rechnung und Erfolg gebaut werden darf.

Ganz anders freilich ist die Sache, sobald man seine Berechnungen auf Grund einer vorliegenden, in allen ihren Verhältnissen genau bekannten Dynamomaschine ausführen kann.

Wenn daher jemand, der noch gar nicht mit Dynamos gearbeitet, glaubt, er könne am Schreibtisch eine Maschine berechnen und konstruieren mit Hilfe von Formeln, so befindet sich derselbe in einem Irrtume befangen. Stets muss die Theorie mit dem praktischen Probieren Hand in Hand gehen.

Dem Charakter dieses Buches entsprechend, will ich daher meinem Leser raten, falls er keine Maschine als Ausgangsobjekt zur Verfügung hat, sich nach den weiter unten angegebenen Gesichtspunkten eine Maschine nach bester Überlegung zu bauen, an dieser Maschine aber seine Studien vorzunehmen. Es wird ihm dann nicht schwer fallen, eine beliebige Maschine konstruktiv richtig herzustellen. Selbstverständlich gehören hierzu einige verlässliche Messinstrumente und das Verständnis des bisher Gesagten.

Die maximale, von einer Maschine zu liefernde Stromstärke hängt ausser von der Stärke des magnetischen Feldes von dem Querschnitt des Drahtes am Anker ab. Wir rechnen nämlich für

Ankerdrähte, ohne eine wesentliche, dem Anker schädliche Erwärmung befürchten zu müssen, 2—3 Ampère per Quadratmillimeter Querschnitt des Drahtes. Hierbei erinnern wir uns aber, dass der Ring (oder die Trommel) durch die Bürsten in zwei Teile, die zu einander parallel geschaltet sind, geteilt wird, dass also auf jede Hälfte der Armatur die halbe Stromstärke entfällt.

Nehmen wir an, ein Ring liefere eine Gesamtstromstärke von 50 Ampère, wobei die für die Magnete abgezweigte Stromstärke bei einer Nebenschlussmaschine mit eingerechnet ist, so entfallen auf jede Armaturhälfte 25 Ampère; es fließt also durch den Querschnitt des Drahtes ein Strom von 25 Ampère. Würden wir nun 3 Ampère auf den Quadratmillimeter gerechnet haben, so würde dies einem Drahtquerschnitt von 8 *qmm*, also einem Durchmesser von 3,2 *mm* oder rund 3 *mm* entsprechen. Die meisten Maschinen arbeiten mit weit mehr als 3 Ampère pro Quadratmillimeter. Bei guter Ventilation kann man bis auf 6 oder 8 Ampère gehen.

Bei einer vierpoligen Maschine wird der Ring in vier, bei einer sechspoligen in sechs, bei einer achtpoligen in acht Teile im obigen Sinne zu teilen sein, sodass bei einer Gesamtstärke von 48 Ampère beispielsweise auf den Drahtquerschnitt in der vierpoligen Maschine 12, in der sechspoligen 8, in der achtpoligen Maschine 6 Ampère zu rechnen wären und darnach der Querschnitt, beziehungsweise Drahtdurchmesser zu wählen wäre.

Bei gleicher Leistung an Stromstärke wird daher der Draht um so schwächer zu wählen sein, je mehr Pole die Maschine hat.

Dies ist der erste Punkt, der ins Auge zu fassen ist, sobald wir an die Konstruktion einer Maschine gehen.

Die elektromotorische Kraft ist nun abhängig von der Windungszahl und der Geschwindigkeit, mit welcher eine Spule durch das magnetische Feld geht, sowie von der Stärke des letzteren. Die gewählte Windungszahl mit Rücksicht auf die erforderliche Drahtstärke wird die Grösse des Armaturkernes ergeben. In Bezug auf diesen sei aber bemerkt, dass es eine praktische Grenze für die Geschwindigkeit giebt, mit welcher der Anker rotiert, eine Grenze, welche mit Rücksicht auf die Haltbarkeit desselben sich bestimmt. Als Grenze für die Geschwindigkeit nimmt man 20 *m* für den Umfang. Nehmen wir an, es sei der Durchmesser einer Armatur 30 *cm*, so wäre der Umfang rund 100 *cm* = 1 *m*. Nehmen wir nun eine Umfangsgeschwindigkeit von 20 *m*, so entspricht dies

einer Tourenzahl von 20 per Sekunde oder 1200 per Minute — eine noch ganz annehmbare Zahl für eine kleinere Maschine.

Die Armatur soll stets genügend Eisen enthalten; ein praktischer Versuch wird ergeben, dass bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen die elektromotorische Kraft mit der Vermehrung der Eisenmasse wächst. Was die Höhe der Bewickelung anbelangt, so ist es ratsam, nicht viel über  $\frac{1}{10}$  des Kerndurchmessers zu gehen.

Die Anzahl der einzelnen Spulen auf der Armatur mache man so gross als thunlich, vergesse aber nicht, dass der Kollektor dieselbe Zahl von Lamellen haben muss und dies bei sehr grosser Zahl letzterer grosse mechanische Schwierigkeiten hat.

Die Zahl der Spulen soll wenigstens so gross sein, dass die Spannungsdifferenz nicht mehr als 5 Volt zwischen zwei Spulen beträgt. Eine Dynamo, welche also 100 Volt Spannung giebt, sollte mindestens 40 Ankerabteilungen haben<sup>1)</sup>. Allerdings giebt es Maschinen, welche eine Spannungsdifferenz zwischen zwei Spulen von 20 Volt aufweisen; in diesem Falle muss aber für eine ganz vorzügliche Isolation gesorgt sein, da sonst zu leicht ein Durchschlagen derselben und dadurch eine Beschädigung der Maschine stattfindet. Bei Flachringen ist es aus diesem Grunde sehr zu empfehlen, an der inneren Seite des Ringes, wo die Spulen knapp aneinander liegen, zwischen dieselben mit Schellack getränkte Kartonstückchen oder Glimmerplättchen einzuschieben.

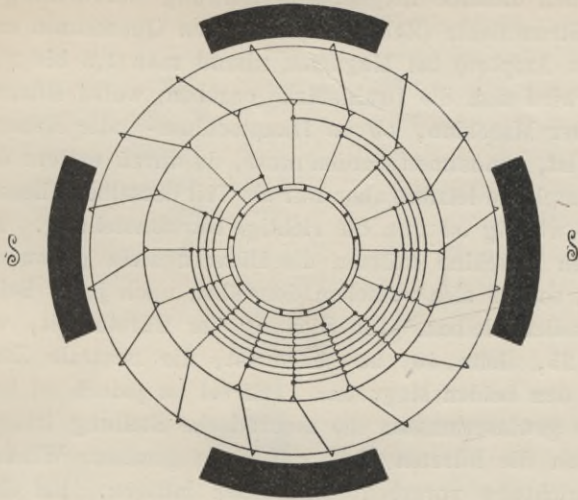
Die Magnete halte man kräftig; das Verhältnis des Durchmesser zur Länge sei beiläufig 1 : 3, kann aber auch bis zu 1 : 1 genommen werden. Was nun die Bewickelung anbelangt, so diene folgendes zur Richtschnur:

Die magnetische Kraft ist von der Zahl der Ampèrewindungen abhängig. Unter Ampèrewindungen versteht man das Produkt aus Zahl der Windungen mit Zahl der durch dieselben gehenden Ampère; so sind

100 Ampèrewindungen z. B. 10 Ampère  $\times$  10 Windungen  
 oder 1 »  $\times$  100 »  
 oder 2 »  $\times$  50 » u. s. w.,

<sup>1)</sup> Der Anker ist aus zwei parallel geschalteten Hälften zusammengesetzt zu denken — wobei jede Hälfte 100 Volt bei halber Gesamt-Ampèrezahl zu leisten hat.

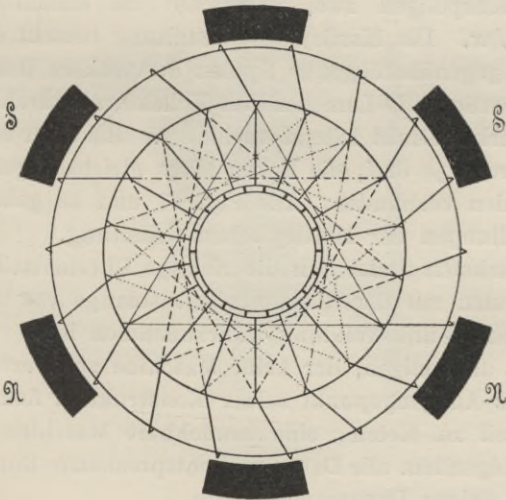
ㄱ



ㄱ

Fig. 47.

ㄱ



ㄴ

Fig. 48.

wobei wir uns merken wollen, dass die gleiche Zahl Ampèrewindungen auch dieselbe magnetische Wirkung hervorbringen wird.

Als Stromdichte (Zahl der durch den Querschnitt = 1 *qmm* fließenden Ampère) bei Magneten nimmt man 1,5 bis 2 Ampère. Darnach wird sich die Drahtstärke ergeben, wobei Rücksicht auf die Art der Maschine, ob es Hauptschluss- oder Nebenschluss-Maschine ist, genommen werden muss, da durch erstere der ganze Strom, durch die letztere aber nur ein Teil desselben fließen wird.

Sehr wichtig ist nun die richtige Bürstenstellung. Bei einer zweipoligen Maschine müssen die Bürsten stets genau diametral aufliegen, sodass also zwischen denselben nach jeder Seite gleich viele Lamellen bleiben. Die Stellung der Bürsten ist, wie auch aus Fig. 25, Seite 46, zu sehen ist, die neutrale Zone, also zwischen den beiden Magneten. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass dies gewissermassen die theoretische Stellung ist, während thatsächlich die Bürsten stets um einen gewissen Winkel in der Rotationsrichtung vorgeschoben werden müssen. Bei einer vierpoligen Maschine haben wir vier Bürsten, wovon je zwei, und zwar die gegenüberliegenden, miteinander leitend verbunden werden. Wendet man aber die Mordey'sche Schaltungsweise an, so sind nur zwei unter einem rechten Winkel stehende Bürsten anzuwenden, bei einer sechspoligen zwei unter 60° zu einander stehende Bürsten u. s. w. Die Mordey'sche Schaltung besteht darin, dass man je zwei gegenüberliegende Spulen des Ankers (oder auch je zwei gegenüberliegende Lamellen des Kollektors) durch einen entsprechend starken Draht leitend verbindet. Bei einer sechspoligen Maschine werden je drei, die Ecken eines gleichseitigen Dreieckes bildende Spulen verbunden. Die Fig. 47 und 48 geben schematische Darstellungen der Mordey'schen Schaltung.

Am einfachsten findet sich die richtige Bürstenstellung, wenn man die Bürsten mit der Bürstenbrücke solange vor oder zurück dreht, bis keine Funkenbildung wahrzunehmen ist.

Um nun demjenigen, der keine Maschine zur Verfügung hat, welche er als Ausgangspunkt seiner Konstruktion nehmen kann, die Möglichkeit zu bieten, eine brauchbare Maschine zu bauen, gebe ich in folgendem alle Daten und entsprechende Konstruktionszeichnungen einiger Dynamomaschinen.

Zuerst wollen wir eine Nebenschlussdynamo für 65 Volt Spannung und 30 16kerzige Glühlampen besprechen. (Fig. 49.)

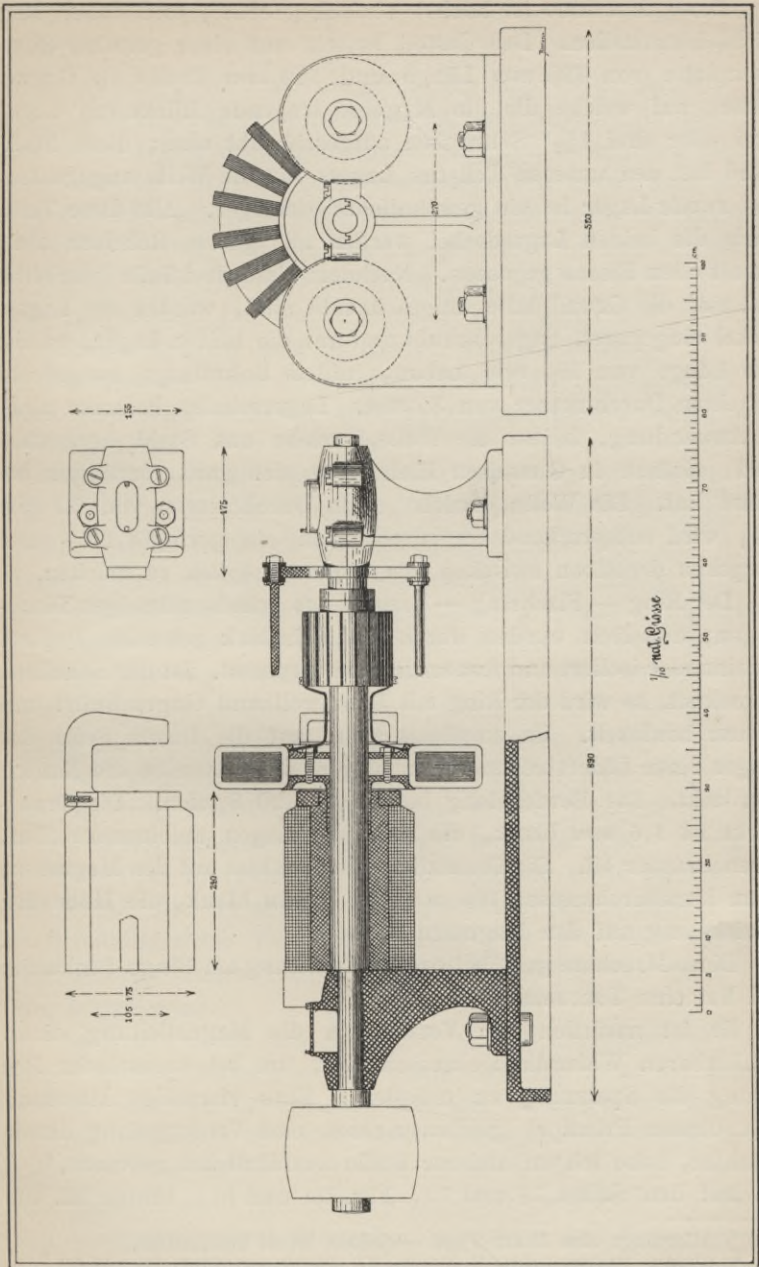


Fig. 49.

Diese Maschine ist höchst einfach gebaut<sup>1)</sup> und daher sehr leicht herzustellen. Das Gestell besteht aus einer geraden Guss-eisenplatte von 890 *mm* Länge und 520 *mm* Breite als Grundplatte, auf welche die die Magnete tragende Rückwand durch zwei oder drei  $1\frac{1}{2}$ " Schrauben aufgeschraubt wird; diese Rückwand hat den unteren Teil des Lagers für die Welle angegossen. Das zweite Lager ist ein gewöhnliches Stehlager. Alle diese Teile, sowie die beiden Lagerdeckel werden aus gutem Roheisen ohne Zusatz alten Eisens gegossen. Nachdem diese drei Teile bearbeitet und auf die Grundplatte aufgeschraubt sind, werden die Lagerdeckel eingepasst, angeschraubt und nun die beiden Lager, welche eine Länge von 180 *mm* haben, mittels Bohrstange ausgedreht auf einen Durchmesser von 35 *mm*. Lagerschalen kommen nicht in Anwendung, indem die Welle, welche aus Stahl hergestellt wird, einfach in Gusseisen läuft, was sich ganz vorzüglich bewährt hat. Die Welle, welche einen Durchmesser von 50 *mm* hat, wird entsprechend eingedreht, um ein geringes Hin- und Hergehen derselben zwischen den Lagern möglich zu machen.

Der Ring — Flachring — besteht aus scheibenförmigen Blechringen; dieselben werden durch mit Schellack getränkte Papiere voneinander isoliert und fest aneinander gepresst. Ist der Schellack getrocknet, so wird der Ring mit Baumwollband eingeschnürt und sodann bewickelt. Es empfiehlt sich, auf die innere Seite des Ringes einen Lederstreifen so einzulegen, dass derselbe die Kanten überdeckt. Die Bewickelung besteht aus 20 Spulen. Die Drahtstärke ist 1,6 *mm* blank, die Zahl der Lagen aufeinander fünf, nebeneinander elf. Die Drahtstärke des Drahtes auf den Magneten, deren Kerndurchmesser 105 *mm*, ist 2 *mm* blank, die Höhe der Bewickelung auf den Magneten 35 *mm*.

Diese Maschine geht bei egalere Wickelung am Ringe funkenlos und hat eine Tourenzahl von 800.

Es ist natürlich von Vorteil, in die Magnetleitung einen regulierbaren Widerstand einzuschalten, um bei wechselnder Belastung die Spannung zu erhalten. Eine vierpolige Maschine nach diesem Prinzip, gewissermassen eine Verdoppelung dieser Maschine, habe ich an anderer Stelle ausführlichst gebracht.<sup>2)</sup>

Auf den Seiten 78 und 79, Fig. 50 und 51, bringe ich die

1) Allerdings eine ältere Type — jedoch leicht ausführbar.

2) Biscan, Elektrotechn. Vorlagen, II. Lieferung, Blatt 11 und 12.



Konstruktionszeichnung einer kleinen Maschine, und zwar einer Handdynamo, vierpolig, Innenpolmaschine. Es dürfte vielleicht für so manchen von Interesse sein, sich eine kleine Maschine zu bauen, mittels welcher er imstande ist, verschiedene Experimente und kleine Arbeiten zu verrichten. Um nun auch jenen meiner Leser, welche entweder nicht die Gelegenheit haben oder selbst nicht imstande sind, die Rohgussteile auszuarbeiten, die Möglichkeit zu verschaffen, sich die Maschine selbst fertigzustellen, mache ich darauf aufmerksam, dass die Maschinenfabrik Joh. Grebstein in Eschwege a. d. Werra meine Modelle besitzt und berechtigt ist, darnach Rohguss oder bearbeitete Teile zu liefern.

Die Maschine kann selbstredend verschiedene Bewickelung erhalten und wird demnach auch zu verschiedenen Zwecken Verwendung finden.

Die vier Magnete (M) sind aus Gusseisen hergestellt und zwar aus einem Stück. Dieselben haben eine Verbreiterung (Polschuh), welche natürlich cylindrisch abgedreht wird; ein cylindrischer Ansatz wird durch drei Schrauben in dem mit der Grundplatte verbundenen Ständer festgeschraubt, sodass die Magnete fest stehen. Durch den Ansatz und die Mitte der vier Magnete geht eine Bohrung, welche als Lager für die Welle dient. Diese letztere trägt, durch eine Nabe verbunden, die acht Speichen aus Messing oder Bronze, welche durch darauf senkrecht angeschraubte, der Achse parallele Stahlstäbchen den Ring tragen. Dieser besteht aus einem Eisenblechcylinder (auf welchen jene Stäbchen angenietet sind), welcher mit Eisendraht bewickelt wird. Die Zahl der Spulen ist 48 (zwischen je zwei Speichen sechs Spulen, im Viertel 12). Die Verbindung der gegenüberliegenden Spulen nach der Schaltungsweise von Mordey kann hier sehr leicht am Umfange des bewickelten Ringes ausgeführt werden. (In der Zeichnung weggelassen.)

Die Konstruktion des Kollektors weicht wesentlich von derjenigen anderer Maschinen ab, indem derselbe nicht die übliche Cylinder-, sondern eine Scheibenform hat. Dies geschah aus zwei Gründen, einerseits, um eine leichte, einfache Herstellung zu ermöglichen, und andererseits, um an Raum zu sparen. Auf die acht Speichen wird eine Scheibe aus Holz (aus mehreren Teilen zusammengefügt) durch Schrauben befestigt. Auf dieser Scheibe sind nun die 48 aus 4 mm dickem Messingblech hergestellten

SCHNITT XY

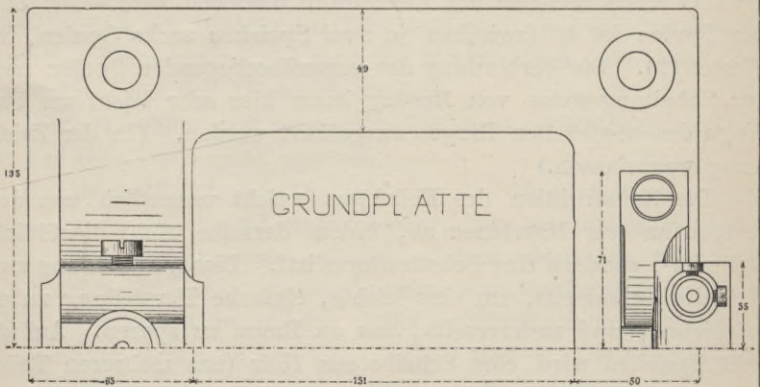
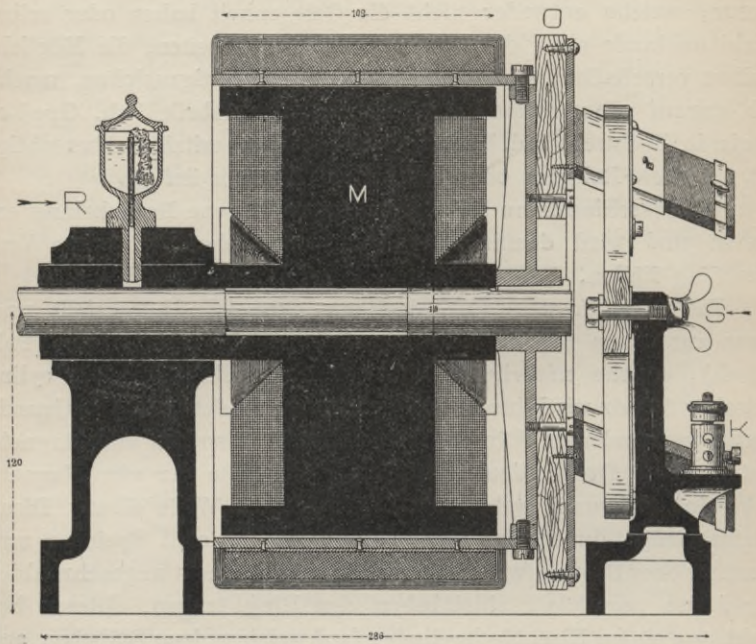
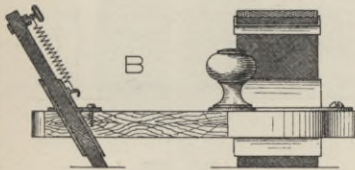
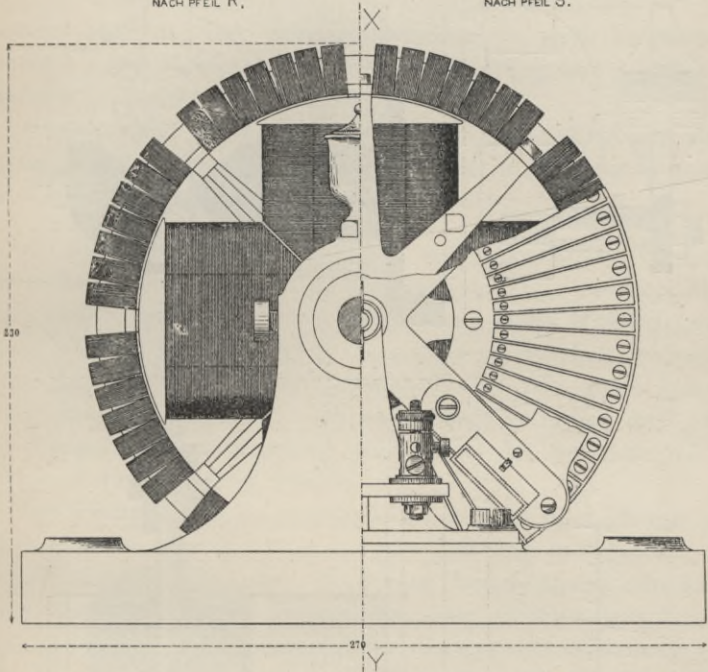


Fig. 50.

# SEITENANSICHT

NACH PFEIL R.

NACH PFEIL S.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 *cm.*

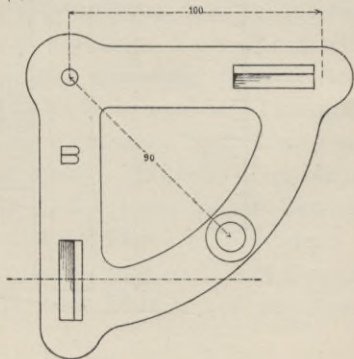


Fig. 51.

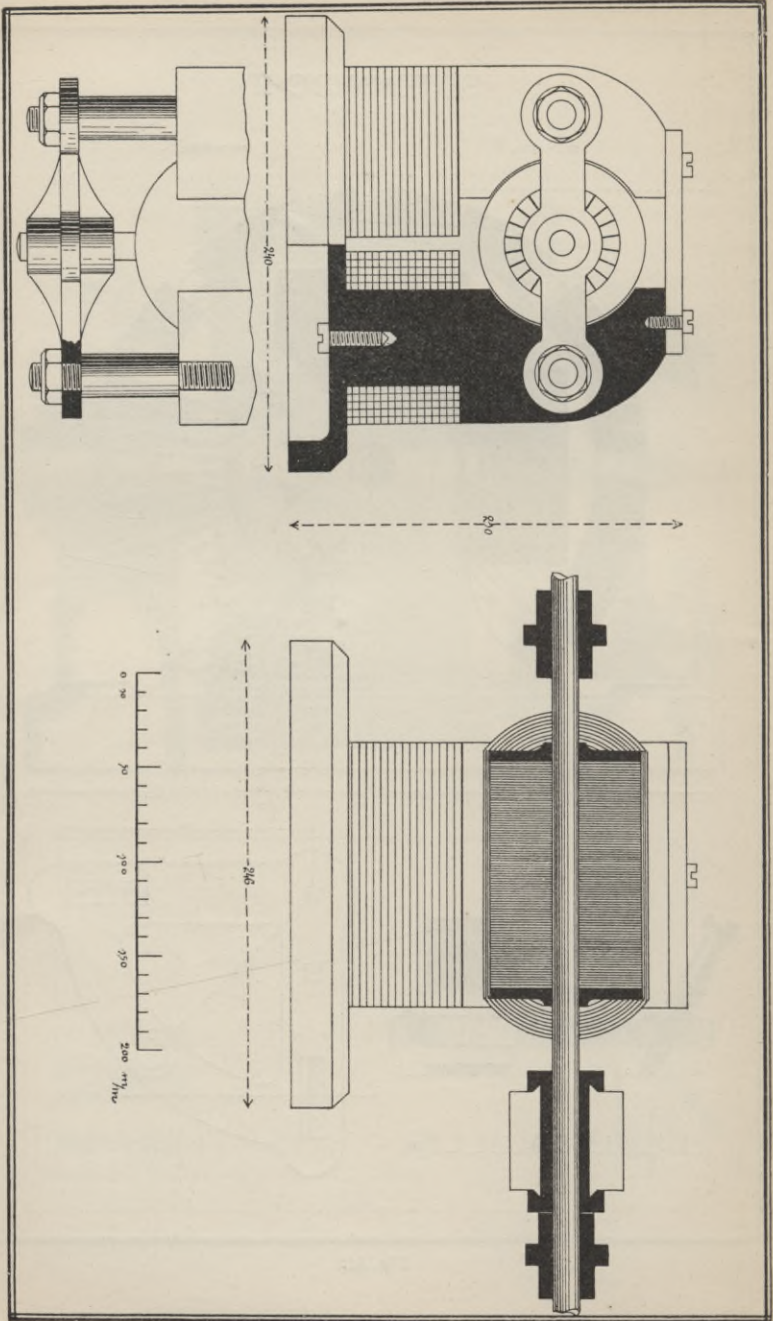


Fig. 52.

Lamellen befestigt. An die grössere, äussere Schraube wird der von der Spule kommende Draht angeschlossen.

Die aus Kupfergewebe hergestellten Bürsten (fertig käuflich zu haben) werden in einfacher Weise durch eine Feder an den Scheibenkollektor angedrückt. Sie sind natürlich um  $90^{\circ}$  voneinander entfernt und müssen zwischen je zwei Magnetpolen schleifen. Bei Bewickelung, wie unten angegeben, leistet die Maschine 10 Ampère und 30 Volt.

Magnetdraht: 1 *mm*, Spulendraht 0,6 *mm*. Zahl der Lagen in einer Spule aufeinander: 4, nebeneinander 9, Zahl der Spulen 48. (Die Zeichnung zeigt fälschlich 56 Spulen.)

In Fig. 52 bringe ich, vielen ausgesprochenen Wünschen entsprechend, eine kleine Trommelmaschine. Ich habe bei dieser Konstruktion darauf Rücksicht genommen, dieses Maschinchen so einfach als nur irgend möglich herstellbar zu machen, sodass ich hoffe, dass es bei einigem Geschicke selbst Dilettanten gelingen dürfte, dasselbe zu bauen. Ich habe Sorge getragen, dass sämtliche Teile zu dieser Maschine fertig von der auf Seite 77 genannten Fabrik geliefert werden.

Die Zeichnung ist so verständlich gehalten, dass ich mir wohl erlauben kann, nur die Wickelungsverhältnisse anzugeben. Dieselben sind folgende: Anker: 20 Spulen, bestehend aus zehn Lagen neben- und drei Lagen aufeinander eines Drahtes von 0,6 *mm* blank bzw. 1,1 *mm* isoliert. Über die Art der Wickelung siehe Seite 59. Hierbei möchte ich nur bemerken, dass es gut ist, je eine Hälfte der Drähte einer Spule auf einer Seite der Welle zu führen, wie dies auch die kleine Figur andeutet. Um die Spulen bequemer zu führen, sind in den Endscheiben der Trommel 20 schmale Einschnitte angebracht; in diese keilt man kleine Holzplättchen, welche die Spulen begrenzen. Magnete: Die Magnete werden mit Draht von 1 *mm* blank und 1,4 *mm* isoliert bewickelt, und zwar in 42 Lagen neben- und 14 Lagen aufeinander. Die Magnete werden aus Gusseisen hergestellt und nach dem Bewickeln auf die Grundplatte aufgeschraubt oder können mit derselben in einem Stücke gegossen werden.

Eine Maschine, welche gewissermassen als Versuchsobjekt gelten kann — ähnlich wie die Flachringmaschine Fig. 49, nur in etwas kleinerem Masse — habe ich in Fig. 53 in ausführlicher

Теплофлюс-Динамометр [Струйформ.]

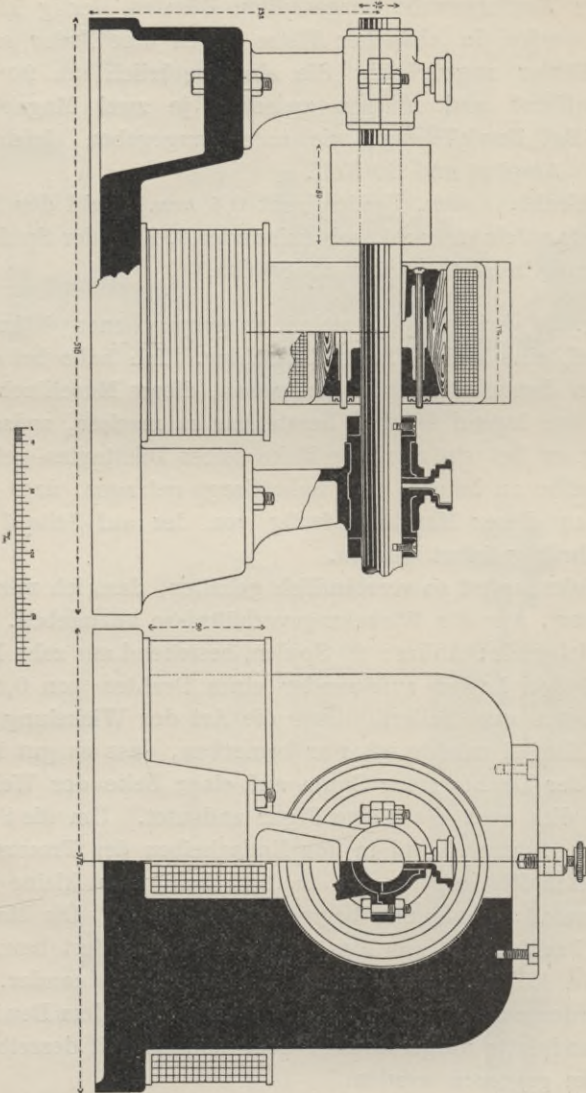


Fig. 53.

Weise zur Darstellung gebracht. Die Maschine genügt für 10 bis 12 Glühlampen zu 16 Kerzen oder für ein Bogenlicht von 1000 Kerzen. Um von jeder Art Maschinen ein Beispiel zu haben, wählte ich hier den Gramme'schen Trommelring; die Maschine ist nach dem sog. Kapp-Typus gebaut. Der Anker dieser Maschine wird sich wohl am leichtesten durch Aufwickeln von Eisendraht (etwa 2 mm) auf eine entsprechend gedrehte Holztrommel herstellen lassen. Die Wickelung des Ringes besteht aus 30 Spulen; jede Spule besteht aus sieben Lagen neben- und vier Lagen aufeinander; Drahtstärke 1 mm blank, 1,5 mm isoliert für den Anker und 2 mm blank, 2,5 mm isoliert für die Magnete. Die Dimensionen von Ring und Anker sowie alle übrigen der Maschine sind aus der Zeichnung leicht ersichtlich.

Die Fig. 54 bringt die Konstruktionszeichnung einer Hand-Dynamomaschine der Firma C. & E. Fein in Stuttgart, mit Gramme'schem Ring. In Fig. 55 haben wir eine Flachringmaschine nach dem Typus Schuckert vor uns; dieselbe leistet bei 100 Volt Spannung 50 Ampère bei 1100 Touren. Die Zeichnung ist sehr klar, sodass die Konstruktion daraus leicht ersichtlich ist. Der Ring besteht aus 1 mm (blank) Eisendraht und ist bei einem Durchmesser von 400 mm 60 mm breit. Er ist mit 40 Spulen von 2 mm (blank) Kupferdraht bewickelt; die Windungszahl der Spulen ist 20. Die Magnete sind 200 mm lang, haben einen Kerndurchmesser von 90 mm und sind bis zu einem äusseren Durchmesser von 170 mm bewickelt mit drei Lagen 5 mm (blank) und zehn Lagen 1 mm (blank) Kupferdraht. Es ist also, wie wir aus dieser Wickelungsangabe erfahren, diese Maschine eine Compounddynamo.

Hat man eine Maschine fertig gebaut, d. h. bewickelt und aufgestellt, um dieselbe einer Probe auf ihre Leistung zu unterziehen, so ist es vor allem notwendig, die Magnetleitung mit den Bürsten richtig zu verbinden. Vor allem müssen die Magnete richtig untereinander verbunden werden, was man ja leicht mit Hilfe eines kleinen galvanischen Elementes und einer Magnetnadel bestimmen kann. Hat man nun die beiden Drahtenden bezeichnet und sich gemerkt, wo der positive Strom eintreten muss, um die richtige Polarität zu erzeugen, so handelt es sich nur mehr darum, die Enden mit den Bürsten zu verbinden. Um nun zu erfahren, aus welcher Bürste der positive Strom tritt, verbindet man die

*Standdynamo nach C. & Stein & Co.*

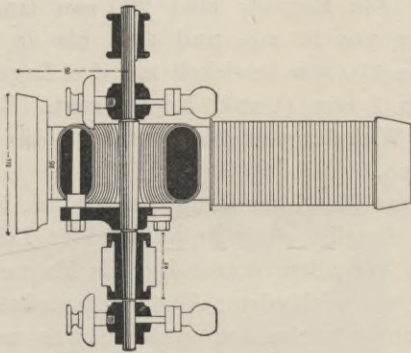
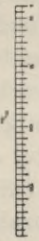
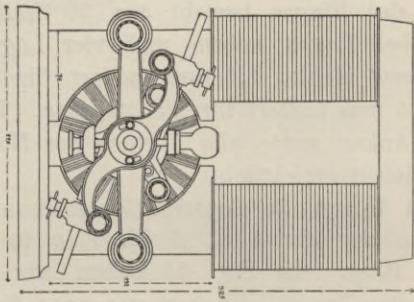


Fig. 54.



*Machring-Dynamo.*

30 Ampère-100 Volt

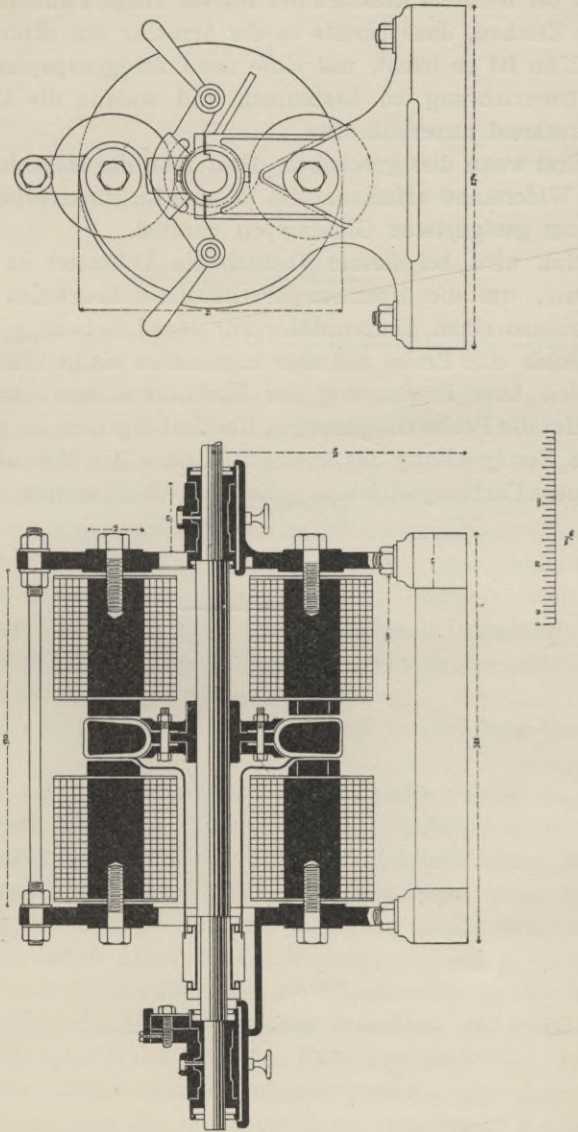


Fig. 55.

beiden Magnetdrahtenden mit einem galvanischen Element und lässt nun den Ring rotieren; ist alles in Ordnung, so wird man sofort bei leichtem Abheben der Bürste kleine Fünkchen bemerken — ein Zeichen, dass bereits in der Armatur ein Strom vorhanden ist. Nun ist es leicht, mit Hilfe des Polreagenzpapieres (Seite 10) die Stromrichtung zu bestimmen und sodann die Magnetleitung entsprechend anzuschliessen.

Erst wenn dies geschehen, lässt man die Maschine auf irgend einen Widerstand arbeiten. Ist es eine Lichtmaschine, so schaltet man am geeignetsten Glühlampen parallel.

Man wird bei diesem Versuch ein Voltmeter an die Bürsten schalten, um die Spannungsverhältnisse beurteilen zu können, und ebenso einen Tourenzähler zur Hand haben.

Solch eine Probe soll aber mindestens einige Stunden dauern, um sich über Erwärmung der Maschine u. s. w. zu orientieren.

Hat die Probe ein günstiges Resultat ergeben, so geht man nun an die Fertigstellung des äusseren Kleides der Maschine; sie wird mit guten Farben gestrichen, polierfähige Teile werden poliert u. s. w.



## Sechstes Kapitel.

### Beschreibung einiger Gleichstrommaschinen.

Demjenigen, der sich mit der Absicht trägt, eine Maschine zu bauen, kann nicht genug angeraten werden, sich mit der Bauart verschiedener Maschinen durch Anschauung vertraut zu machen. Da dies aber in den seltensten Fällen an Originalen selbst möglich ist, so glaube ich meinem Leser einen Dienst erweisen zu können, wenn ich nun eine Reihe von Maschinen in guten Abbildungen, aus welchen sich sehr viel lernen lässt, bringe. Wer diese Maschinen mit Aufmerksamkeit und Überlegung betrachtet, wird so manchen Anhaltspunkt, so manchen Fingerzeig für seine eigene Konstruktion finden.

Wir wollen, entsprechend dem Früheren, von der Ring-Maschine ausgehen.

Bemerkt sei hier, dass jede Dynamomaschine auch als Motor Verwendung finden kann durch einfache Umkehrung des Vorganges. Sendet man nämlich durch die Maschine einen Strom, der demjenigen entspricht, welchen die Maschine selbst hervorbringen kann, so wird die Armatur derselben in Rotation versetzt und wird nun selbst Arbeit leisten können.

Hierbei ist zu bemerken, dass die Bürstenstellung eine andere ist: Während bei der stromerregenden Maschine die Bürsten im Sinne der Rotation aus der neutralen Zone geschoben sind, müssen dieselben beim Motor gerade entgegengesetzt, also gegen die Rotationsrichtung aus der neutralen Zone verschoben werden.

Die Anwendung des Starkstromes zu galvanoplastischen Zwecken findet immer mehr und mehr Verbreitung. Unter den

Maschinen dieser Gattung sind diejenigen der Firma C. & E. Fein in Stuttgart ganz besonders hervorzuheben. Die in Fig. 56 gebrachte Maschine ist eigentlich keine gewöhnliche Dynamomaschine. Sie hat nämlich zwei Stromabgeber, von welchen der eine einen schwachen Strom zur Erregung der Magnete liefert, während der andere den Nutzstrom abgibt. Durch diese Einrichtung lässt

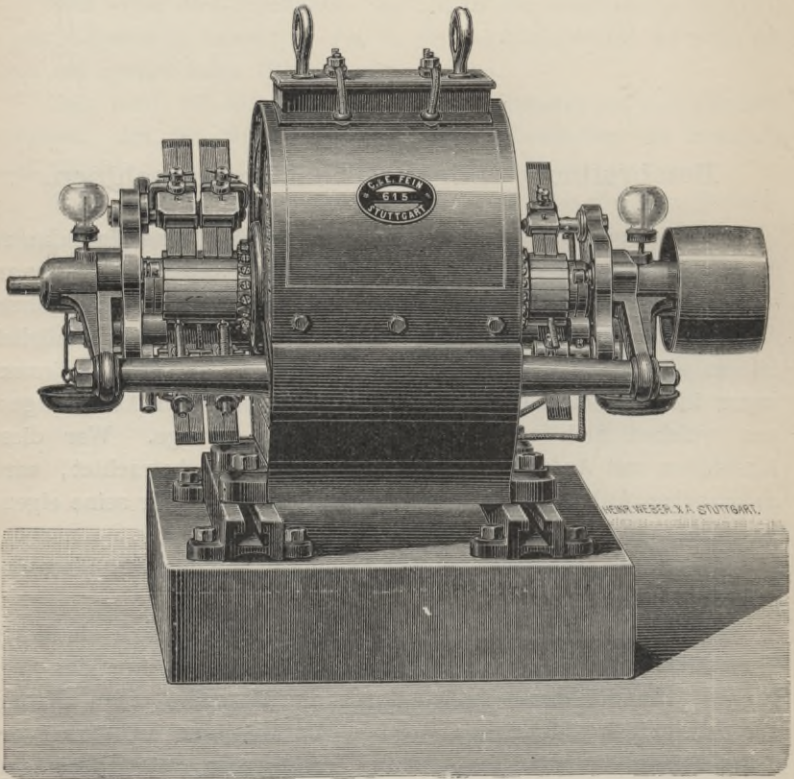


Fig. 56.

sich erreichen, dass auch mit grossen Maschinen die kleinsten Gegenstände noch einzeln behandelt werden können, ohne dass ihr Kraftbedarf in ein ungünstiges Verhältnis zur Leistung der Maschine kommt. Die abgebildete Maschine leistet bei 1200 Touren pro Minute 100 Ampère und 4 Volt.

Fig. 57 bringt eine 4polige Innenpolmaschine, Fig. 58 eine ebensolche Maschine direkt gekuppelt mit einer Dampfmaschine zur Anschauung; beide Maschinen von C. & E. Fein in Stuttgart.

Die in Fig. 57 abgebildete Innenpolmaschine wurde bereits im Jahre 1887 von der Firma C. & E. Fein in Stuttgart konstruiert. Die Figur zeigt den Ring mit abgenommenem Schutzkasten, der denselben vollständig umschliesst. Die Maschine zeichnet sich, wie alle Erzeugnisse dieser Firma, durch Eleganz

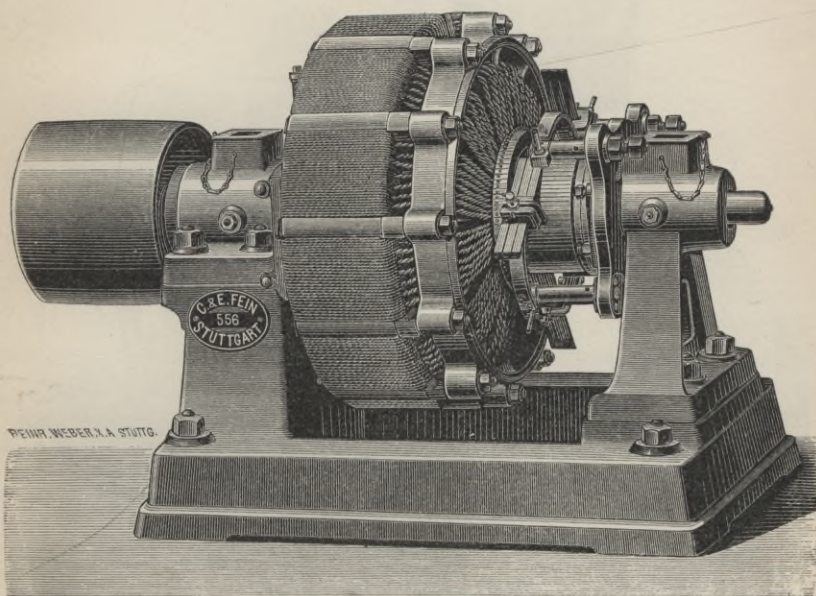


Fig. 57.

und Solidität aus. Bei den grösseren Maschinen dieses Modells lassen sich die Bürsten durch eine besondere Vorrichtung gleichzeitig auf den Kollektor legen, beziehungsweise abheben. Diese Maschinen werden in jeder beliebigen Grösse bis zu mehreren Hundert Pferdekraften gebaut.

Fig. 59 zeigt uns eine vielpolige Maschine mit Aussenpolen von derselben Firma.

Es ist dies eine 6 polige Maschine; die Magnete sind radial gestellt und mit dem die Maschine abschliessenden Kranz in einem

Stück gegossen, die Maschine hat Ringschmierung und Mordeyschaltung.

Fig. 60 bringt die typische Flachringmaschine Schuckert's zur Anschauung. Diese Type wurde in neuerer Zeit ganz verlassen, und

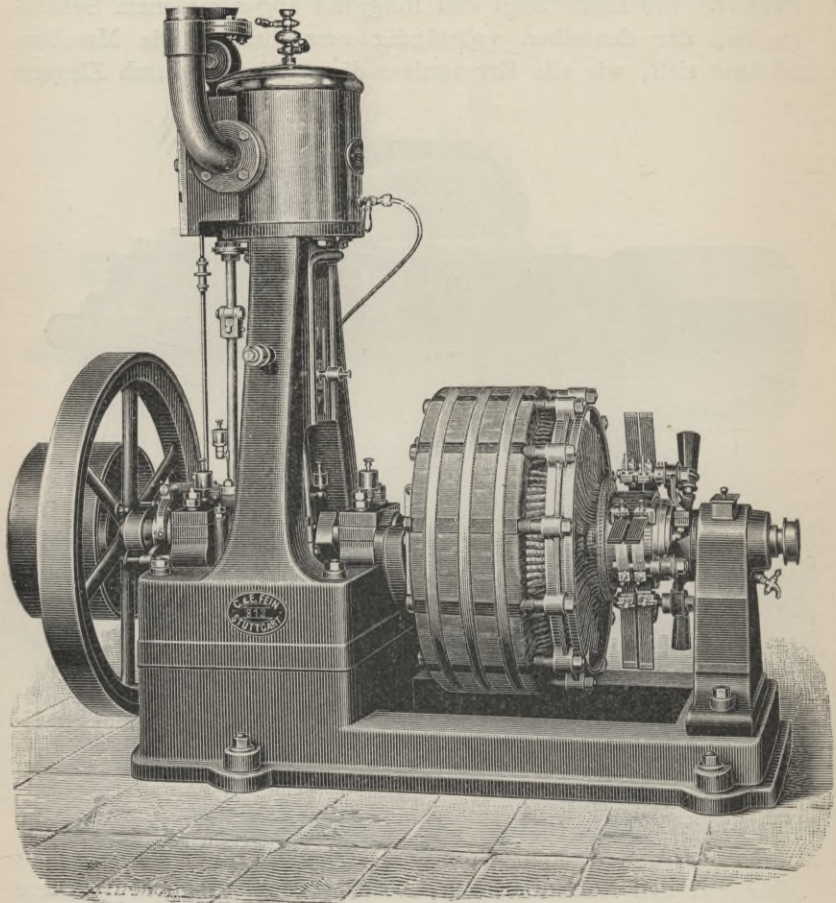


Fig. 58.

baut die Firma Schuckert & Co. A. G. in Nürnberg nun nur Trommel- und Trommelring-Maschinen für alle Leistungen, sowohl als Dynamos wie auch als Motoren. Der Typus der heutigen Maschinen ist aus der Abbildung zu ersehen, in welcher eine

Dynamo mit der Welle einer Wechselstrommaschine direkt gekuppelt ist.

Speziell als Motoren für das Kleingewerbe, und zwar bis zu einer Leistung von 15 eff. PS, dient die Type Modell A, welche wir in Fig. 61 abgebildet haben.

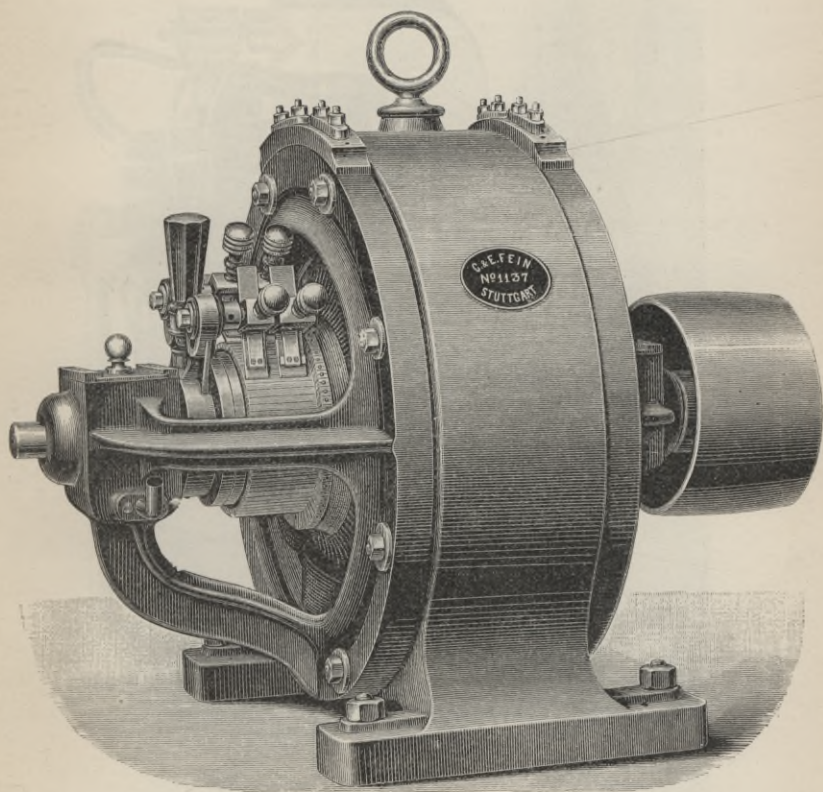


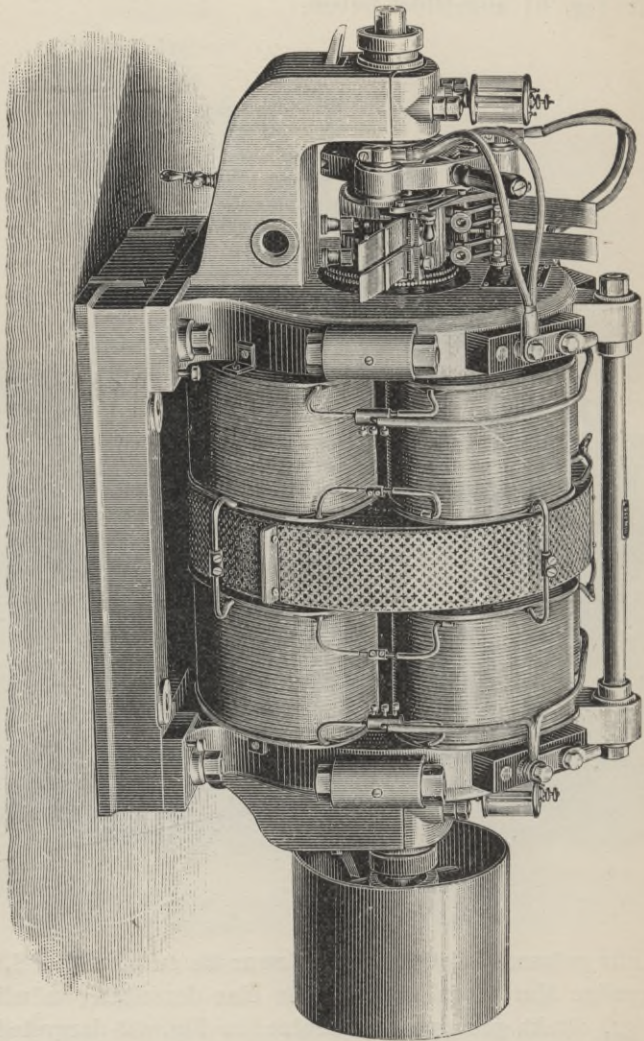
Fig. 59.

Für grössere Leistungen, und zwar bis zu 350 eff. PS, werden mehrpolige Maschinen gebaut, wie eine derselben, nämlich eine 6 polige, direkt gekuppelte Maschine, in Fig. 62 dargestellt ist.

In den Fig. 63 und 64 sehen wir eine Maschine für Bogenlicht abgebildet. Das magnetische Gestell dieser Maschine besteht aus zwei durch ein sehr kräftiges Joch verbundenen Kernen von

elliptischem Querschnitt. Entsprechende, kräftige Polschuhe umfassen den Ring auf drei Seiten. Der Anker ist auf der Welle derart befestigt, dass diese in Lagern läuft, welche im Inneren

Fig. 60.



der Maschine angebracht sind, der Anker also nicht zwischen zwei Lagern, sondern ausserhalb dieser sich befindet. Der Ring



mit dem Kollektor ist nach Zurücklegung der Polstücke, welche zu diesem Behufe mit Angeln versehen sind, vollkommen zugänglich, frei gelegt. Die Regulierung dieser Maschine geschieht automatisch durch Verschiebung der Bürsten und Benutzung eines Regulierwiderstandes, welche beide durch einen kleinen elektrischen Motor bethätigt werden, welcher in einer Art Nabe in dem die

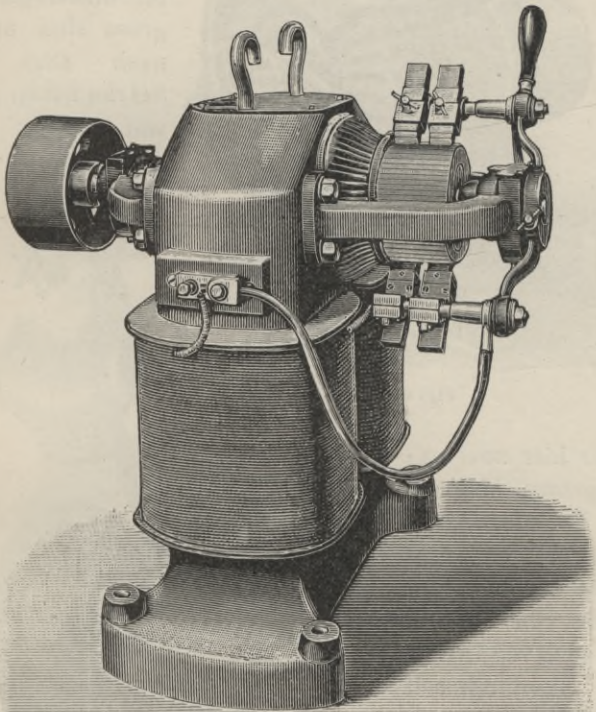


Fig. 61.

Polstücke überbrückenden Arm angebracht ist. Die Maschine wird in mehreren Grössen gebaut, für 25, 50 und 125 Bogenlichter zu 1200—2000 Kerzenstärken.

Eine Maschine, welche uns im ersten Augenblick an die bekannte ältere Form der Gramme-Maschinen mit Doppelpol erinnert, aber doch wesentlich davon abweicht durch die eigentümliche Ge-

staltung des magnetischen Feldes, sehen wir in Fig. 65. Während nämlich bei der oben gedachten Gramme-Maschine die beiden

Magnete, welche dem Polschuh die Polarität geben und so ihre Wirkung auf die Armatur übertragen, gleich gross sind und demnach auch gleiche Stärke haben und nur von aussen wirken,

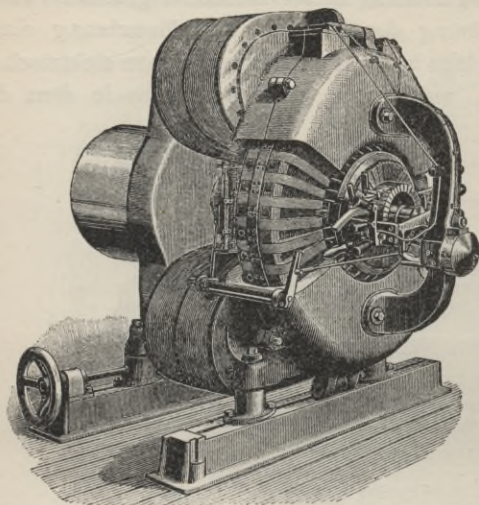


Fig. 63.

sehen wir hier zwei ungleich grosse Magnete je einen Pol bildend, die aber durch geeignete Polschuhe auf den Ring nicht nur von aussen, sondern auch von innen wirken. Hierdurch soll eine möglichste Ausnutzung der magnetischen induzierenden Kraft erzielt werden. Die Maschine ist als Nebenschlussmaschine gewickelt und sehr solid gebaut, im übrigen eine veraltete Type, die wir nur aufführen, um zu zeigen, wie man früher gebaut.

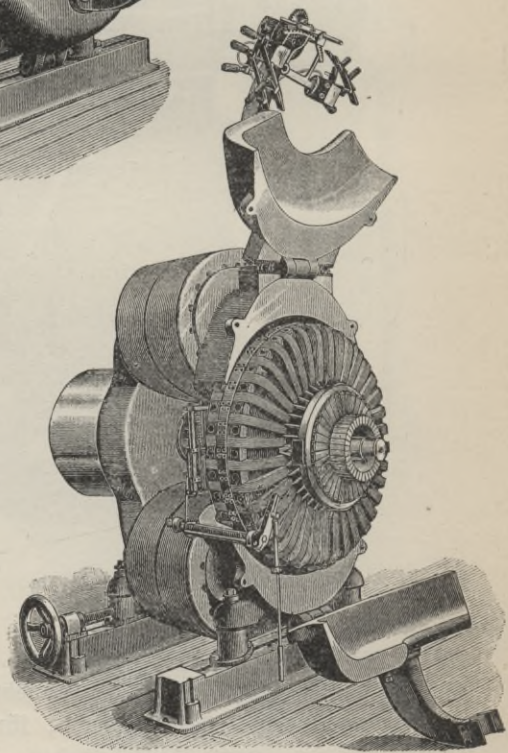


Fig. 64.

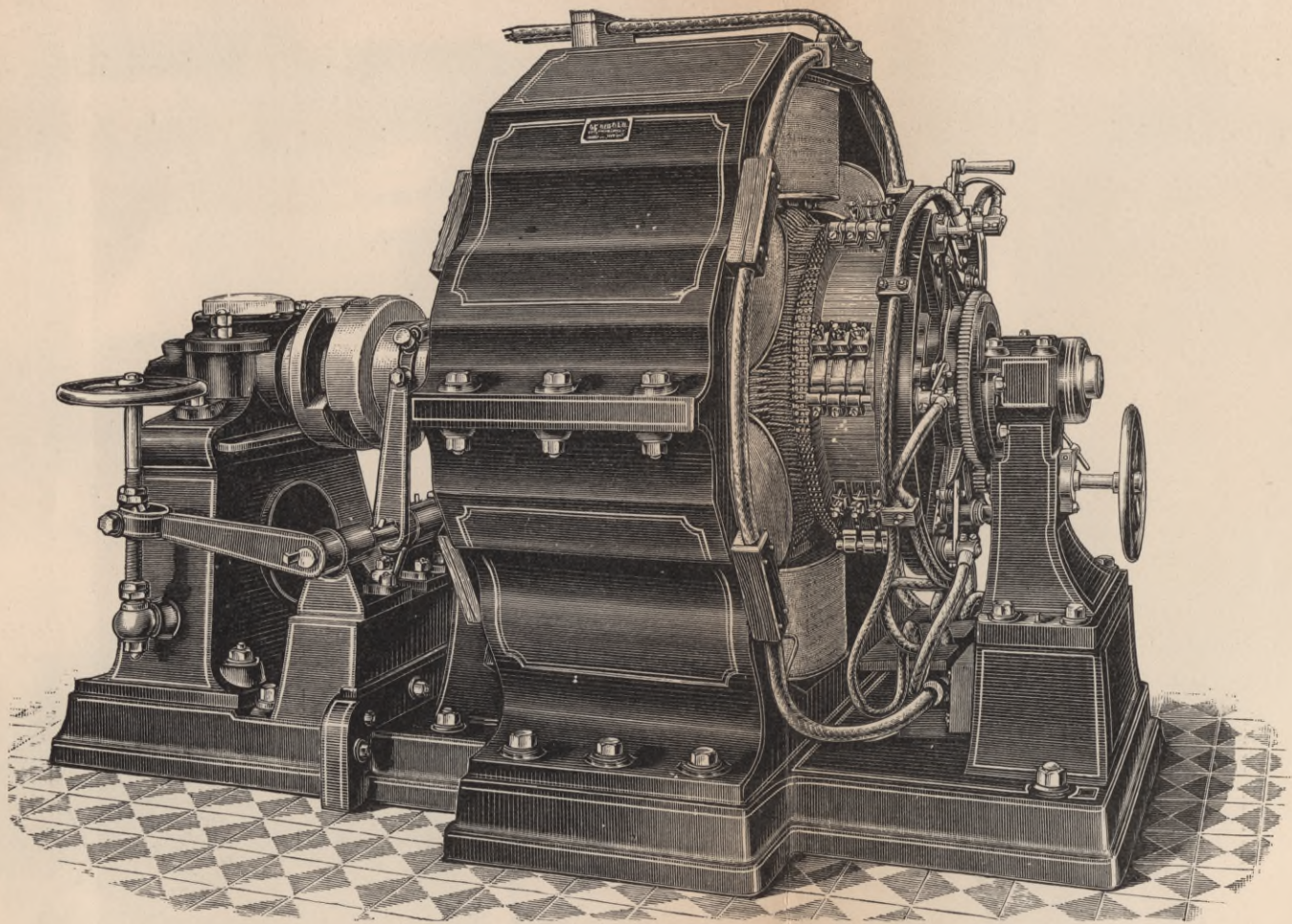


Fig. 62.

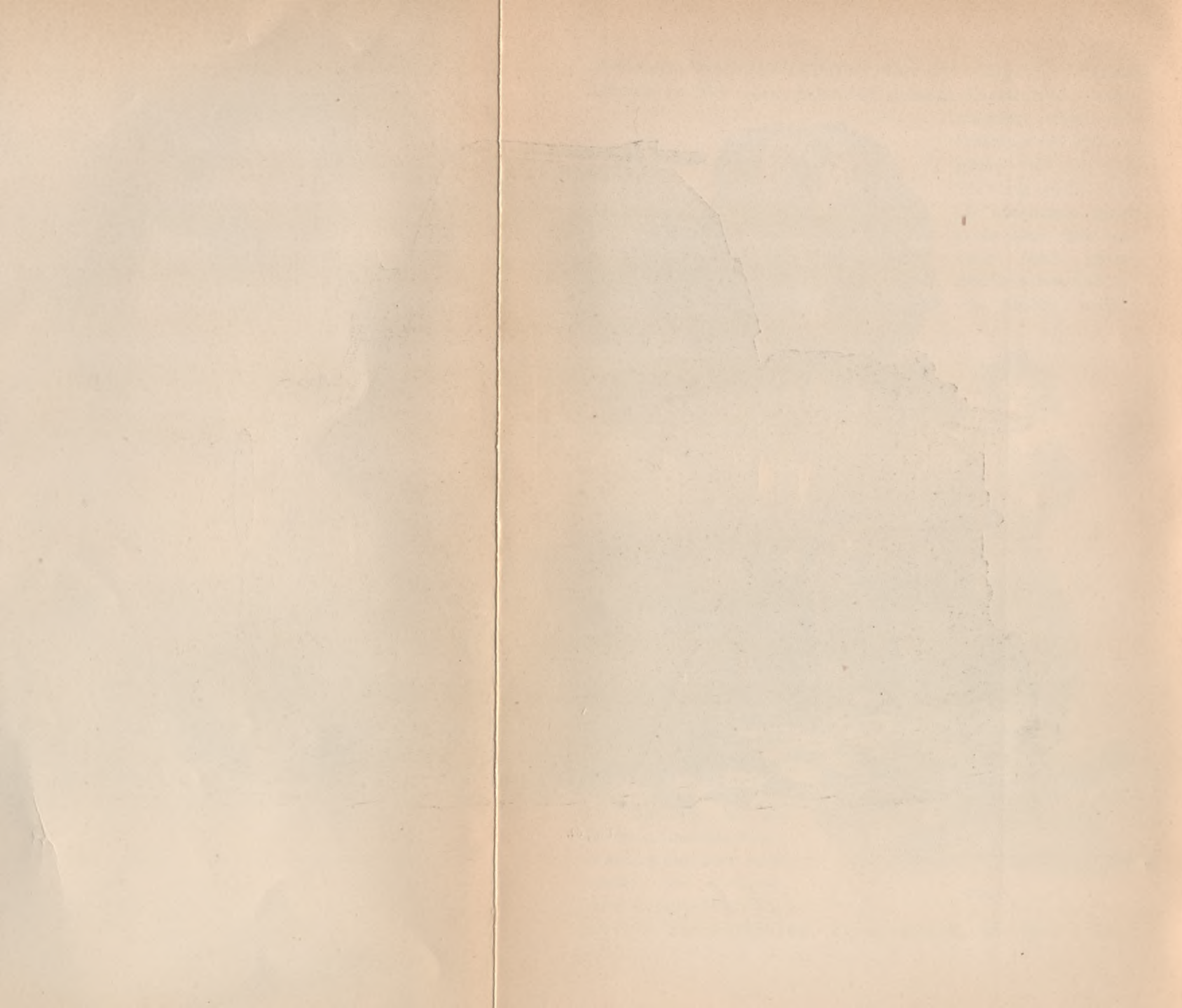


Fig. 66 stellt eine Vereinigung einer Lichtmaschine mit einem Gasmotor vor. Dies ist dort von Vorteil, wo sehr wenig Raum

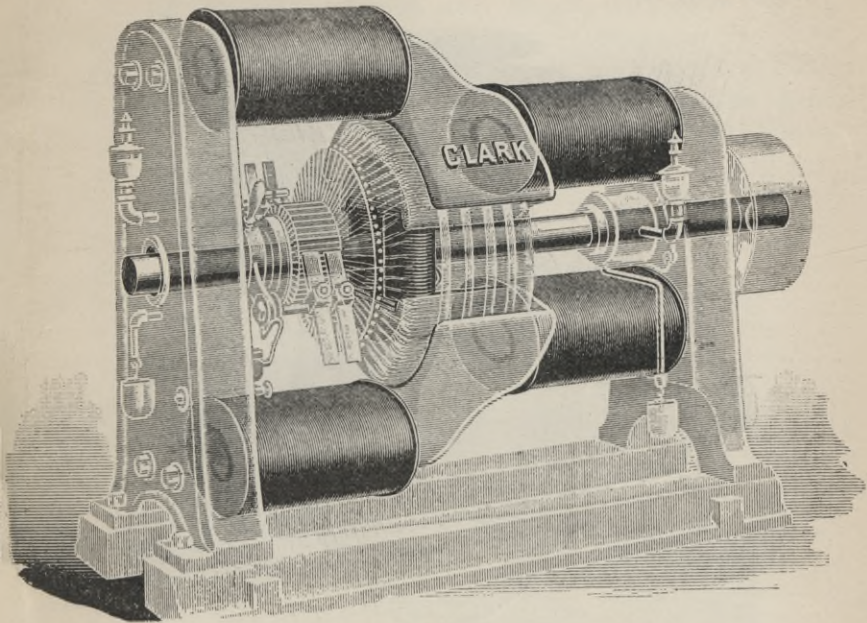


Fig. 65.

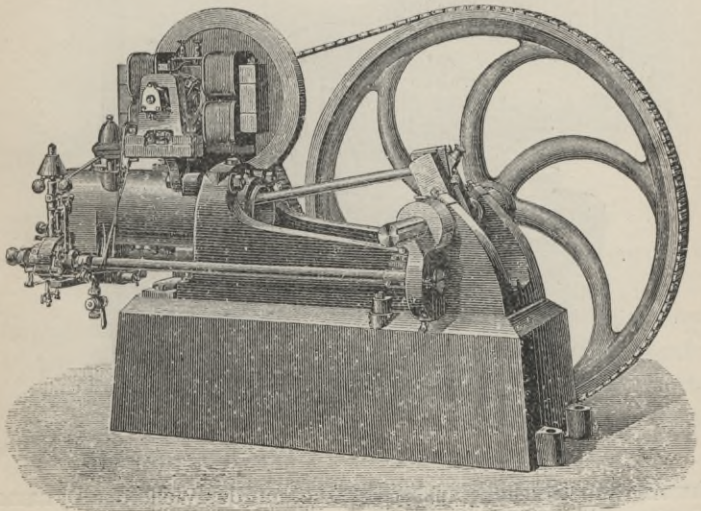


Fig. 66.

zur getrennten Aufstellung vorhanden ist. Um einen gleichmässigen Gang zu erzielen, ist der Gasmotor mit einem sehr schweren

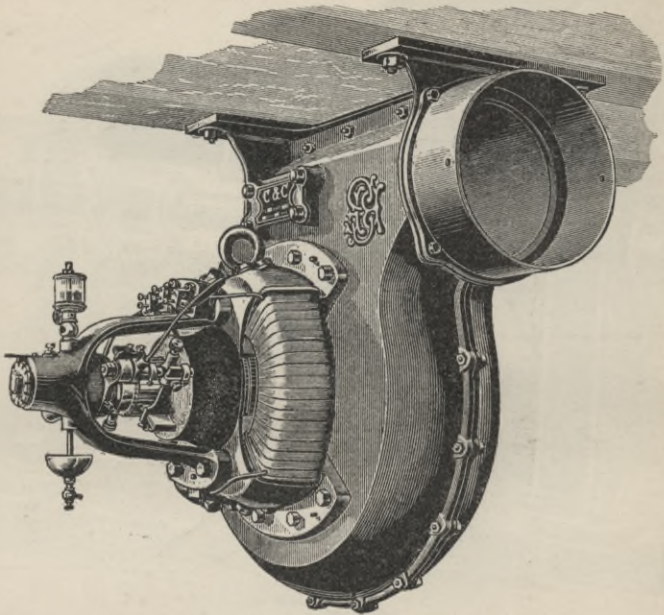


Fig. 67.

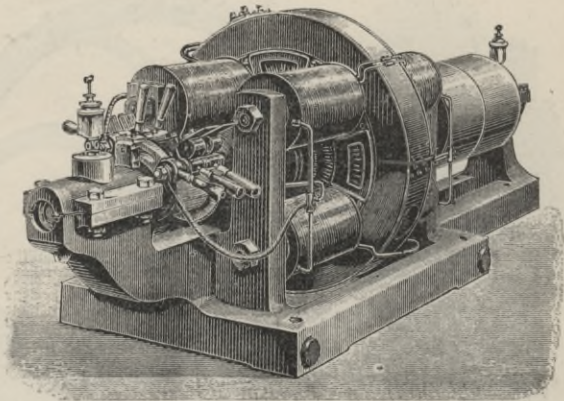


Fig. 68

Schwungrade versehen; ausserdem sitzt auf der Welle der Dynamomaschine ein Schwungrad. Letzteres an die Welle von Licht-

maschinen zu geben, ist vorteilhaft, wenn der Motor geringe Differenzen im Gang (Tourenzahl) aufweist.

Fig. 67 giebt das Bild eines kleinen elektrischen Motors, welcher von der C. & E. Electric Motor Company in New-York zu Zwecken der Luftreinigung im Inneren von Schiffen und ähnlichen Räumen gebaut wird. Der Gramme'sche Ring ist direkt mit dem Ventilator verbunden. Die Maschine arbeitet sehr ruhig und geräuschlos.

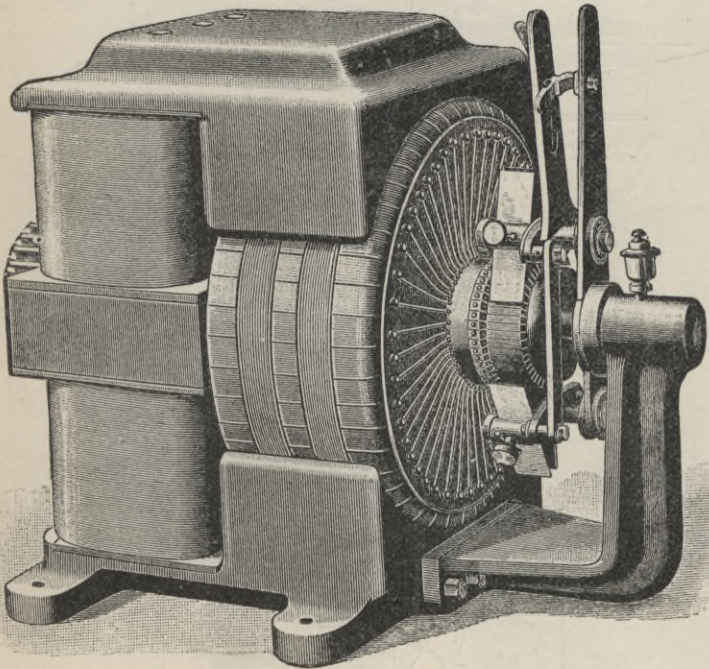


Fig. 69.

Henrion in Nancy hat mit der in Fig. 68 abgebildeten Maschine auf der Ausstellung zu Paris eine grössere Anzahl von Krizik-Lampen betrieben. Die Maschine hat Compound-Bewickelung und einen Flachring-Anker, dessen Kern aus weichem Eisendraht hergestellt ist. Es sind nur zwei Bürstensätze (unter  $90^{\circ}$ ) vorhanden, und daher ist die auf Seite 73 besprochene Mordey-Schaltung durchgeführt.

Fig. 69 zeigt einen elektrischen Motor von van Depoele für Strassenbahnbetrieb. Die Maschine ist äusserst kräftig und einfach

gebaut. Interesse erregen die beiden Paare Bürsten, wie dies sonst bei keiner Maschine in Anwendung kommt. Der Zweck derselben

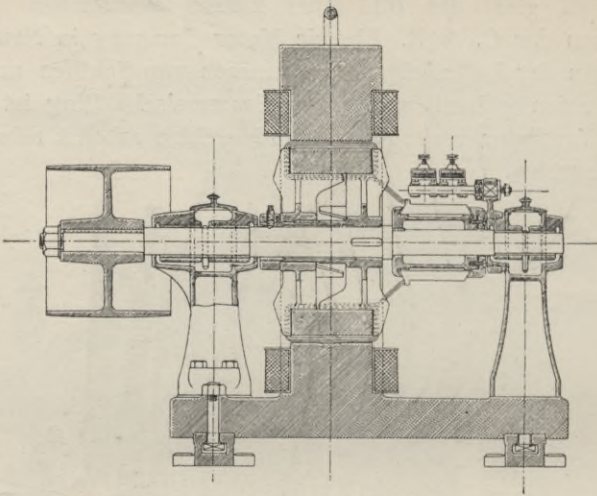


Fig. 70.

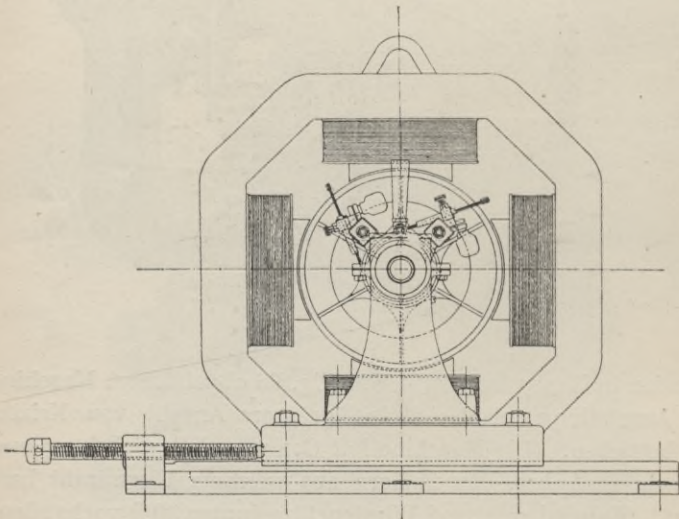


Fig. 71.

ist, die Maschine mit Hilfe eines Stromwenders durch Umstellung der Hebel nach der einen oder anderen Seite in Bewegung zu setzen, um den Wagen nach vorwärts oder rückwärts fahren zu lassen.



Die Fig. 70 zeigt uns den Längsschnitt, die Fig. 71 eine Ansicht einer vierpoligen Dynamomaschine, wie sie von der Berliner Maschinenbau - Aktien - Gesellschaft vormals Schwartzkopff gebaut werden. Ein gusseiserner Rahmen trägt vier kräftig gehaltene

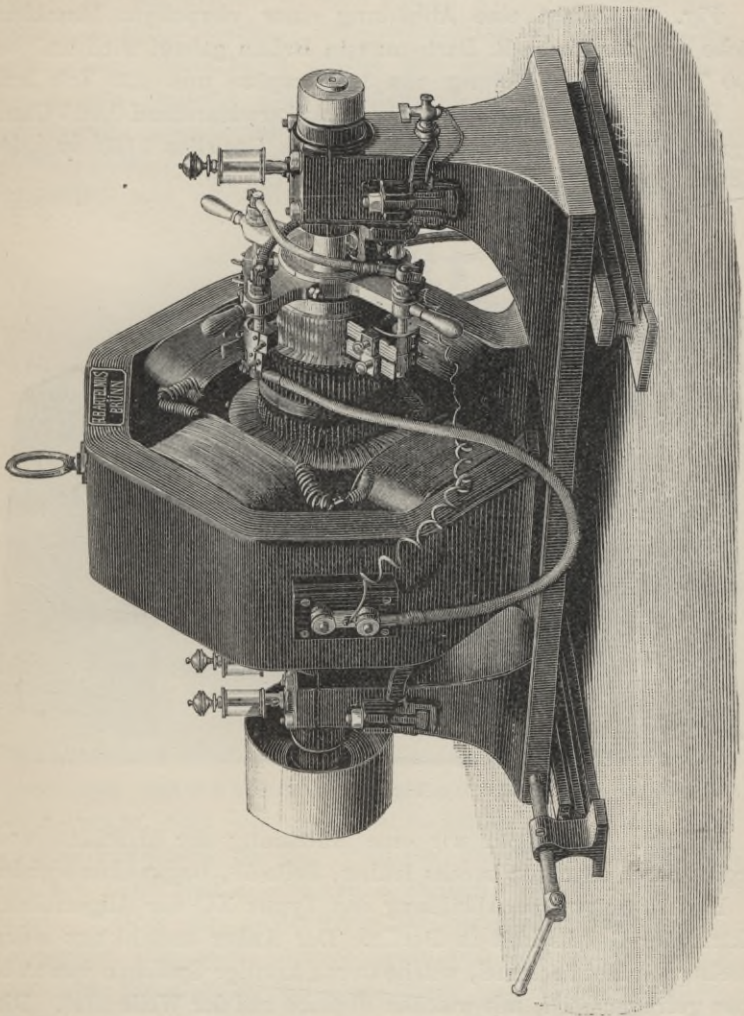


Fig. 72.

Magnete, welche auf die Gramme'sche Armatur wirken. Der Kern des Ringes besteht aus 0,5 mm dicken Blechscheiben; die Wicklung liegt in Nuten. Eine Eigentümlichkeit ist der Kollektor, dessen Lamellen aus Stahl hergestellt sind und der bei funken-

losem Gang der Maschine sich als sehr haltbar erwiesen hat. Die ganze Konstruktion ist höchst einfach, aber solid gehalten. Sehr hübsch ist in Fig. 70 die Konstruktion der fast allgemein eingeführten Ringschmierung zu ersehen.

Fig. 72 bringt eine Abbildung einer vierpoligen Maschine, welche von der Firma R. Bartelmus in Brünn gebaut wird und bei 1000 Touren eine Leistung von 180 Ampère und 120 Volt hat.

Einige Daten seien hier gegeben: Ankerwiderstand 0,025 Ohm, Magnetwiderstand 24 Ohm, Gewicht des Gestelles 1160 *kg*, des Ankerdrahtes 13 *kg*, des Magnetdrahtes 185 *kg*.

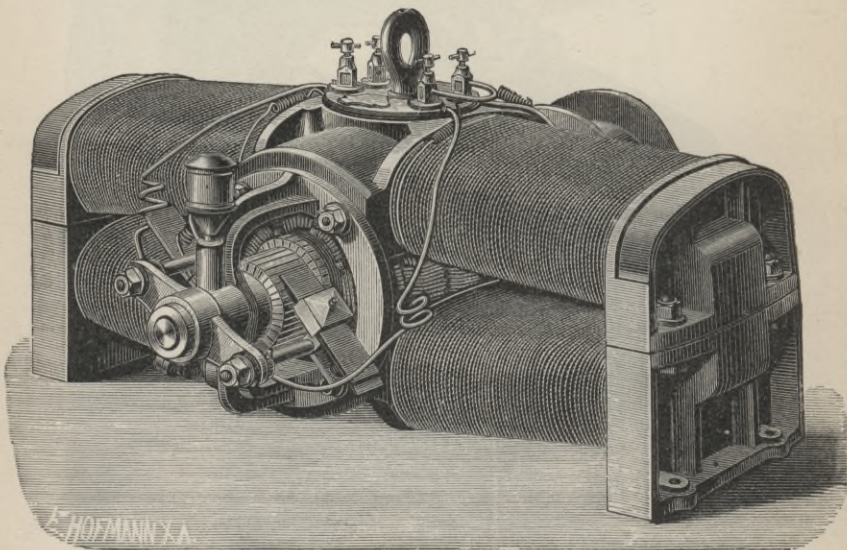


Fig. 73.

In Fig. 73 bringen wir eine Abbildung der Maschine von Bürgin, deren Armatur bereits früher, Seite 58, besprochen wurde.

Fig. 74 zeigt eine Abbildung des Typus NG der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin. Der Anker besteht aus einer gusseisernen Hohltrommel, welche durch kräftige Speichen von zwei Naben getragen wird, mit welchen dieselbe auf der Welle sitzt. Die den Flügeln eines Ventilators ähnlich gestalteten Speichen führen eine kräftige Ventilation herbei. Auf diese Hohltrommel werden die den eigentlichen Kern der Armatur bildenden Blechscheiben aufgeschoben. Die Wicklung besteht aus einer einzigen Lage

rechteckiger Kupferstäbe, welche an den Enden miteinander und dem Kollektor verbunden sind.

Eine Eigentümlichkeit dieser Maschine ist das Magnetsystem mit seiner Polbuchse, welches der A. E.-G. patentiert ist. Sie besteht in einem starken, gusseisernen Hohlcylinder, welcher die dem Anker zugekehrten Enden der Magnete miteinander verbindet und dadurch einen magnetischen Nebenschluss zu dem Ankereisen, jedoch von relativ sehr kleinem Leistungsvermögen bildet. Diese Anordnung hat den Zweck, die Funkenbildung zu vermeiden, und bewirkt, dass die Grenze des magnetischen Feldes

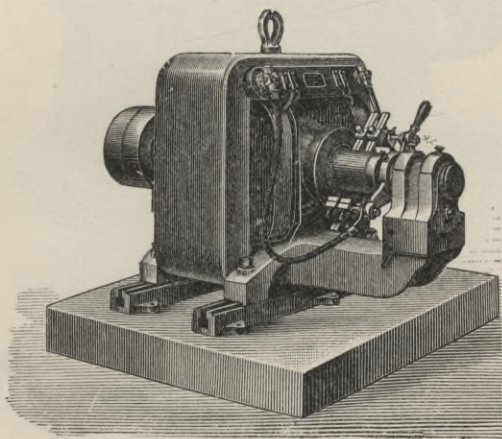


Fig. 74.

weniger scharf wird oder, was dasselbe bedeutet, dass der Übergang eines Ankerdrahtes aus der neutralen Zone in ein starkes magnetisches Feld weniger plötzlich erfolgt, als dieses ohne besondere Hilfsmittel bei der geringen Sättigung des Ankereisens und bei dem kleinen Abstand desselben vom Pol der Fall sein würde. Durch die Anwendung der Polbuchse vollzieht sich der Polwechsel allmählich, und es lassen sich, wie die Erfahrung gezeigt hat, die Bürsten mit Leichtigkeit vollständig funkenlos einstellen.

Die Lager sind mit Ringschmierung versehen, welche sich durch ihre einfache Bedienung und Zuverlässigkeit bewährt hat. Diese Maschinen werden in fünf Grössen mit Tourenzahlen von 1700 bis 970 Touren für 25—50 Ampère bei 65—220 Volt gebaut.

Für grössere Leistungen, und zwar von 18 000 bis zu 72 000 Watt, werden mehrpolige Maschinen der Type Modell G, wie eine vierpolige in Fig. 75 abgebildet ist, gebaut.

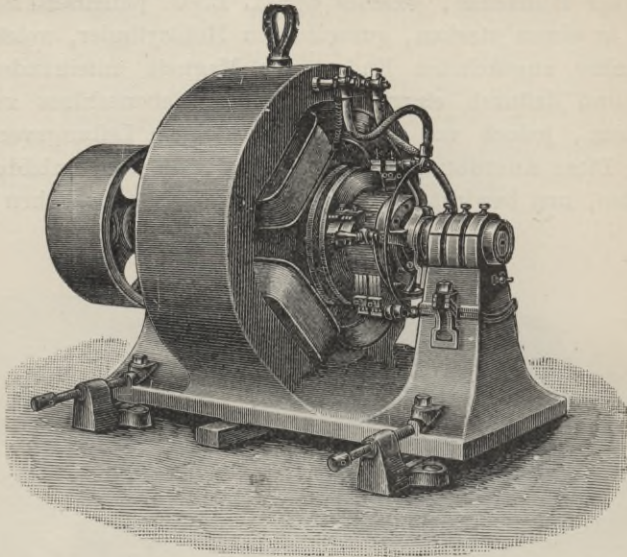


Fig. 75.

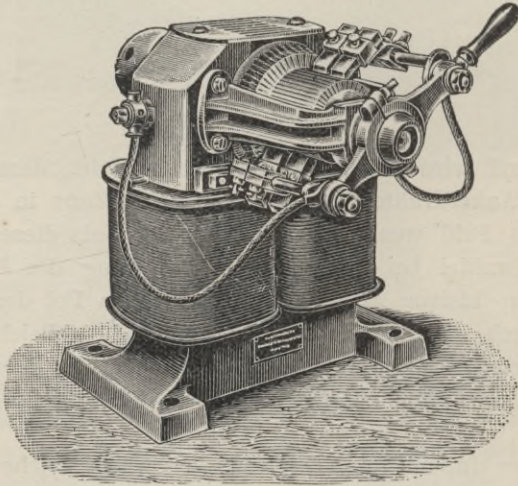


Fig. 76.

Diese Maschinen werden für Spannungen von 65, 90, 120, 150, 240, 300 und 440 Volt konstruiert und finden auch als

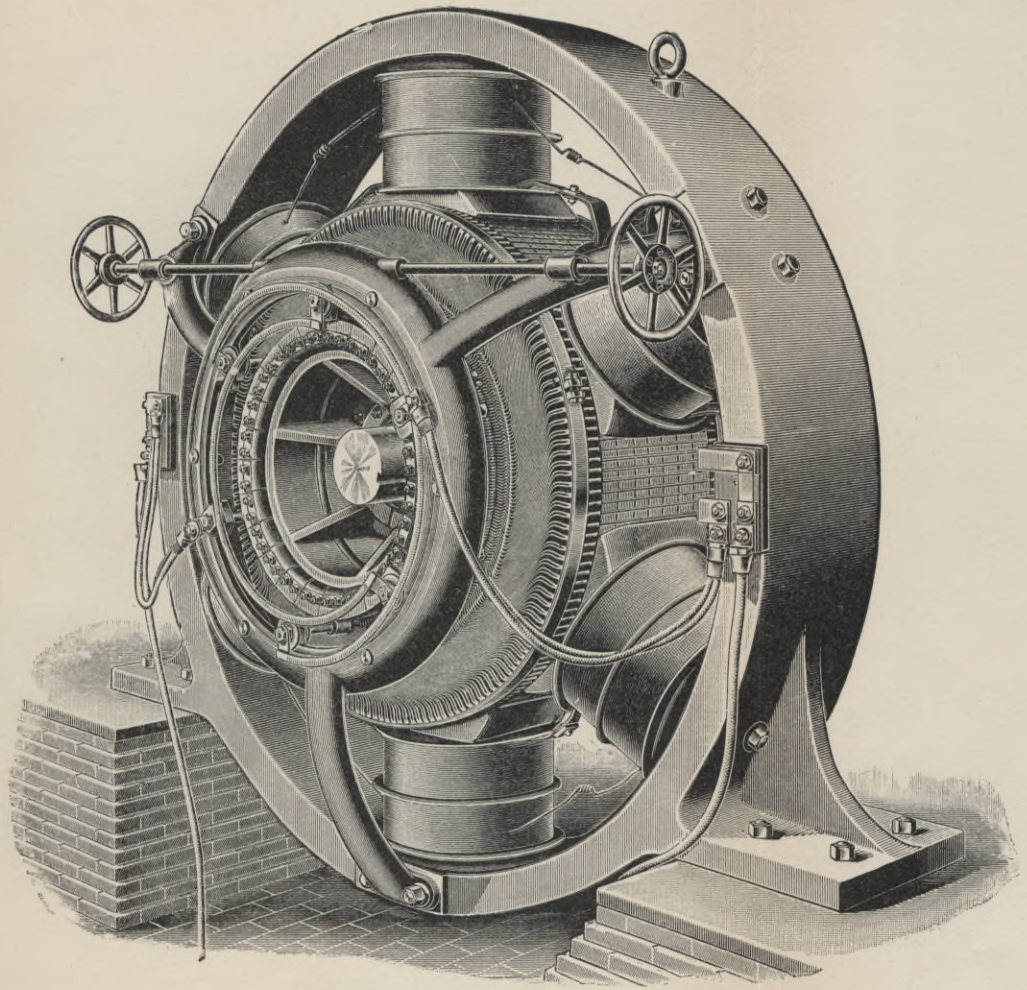


Fig. 77.



Elektromotoren Verwendung, im letzteren Fall mit Spannungen von 120, 220 und 440 Volt, die grösste Type auch mit 360 Volt.

Fig. 76 zeigt das Modell S und NS, welches insbesondere zu mancherlei Zwecken als Motor Verwendung findet.

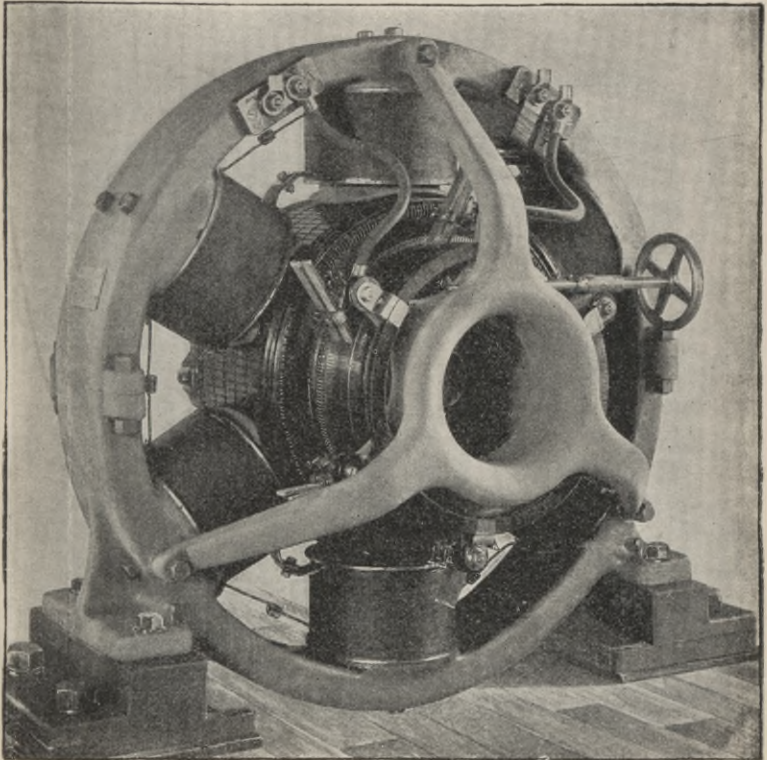


Fig. 78.

Die Fig. 77 und 78 bringen Abbildungen von Maschinen der Union - Elektrizitätsgesellschaft nach dem System Thomson-Houston.

Die von dieser Gesellschaft gebauten Dynamos für Gleichstrom werden in mehreren Typen gebaut, von welchen hier einige besprochen werden sollen.

Speziell diese hier abgebildete Maschine dient sowohl für Kraftübertragung bei einer Primärspannung von 500 Volt als auch zu Beleuchtungszwecken. Die Maschinen werden auch als 6-, 8- und 10polige Maschinen mit Leistungen bis zu 800 Kilowatt bei einer Umdrehungszahl von nur 100 per Minute gebaut. Eine sechspolige Maschine dieser Art für direkte Kuppelung sehen wir in Fig. 77.

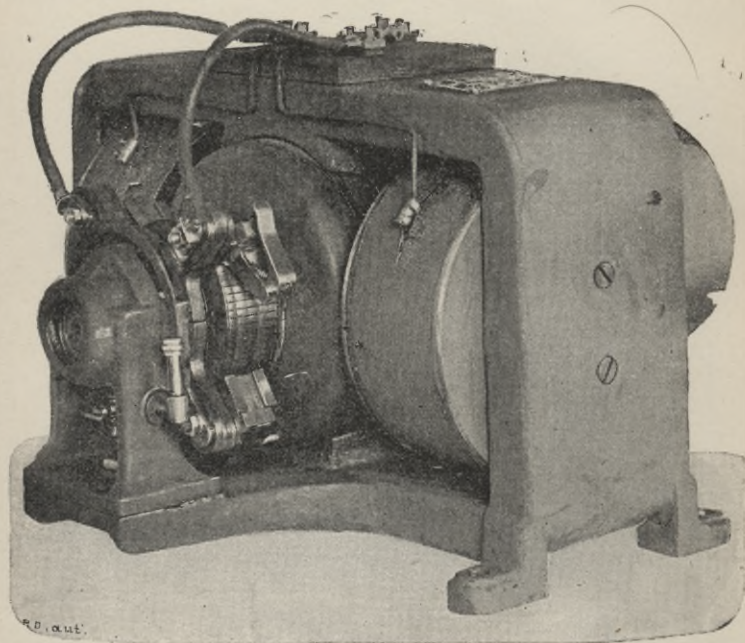


Fig. 79.

Die in Fig. 79 abgebildete Maschine erweckt in uns ein erhöhtes Interesse dadurch, dass diese Maschine auf den ersten Blick nur als zweipolig erscheint, während dieselbe thatsächlich eine vierpolige Maschine ist. Durch die Anordnung der Magnetspulen und die Form des Magnetgestelles entstehen nämlich ausser den beiden gegenüberliegenden, ich möchte fast sagen Hauptpolen, zwei abermals gegenüberliegende sogenannte Folgepole, wie dies aus den schematischen Fig. 80 und 81 ersichtlich ist. Durch diese



Anordnung ist es ermöglicht, dass die Maschinen, welche speziell für motorische Zwecke gebaut werden, bei grosser Krafterleistung

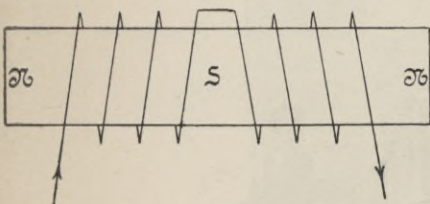


Fig. 80.

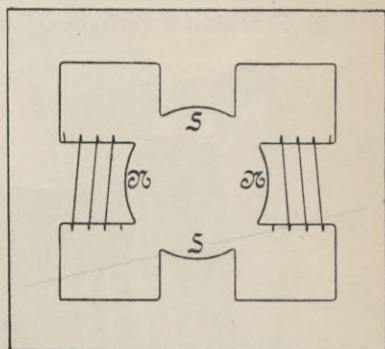


Fig. 81.

einen verhältnismässig geringen Raum einnehmen. Ausserdem erkennen wir aus der Anordnung der Magnete, dass die magnetische

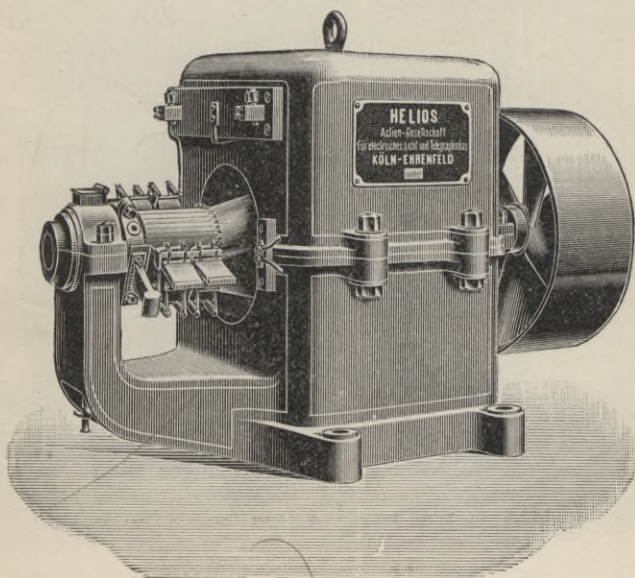


Fig. 82.

Streuung eine geringe sein muss. Vierpolige Motoren bieten überhaupt den Vorteil eines grösseren Anlaufmomentes, und daher ist

die Anwendung einer Leerlaufscheibe überflüssig. Diese Type wird für Leistungen von 1,5—10 PS gebaut.

Die Aktiengesellschaft »Helios« in Köln-Ehrenfeld (jedem, der die Frankfurter Fachausstellung besucht hat, durch ihre imposante

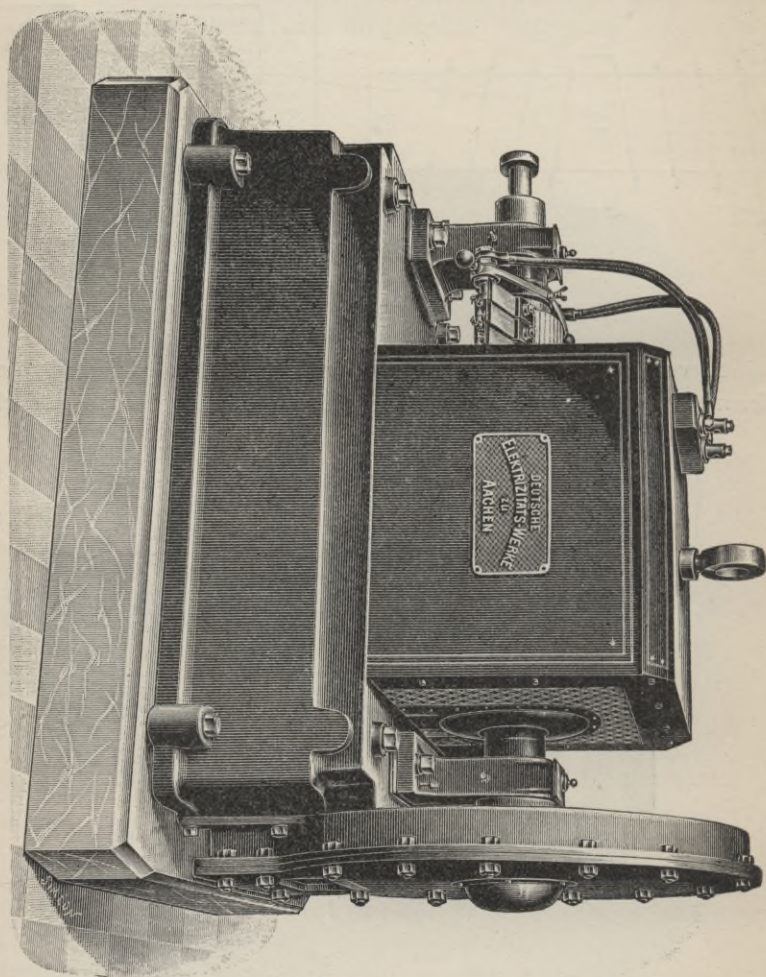


Fig. 83.

Exposition bekannt) baut, wie Abbildung 82 zeigt, vollkommen geschlossene Maschinen. Das Gestell ist aus Gusseisen hergestellt mit eingegossenen schmiedeeisernen Polschuhen. Der Anker hat Nuten, in welchen die Bewickelung liegt.

Eine Maschine, bei welcher eine Streuung der Kraftlinien ausgeschlossen ist und die daher nach aussen unmagnetisch erscheint, ist die in Fig. 83 abgebildete Lahmeyer-Maschine der Deutschen

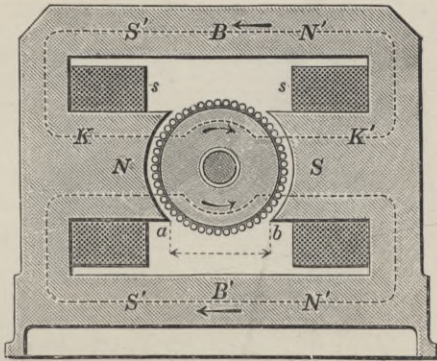


Fig. 84.

Elektrizitätswerke zu Aachen. Die Maschine ist vollkommen gedeckt und niedrig gebaut und präsentiert sich sehr elegant. Dass diese Maschine als vorzüglich erkannt ist, beweist der grosse Absatz,

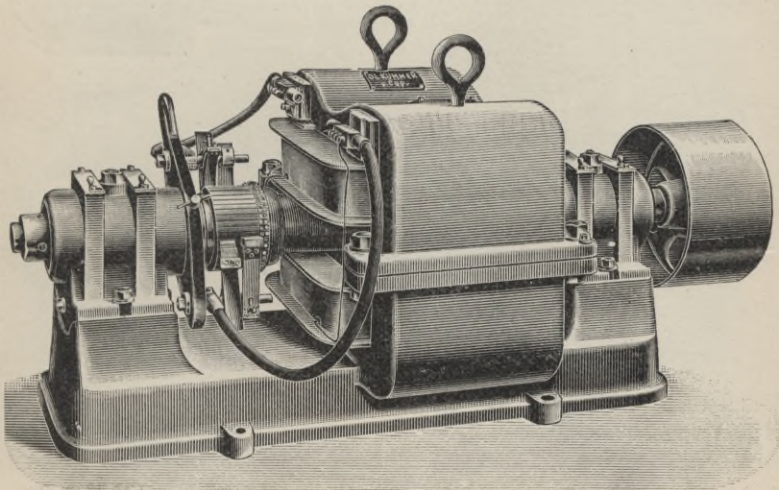
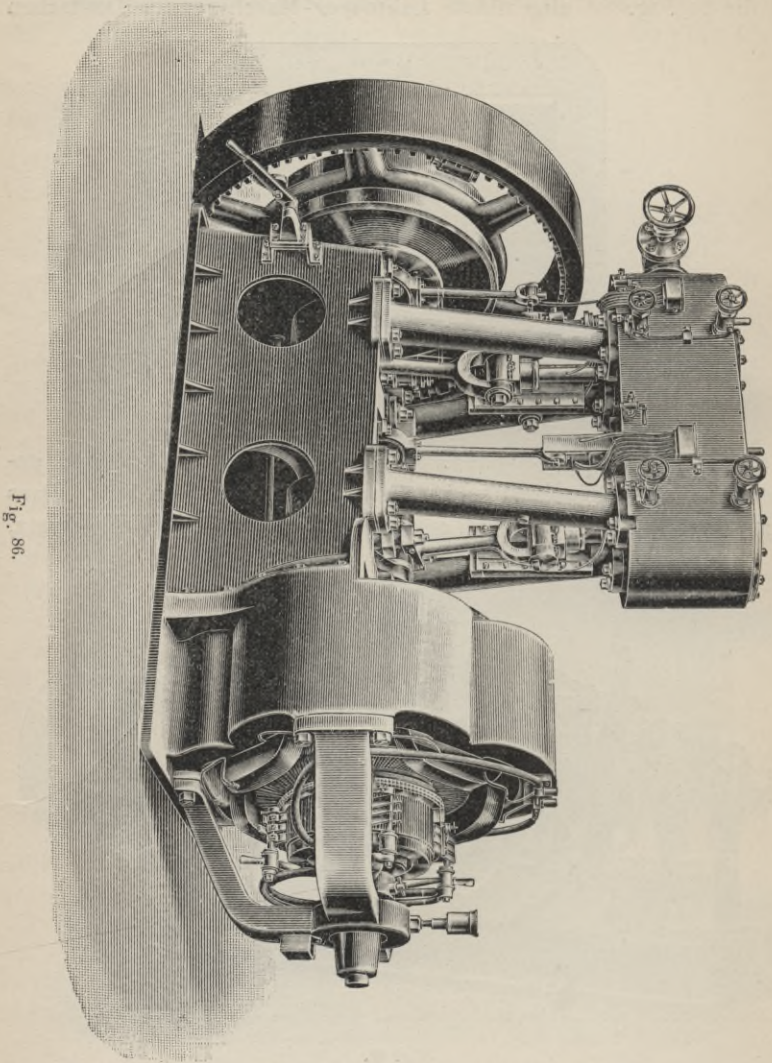


Fig. 85.

welchen die Firma aufzuweisen hat. Die Fig. 84 giebt ein Bild eines Schnittes durch die Maschine, der für sich spricht. Dieses Modell wird in Grössen von 1100—66 000 Voltampère gebaut.

Die Firma A.-G. Elektrizitätswerke, vormals O. L. Kummer

& Co. in Dresden, baut eine Reihe von Typen, unter welchen wir die folgenden hervorheben wollen:



Für Leistungen bis zu 100 Ampère mit den gangbaren Spannungen dient das zweipolige Modell Type Eta Fig. 85. Für grössere Leistungen bzw. geringere Tourenzahlen werden vier- und mehrpolige Maschinen gebaut, wie solche in den Fig. 86 und 87

abgebildet sind. Dieselben sind mit der Dampfmaschine direkt gekuppelt und auch wie die Type Zeta, Fig. 87, mit der letzteren auf einer Grundplatte vereinigt.

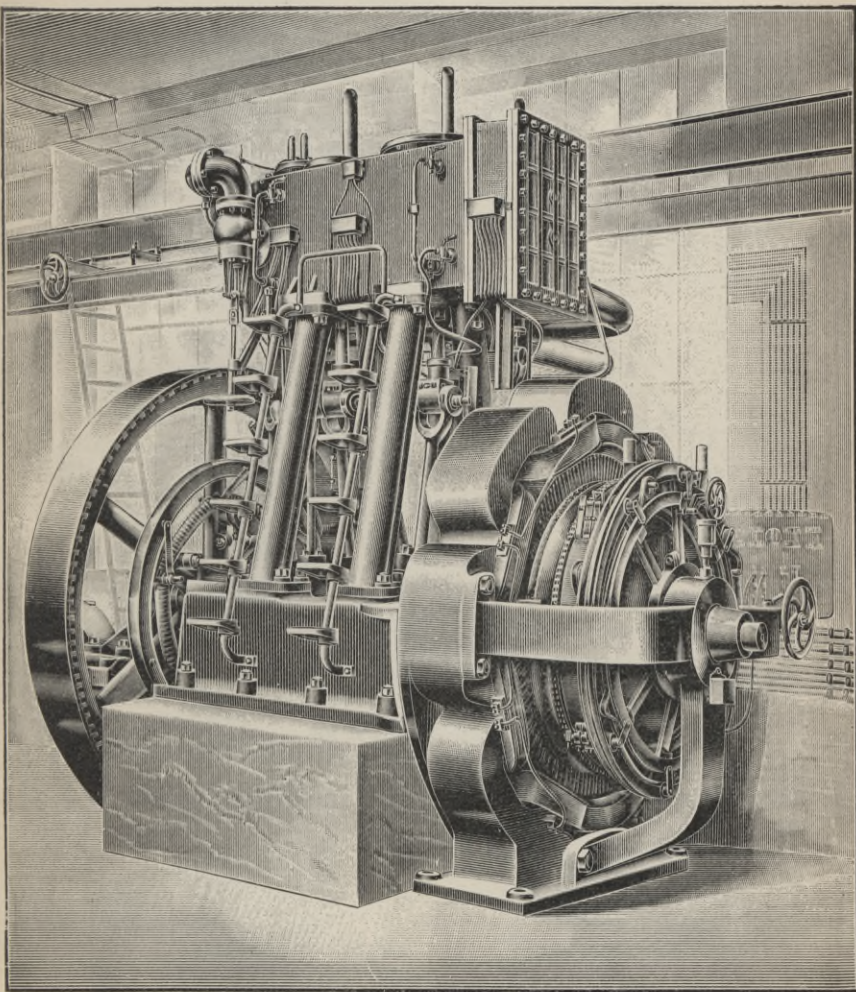


Fig. 87.

Die in Fig. 88 veranschaulichte Dynamo stellt uns den Typus der von Schumann's Elektrizitätswerk in Leipzig gebauten Maschinen dar. Diese Maschinen sind äusserst solid ausgeführt und zeichnen sich durch einen sorgfältig hergestellten Anker aus; der-

selbe ist ein Gramme'scher Ring. Die Maschinen werden für alle gangbaren Spannungen in verschiedenen Grössen sowohl als Stromerzeuger wie auch als Motoren gebaut.

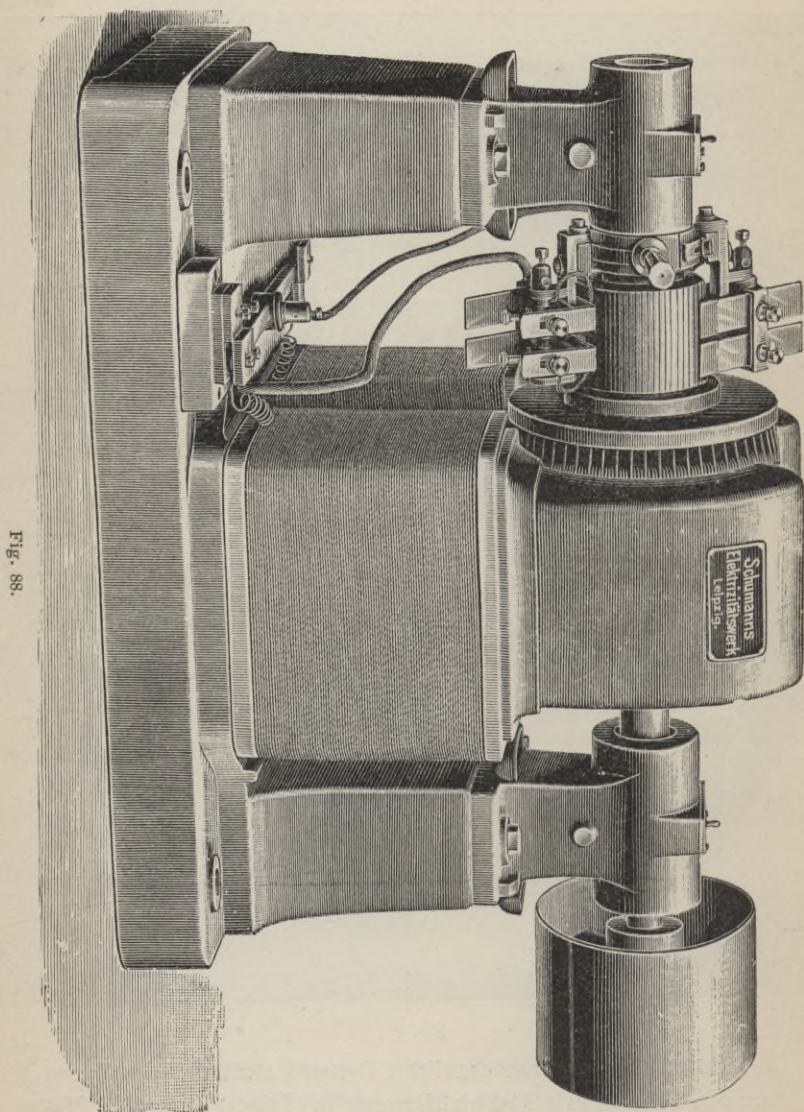


Fig. 88.

Speziell für Galvanoplastik und für Lehrzwecke baut die Firma Gebrüder Fraas in Wunsiedel Maschinen nach dem Schuckert'schen

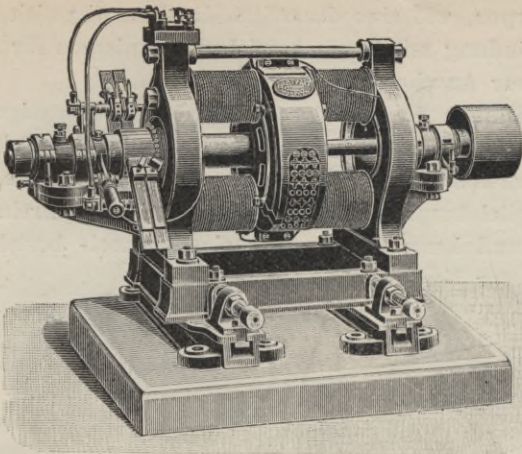


Fig. 89.

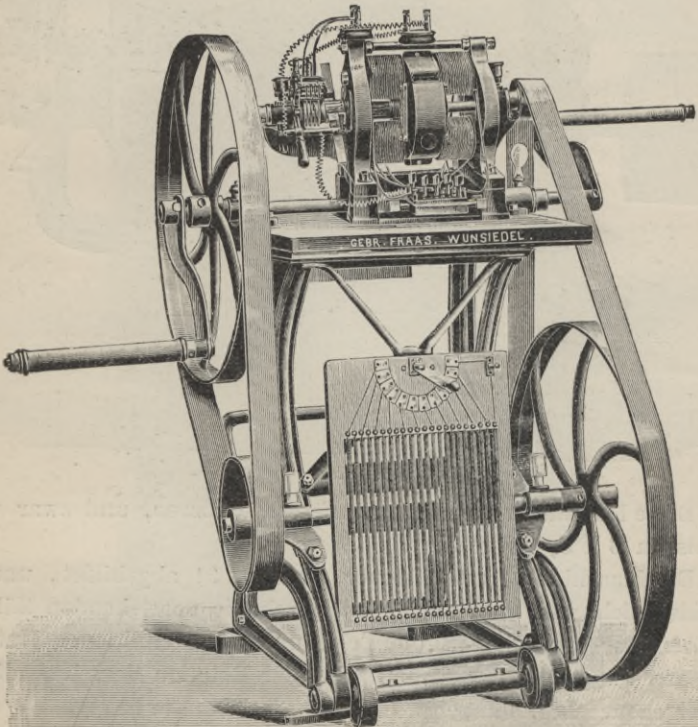


Fig. 90.

Flachring-Typus, wie eine derartige Maschine für sich in Fig. 89 und in Verbindung mit einem Antriebsmechanismus für zwei Mann in Fig. 90 zur Anschauung gebracht ist.

Die Maschinen für Lehrzwecke können durch geeignete, leicht ausführbare Schaltungen als Serien- und als Nebenschlussmaschinen verwendet werden. Ferner gestattet dieselbe, nach der im VII. Kapitel besprochenen Art, Wechsel- und Drehströme abzunehmen, und kann daher auch als Wechsel- beziehungsweise Drehstrommotor Verwendung finden.

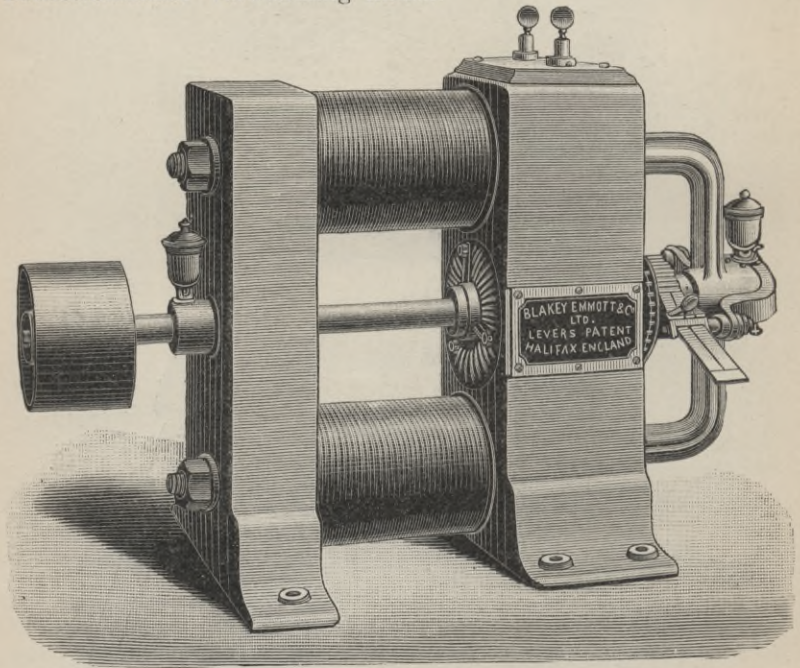


Fig. 91.

Diese Maschinen werden in mehreren Grössen, und zwar von  $\frac{1}{7}$  bis zu 3 PS, ausgeführt.

Die Maschine, System Lever, in Fig. 91 abgebildet, unterscheidet sich von anderen Typen durch die vorstehenden Zähne der Armatur und die in die Polschuhe eingeschnittenen Nuten, in denen die Zähne der Armatur bei der Rotation derselben dicht vorbeigehen. Fig. 92 zeigt die Trommelarmatur, Fig. 93 den Polschuh. Die Maschine leistet bei 210 Volt 12 Ampère und wird für Reihenschaltung benutzt.



Der von Forel Bain in Chicago konstruierte siebenpferdige Motor, Fig. 94, hat cylindrische Feldkerne aus geglühtem norwegischen Eisen auf jeder Seite der Armatur von gleicher Länge, wie die Totalhöhe der Maschine.

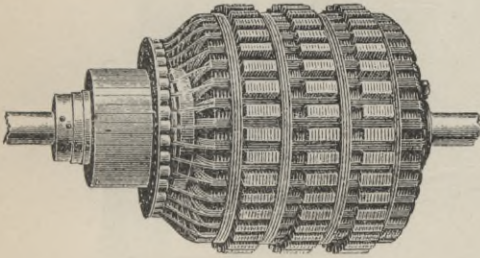


Fig. 92.

Kräftige gusseiserne Verbindungsstücke und Polstücke vervollständigen die magnetische Armierung

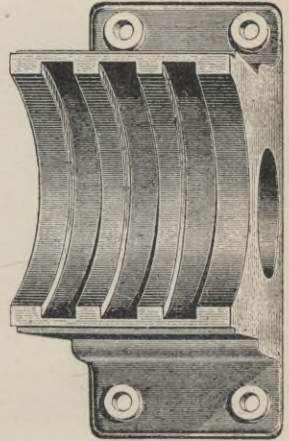


Fig. 93.

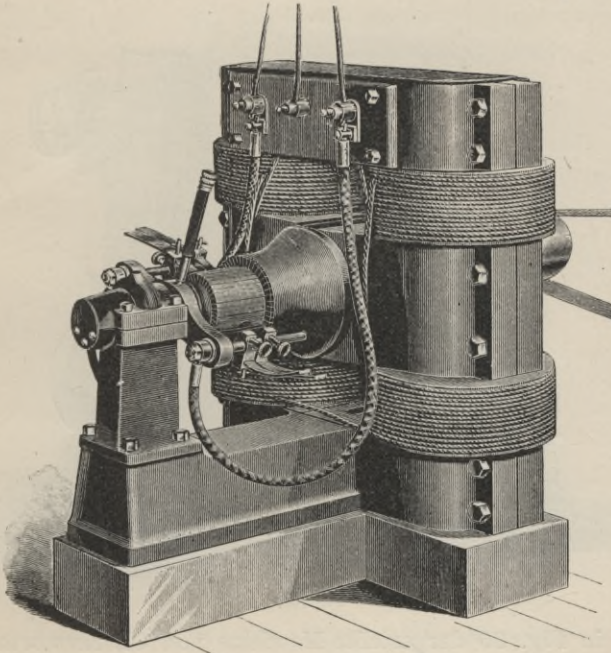


Fig. 94.

dieser Maschine. Die Bewickelung sitzt auf Spulen, welche über die Kerne geschoben sind.

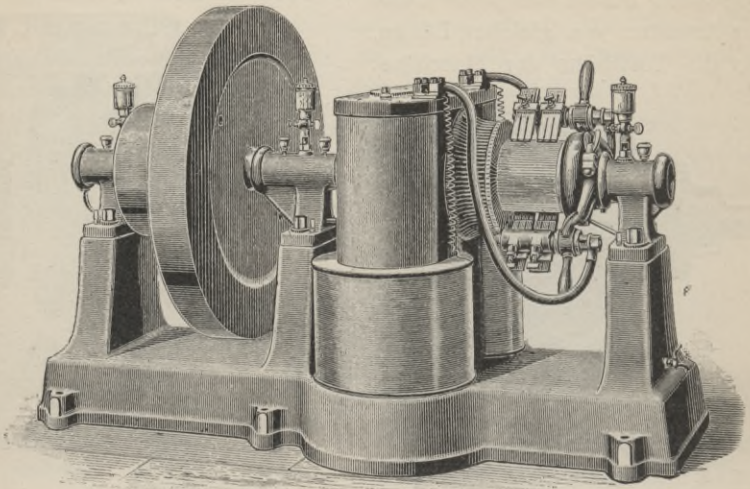


Fig. 95.

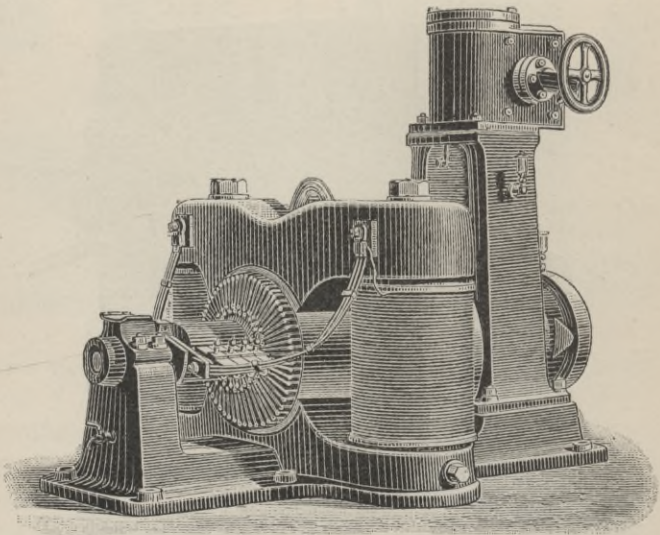


Fig. 96.

Die in Fig. 95 dargestellte Maschine von Charlesworth, Hall & Co. zeigt eine sehr solide Lagerung der Welle in drei Lagern,

welche aus Aluminiumbronze hergestellt sind. Der Kollektor besteht aus 80 Lamellen aus hartem Kupfer, welche durch Glimmer-

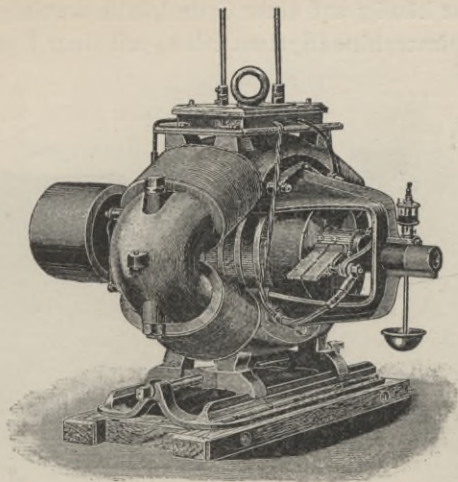


Fig. 97.

platten isoliert sind. Der Anker hat 200 Windungen eines Drahtes von 4 *mm* Durchmesser, jeder Magnetschenkel 10 Lagen von 21 *mm*

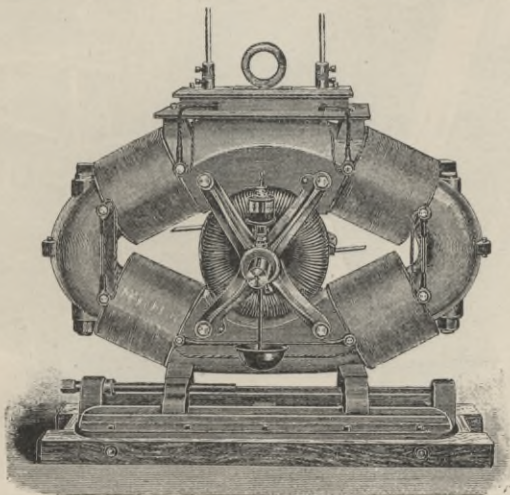


Fig. 98.

und 16 Lagen von 18 *mm* Draht. Die Maschine leistet bei 760 Touren 150 Ampère und 100 Volt.

In Centralen für elektrische Beleuchtung finden wir sehr häufig die Dynamomaschinen mit dem sie treibenden Motor direkt gekuppelt, ja sehr häufig auf einer Grundplatte vereinigt. Die Fig. 96 zeigt eine Dampfmaschine (System Pilon) mit einer Dynamo (System

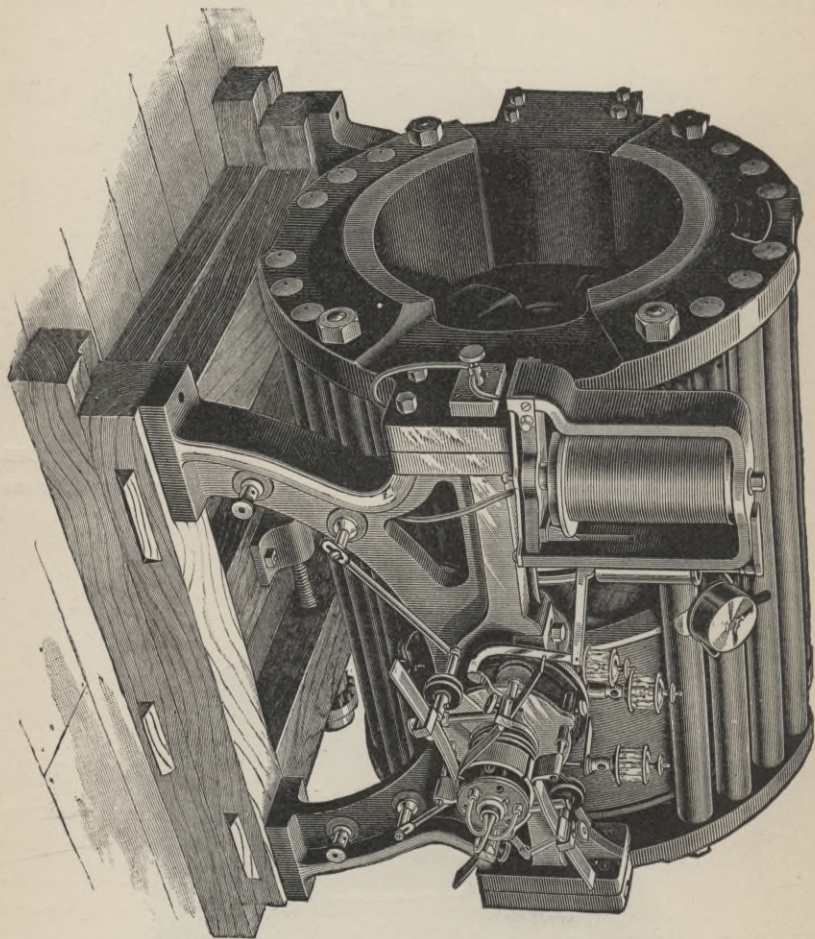


Fig. 99.

Brown) in solcher Weise vereinigt. Es ist dies eine Anordnung, wie sie die Gesellschaft Oerlikon bei kleineren Centralen in Anwendung bringt.

Die Fig. 97 und 98 zeigen zwei Ansichten der Glühlicht-Dynamomaschine der Hawkeye-Electric Manufact. Comp. in

Davenport. Die Magnete bilden einen in sich geschlossenen Rahmen, sodass einer Streuung der Kraftlinien vorgebeugt ist.

Fig. 99 zeigt eine Maschine von Thomson-Houston mit der typischen Kugelarmatur und den eigentümlichen hohlcylindrischen Magneten. In der Abbildung bemerken wir einen kräftigen Magnet, der zur automatischen Regulierung durch Verstellung der Bürsten dient. Ausserdem ist an der Maschine ein kleines Gebläse angebracht, welches den Zweck hat, die allerdings sehr stark auftretenden Funken zu verlöschen.



## Siebentes Kapitel.

### Die Wechselstrommaschinen.

Unter Wechselstrom versteht man einen galvanischen Strom, der seine Richtung periodisch wechselt und bei jedem Wechsel seine Intensität von 0 bis zu einem Maximalwert und von da wieder bis zu 0 verändert.

Die einfachste Art einer Wechselstrommaschine ist diejenige, welche wir auf den Seiten 42 und 43 besprochen und dargestellt haben, nämlich diejenige mit dem Siemens'schen Induktor. Jede Wechselstrommaschine setzt zur Erregung ihrer magnetischen Felder den Strom einer Gleichstromdynamo voraus.

Grosse Bedeutung haben die Wechselstrommaschinen neuerer Zeit erhalten, indem es durch Kombination dieser und eigentümlicher Umwandlungsapparate (Transformatoren) möglich geworden, den elektrischen Strom viele Meilen weit zu leiten, was mit dem Gleichstrom zu teuer, ja undurchführbar wäre. Die Wechselstrommaschinen liefern sehr hohe Spannungen bei verhältnismässig kleiner Ampèrezahl. Hierdurch kann man entsprechend schwache Leitungen legen und demnach auf grosse Entfernungen den Strom leiten.

Da aber die hohen Spannungen zu Zwecken der Beleuchtung aus mehrfachen Gründen, unter anderem auch deshalb nicht verwendbar sind, weil für die Konsumenten, durch zufällige Berührung blanker Teile, Gefahr erwächst, wird dieser hochgespannte Strom mit Hilfe der Transformatoren in einen Strom geringer Spannung (meist 100 Volt) und entsprechend grosser Stromstärke verwandelt, welcher zur Verwendung kommt.

Die Wechselstrommaschine ist die einfachste Maschine, welche man sich denken kann. Eine Anzahl von Spulen rotiert an eben so vielen Maschinen dicht vorbei, wodurch in den Spulendrähten Ströme wechselnder Richtung entstehen. Häufiger lässt man, besonders bei grossen Maschinen, die Magnete rotieren, während die

Spulen ruhen. Auf diese Weise gebaute Maschinen erlauben ein Auswechseln einer oder der anderen Spule während des Betriebes im Falle eines Schadhafthwerdens derselben.

Im folgenden bringen wir einige Abbildungen typischer Wechselstrommaschinen:

Die Wechselstrommaschine der Firma Ganz & Co. in Budapest ist in zwei Ansichten in den Fig. 100 und 101 zur Dar-

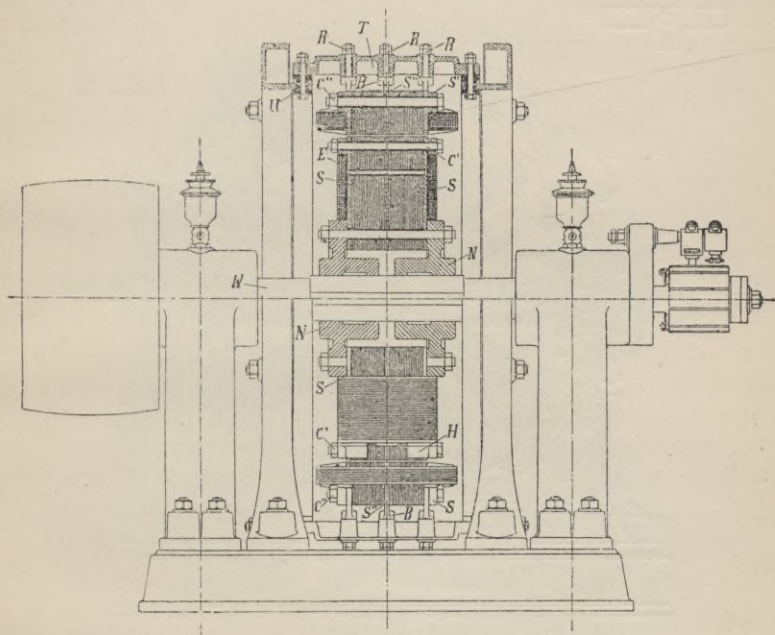


Fig. 100.

stellung gebracht. Es ist dies der Typus einer jener Maschinen, wie sie die Firma unter anderen in der von ihr gebauten Centralstation in Rom in Verwendung gebracht hat. Die Maschine, Type »A«, Patent Zipernowsky, leistet 320000 Watt = 160 Ampère  $\times$  2000 Volt.

Die Wechselstrommaschine von Kapp, Fig. 102, ist mit ihrer Erregermaschine auf einer gemeinsamen Grundplatte montiert und zwar derart, dass nur eine Welle für beide Armaturen vorhanden ist, also auch nur ein Antrieb erforderlich ist. Diese Maschine

leistet bei 600 Touren 30 Ampère und 2000 Volt, also 60000 V.-A. Die Erregermaschine liefert einen Strom von 21 Ampère für die Magnete und hat auch noch die Station mit Licht zu versorgen.

Die Firma Elektrizitäts-Akt.-Gesellschaft vorm. Schuckert & Co., baut Wechselstrommaschinen, Fig. 103, als Innenpolmaschinen von 30 Kilowatt bis zu den höchsten Leistungen. Die Erregerdynamo ist mit der Wechselstrommaschine in einem Stück verbunden, und

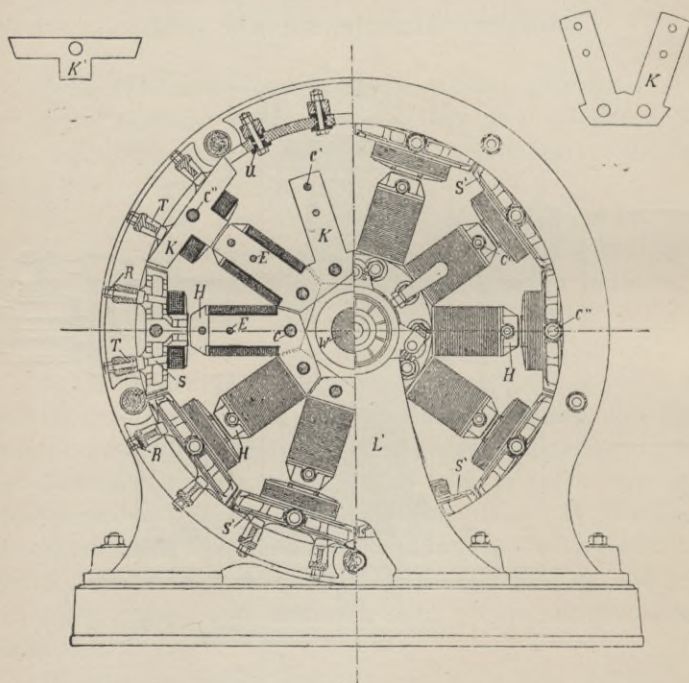


Fig. 101.

die Armatur sitzt auf derselben gemeinschaftlichen Welle. Das System der Feldmagnete besitzt nur eine konzentrisch zur Achse liegende Erregerspule, wodurch es möglich wird, bei kleinem Drahtaufwande und geringem Energieaufwand die nötige Feldstärke zu erzeugen.

Da man von jeder Gleichstrommaschine durch eine einfache Anordnung auch Wechselstrom, ja sogar den vielleicht von vielen meiner Leser nicht richtig verstandenen Drehstrom abnehmen kann, halte ich es für geboten, hier einige Worte darüber zu sagen.



Vor allem wollen wir uns erst noch ein wenig mit dem Wechselstrom selbst befassen.

Während wir uns den Gleichstrom als ein durch eine elektromotorische Kraft hervorgerufenenes gleichmässiges Fliessen in einer Richtung vorstellen können, ist dies beim Wechselstrom anders. Denken wir uns Fig. 104, eine Spule, also eine Anzahl von Drahtwindungen um einen Eisenkern, den wir zur Verstärkung der Wirkung gerne anwenden.

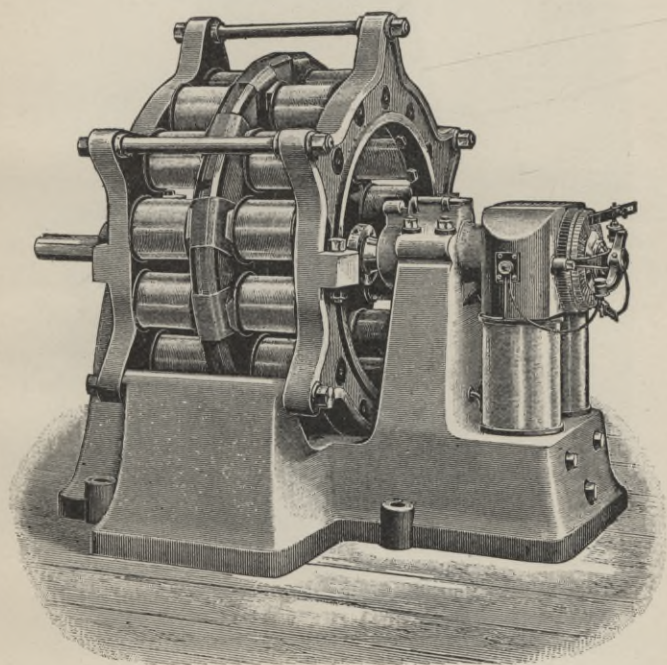


Fig. 102.

M sei ein Magnet. Solange derselbe seine Lage gegen die Spule nicht verändert, wird auch keinerlei elektromotorische Kraft in den Drahtwindungen induziert werden.

Sowie aber irgend eine Lageveränderung, z. B. ein Entfernen oder Nähern der Spirale oder des Magnetes gegeneinander, eintritt, wird sofort eine elektromotorische Kraft induziert, deren Grösse von der Intensität des Magnetismus, der Geschwindigkeit der Bewegung, der Windungszahl u. s. w. abhängig sein wird.

Stellen wir uns nun vor, dass die Spirale fest stünde, und wir würden nun den Magnet an derselben so vorbeiführen, dass er sich erst derselben nähert, genau gegenübersteht und sich sodann von derselben entfernt, so können wir nach früher Ge-

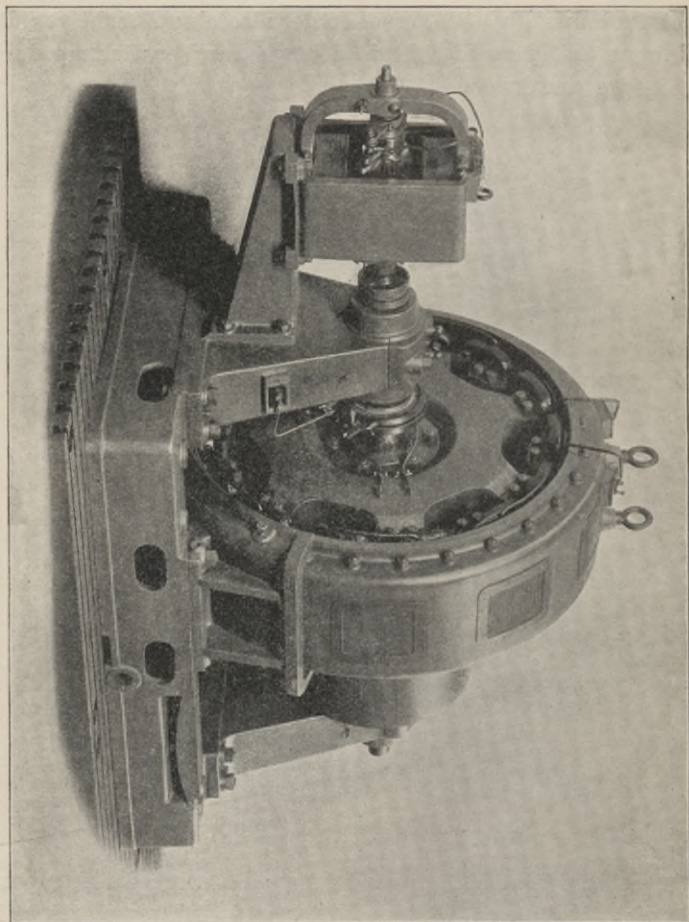


Fig. 103.

sagtem leicht einsehen, dass in der Spule M ein Strom induziert wird, der, von 0 ansteigend, einen Maximalwert erreichen wird, dann schwächer werden muss, um wieder bis zu 0 zu sinken. Würde nun dem ersten Magnet ein zweiter folgen und nehmen wir an, derselbe wende der Spule seinen Südpol zu, so würde in

der Spule abermals ein Strom entstehen und, da wir einen entgegengesetzten Pol vorbeiführen, auch von entgegengesetzter Richtung sein. Auch dieser Strom wird alle Werte von 0 bis zu einem Maximum und wieder herab bis zu 0 annehmen. Diesen Vorgang

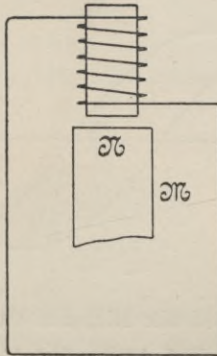


Fig. 104.

können wir uns aber mit Hilfe der beigegebenen Fig. 105 sehr hübsch graphisch darstellen und versinnlichen.

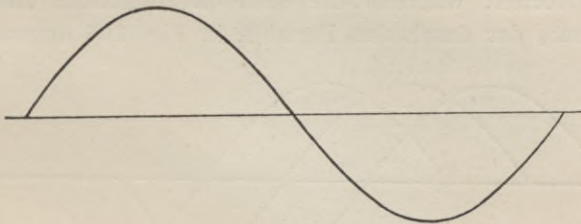


Fig. 105.

Wir haben somit in diesem Bilde deutlich das Entstehen eines Wechselstromes, sobald an der Spule fortlaufend Magnetpole wechselnder Polarität sich vorbeibewegen oder die Spule bei ruhenden Magnetpolen vorbeigeführt wird. Die erzeugte elektromotorische Kraft wird selbstredend von der Windungszahl, der Feldstärke der Magnetpole und der Geschwindigkeit, mit welcher der Pol an der Spule vorbei bewegt wird, abhängig sein.

Bringt man nun beispielsweise, im Kreise geordnet, eine Anzahl von Spulen an, während die Magnete, wie die Speichen eines Rades, auf einer Welle befestigt sind, sendet durch die Magnete einen Gleichstrom und versetzt dieselben in Rotation, so werden

in den Spulen Wechselströme erzeugt. Diese Ströme können nun von jeder einzelnen Spule abgenommen werden, oder es können die Spulen, wie überhaupt Stromerzeuger, hintereinander, also in Serie für hohe Spannung, oder parallel für grosse Stromstärke geschaltet werden; nur der zweite Fall findet technische Anwendung.

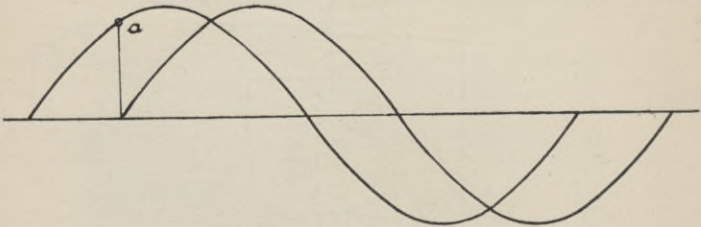


Fig. 106.

Wir haben in Fig. 105 ein Bild des einfachen Wechselstromes gewonnen. Denken wir uns nun, wir würden einen derartigen Wechselstrom durch eine Leitung senden, aber ausserdem noch einen zweiten, der aber eine sogenannte Phasenverschiebung gegen den ersten zeigt, zum Beispiel um  $\frac{1}{3}$  der Wellenlänge, d. h. mit anderen Worten: während der erste Wechselstrom einen Wert erreicht hat, der durch den Punkt A in Fig. 106 angedeutet ist,

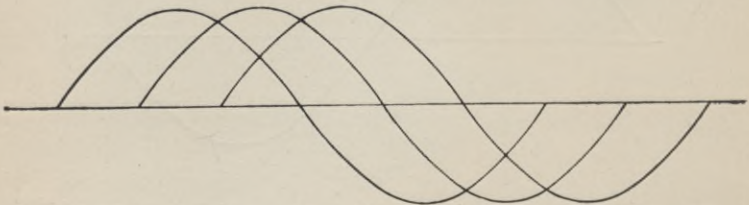


Fig. 107.

beginnt der zweite Strom eben; dann haben wir eine Verkettung zweier Wechselströme oder einen sogenannten zweiphasigen Strom. Senden wir nun noch in dieselbe Leitung einen dritten, wieder um  $\frac{1}{3}$  Phase verschobenen Wechselstrom, so zeigt sich uns das Bild in Fig. 107, und wir nennen einen solchen Strom einen dreiphasigen Wechselstrom. Eine eigenartige Verkettung dreier, um  $120^\circ$  in der Phase verschobener Wechselströme in drei Leitern bezeichnet man als »Drehstrom«.

Diese Bezeichnung hat man gewählt, weil eine Magnetnadel

durch einen derartigen Strom nicht einfach abgelenkt, sondern im Kreise gedreht wird.

Jeder Gramme'sche Ring erzeugt in den Spulen einen Wechselstrom, der nur durch die Anordnung des Kollektors als Gleichstrom die Maschine verlässt. Bringt man aber an der Welle statt des Kollektors zwei voneinander isolierte Schleifringe an, welche mit zwei gegenüberliegenden Spulen verbunden sind, so erhält man einen Wechselstrom. Die Magnete müssen natürlich mit Gleich-

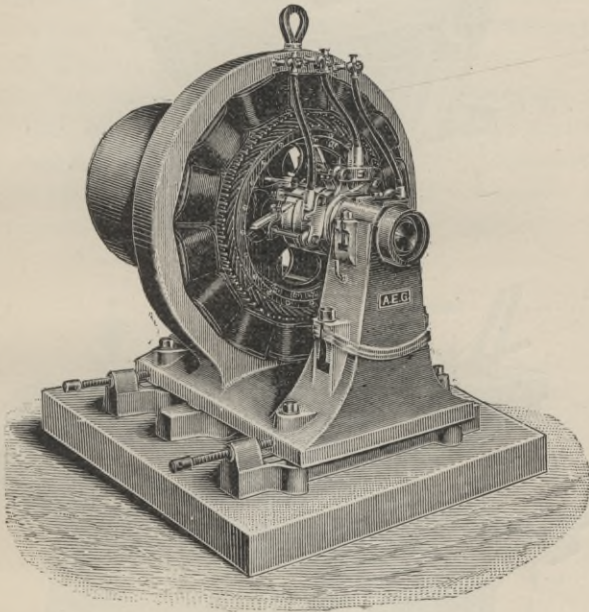


Fig. 108.

strom erregt werden, was am einfachsten in der Weise geschieht, dass man den üblichen Kollektor beibehält, um so Gleichstrom für die Magnete zu entnehmen.

Teilt man den Anker in drei Teile und führt von den drei Punkten je einen Draht zu drei voneinander isolierten Schleifringen, so erhält man einen Drehstrom.

Fig. 108 zeigt uns eine reine Drehstrommaschine der »Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft«, Berlin. Die Magnete werden durch Gleichstrom separat erregt. Fig. 109 giebt die Abbildung eines Drehstrommotors derselben Firma.

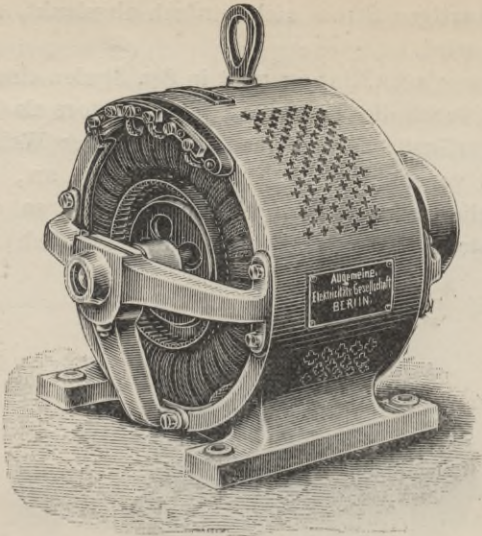


Fig. 109.

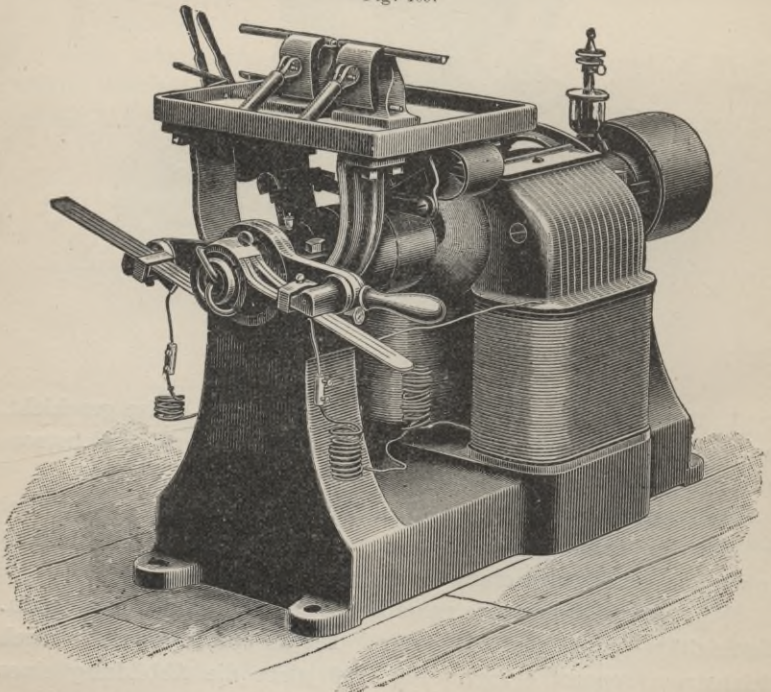
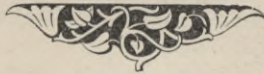


Fig. 110.

Es ist hier nicht der Ort, auf die Verwendung des Wechselstromes einzugehen, und ich hoffe, meinen Lesern in einem speziellen Buche über Wechselstrommaschinen seinerzeit darüber Ausreichendes mitteilen zu können. Wir wollen nun im folgenden noch eine schöne und wertvolle Anwendung des Wechselstromes, und zwar die elektrische Schweissung, erwähnen.

Fig. 119 giebt uns ein Bild des Thomson'schen Schweissapparates. Wir sehen in Verbindung mit der den Strom erzeugenden Maschine den Arbeitstisch für das Schweissen. Die Maschine hat zwei Armaturwickelungen. Eine dieser Wickelungen liefert einen Wechselstrom, der durch zwei starke Bürsten, die auf den dicht unter dem Schweisstisch sichtbaren Kollektoringen schleifen, abgeleitet und zur Schweissung benutzt wird. Die andere Wickelung ist mit dem am vorderen Ende der Maschine angebrachten Kollektor verbunden, wo der gleichgerichtete Strom zur Erregung der Feldmagnete abgenommen wird.



## Schlusswort.

Hat der freundliche Leser mich bis hierher begleitet und dabei seine volle Aufmerksamkeit dem Gebrachten geschenkt, so habe ich die Überzeugung, dass derselbe einen Nutzen haben wird.

Er wird nun allerdings noch kein Elektrotechniker sein oder glauben, dass er sofort Maschinen jeder Art bauen kann; aber er wird die Überzeugung gewonnen haben, dass, sobald er mit vollem Eifer und redlichem Willen, ausdauernd den Gegenstand zu verfolgen, an die Arbeit geht, der Erfolg nicht ausbleiben wird. Freilich wird es noch viele Enttäuschungen, viele Mühe und — das Wichtigste — viel, viel Nachdenken geben.

So hoffe ich denn, einem aufmerksamen Leser den Grundstein zu weiterem Arbeiten gegeben zu haben, und wünsche, dass schon die erste Versuchsmaschine, die derselbe baut, seinen Erwartungen entsprechen möge.

Habe ich aber auch nur durch die vorhergehenden Zeilen das Verständnis für das Wesen der Dynamomaschine bei dem Leser gehoben und ihn so für das Studium grösserer Schriften vorbereitet, so ist der Zweck dieses Buches erreicht.

Teplitz 1895: Silberne Medaille für „tüchtige Leistungen in Schülerarbeiten“.



# *Biscan's* **Lehranstalt für Elektrotechnik.**

Erste Spezialschule dieser Art.

Beginn der Course:

Monteur-Curs: 1. März. ↔

→ Elektrotechniker-Curs: 1. September.

Programme auf Verlangen kostenfrei.





**Averdieck, Ing. W.** Die Installation unter Berücksichtigung des »System Bergmann«. Ein Leitfaden für Monteure und alle diejenigen, welche die Herstellung von Lichtanlagen zu veranlassen haben. gr. 8°. 54 Seiten. Mit 88 Abbildungen und 1 Tafel. Brosch. *M* 2.—; geb. *M* 2.50.

**Biscan, Prof. Wilh.** Die Bogenlampe. Physikalische Gesetze, Funktion, Bau und Konstruktion derselben, für Mechaniker, Installateure, Maschinenschlosser, Monteure etc., sowie als Anleitung zur Anfertigung von Bogenlampen. gr. 8°. 86 Seiten. Mit 74 Abbildungen. Brosch. *M* 2.—, geb. *M* 2.50.

Inhalt: Das Wesen des Bogenlichtes. Geschichtliche Mitteilungen. Beschreibung verschiedener Bogenlampen. Schaltung der Bogenlampen. Verwendung der Bogenlampen. Nebenapparate für Bogenlampen.

**Biscan, Prof. Wilh.** Die Dynamomaschine. Zum Selbststudium für Mechaniker, Installateure, Maschinenschlosser, Monteure u. s. w., sowie als Anleitung zur Selbstanfertigung von Dynamomaschinen leicht fasslich dargestellt. Sechste, vermehrte Auflage. gr. 8°. 130 Seiten. Mit 115 Abbild. Brosch. *M* 2.—, geb. *M* 2.75.

Inhalt: Statische und dynamische Elektrizität. Erregungsarten der Elektrizität. Das Ohm'sche Gesetz. Stromerzeugende Maschinen. Konstruktionsbedingungen. Beschreibung einiger Gleichstrommaschinen. Wechselstrommaschinen.

**Biscan, Prof. Wilh.** Die elektrischen Messinstrumente. Die wissenschaftlichen Messinstrumente und Messbehelfe. gr. 8°. 102 Seiten. Mit 98 Abbildungen. Brosch. *M* 3.—, geb. *M* 3.75.

Inhalt: Einleitung. Wirkung des Stromes. Voltmeter. Galvanometer. Elektrodynamometer. Elektrometer. Normalelemente. Anhang.

**Biscan, Prof. Wilh.** Formeln und Tabellen für den praktischen Elektrotechniker. Ein Hilfs- und Notizbuch. 3. Aufl. kl. 8°. 13 Bogen. Mit Abbildungen u. 4 Tafeln. Geb. *M* 2.—.

Aus dem Inhalt: Absolutes Mass. Elektrochemisches Äquivalent. Akustik. Blechgewichte. Bleischalter. Bespinnung von Kupferdrähten. Bogenlicht. Brechungsexponent. Brennmaterial. Deklination. Drahtlehre. Drahtseile. Dynamometer. Elektrodynamik. Elektrolyse. Elemente. Festigkeit. Glühlampen. Inklination. Induktion. Leitungen. Photometrie. Querschnitte. Riemen. Schmelzpunkte. Schrauben. Spezifische Gewichte. Spezifische Widerstände. Stromstärkeeinheiten. Universal-Galvanometer. Wärmelehre. Wellen. Die trigonometrischen Zahlen. Mathematik u. s. w. u. s. w.

**Bohnenstengel, C.** Die Elektrizität auf Dampfschiffen. Ein Leitfaden für Ingenieure und Maschinisten. Zweite Auflage. gr. 8<sup>o</sup>. 76 Seiten. Mit 116 Abbildungen. Geb. *№* 2.—.

Inhalt: Dampfmaschinen. Dampfmaschinen. Elektrische Maschinen. Behandlung der Dynamos. Untersuchungen und Reparaturen. Hilfsapparate im Maschinenraum. Leitungen im Maschinen-, Kessel- und übrigen Schiffsraum. Positionslaternen. Scheinwerfer und Deckbeleuchtung. Deckbeleuchtung zum Löschen und Laden. Elektrische Nachtsignalapparate u. s. w.

---

**Dürre, Prof. Dr. Ernst Friedrich.** Ziele und Grenzen der Elektrometallurgie. Eine vergleichende Betrachtung der heutigen Hüttenprozesse und der bis jetzt geschehenen und überhaupt möglichen Anwendungen der Elektrizität bei der praktischen Metallgewinnung. Für praktische Hüttenleute und Elektrotechniker. 15 Bogen Gross-Octavformat. Mit 44 Textfiguren und 21 farbigen Taf. Brosch. *№* 20.—, geb. *№* 22.—.

Inhalt: Elektrolyse. Der elektrische Lichtbogen. Von der Erzeugung der Elektrizität, welche in der Metallurgie nutzbar gemacht werden soll. Elektrolytische Gewinnung von Magnesium und Aluminium. Elektrolytische Gewinnung des Antimons. Elektrolytische Gewinnung von Arsen. Elektrolytische Methoden der Bleigewinnung. Anwendung elektrischer Methoden in der Eisenindustrie. Entwicklung der neuen Goldgewinnungsmethoden durch Waschen und andere mechanische Hilfsmittel. Extraktionsprozesse, besonders die Ausführung der Goldgewinnung aus den Amalgamierrückständen und aus anderen goldhaltigen Erzen. Elektrolytische, auf die Goldgewinnung Bezug habende Methoden. Kupferhüttenprozesse auf trockenem Wege. Kupfergewinnung auf nassem Wege. Elektrolytische Kupfergewinnung. Elektrolytische Kobaltgewinnung. Elektrolytische Scheidung und Gewinnung von Nickel. Elektrische Methoden bei der Gewinnung und Verarbeitung der Platinmetalle. Quecksilber. Die Entsilberung von Hüttenprodukten. Entsilberung von Rohmetallen. Die Silberextraktionen. Elektrolytische Gewinnung des Silbers. Wismuth. Die jetzige hüttenmässige Gewinnung des Zinkes. Vorbereitungsarbeiten für Galmey und andere sauerstoffhaltige Erze des Zinkes. Vorbereitungsarbeiten für die Blende und blende-reichen Gemische. Die Hauptarbeit bei der jetzigen Zinkdarstellung. Das Produkt und seine weitere Behandlung. Andere Methoden zur Gewinnung und von Zink zinkischen Produkten. Elektrolytische Zinkgewinnung. Zinn.

---

**Elektrotechnikers litterarisches Auskunftsbüchlein.** Die Litteratur der Elektrotechnik, Elektrizität, Elektrochemie, des Magnetismus, der Telegraphie, Telephonie, Blitzschutzvorrichtung und Röntgen-Strahlen der Jahre 1884 bis 1897. Mit Schlagwortregister. 70 Seiten. Vierte ergänzte Auflage. Geh. *№* —.40.

---

**Feldmann, Ingen. Clarence P.** Wirkungsweise, Prüfung und Berechnung der Wechselstrom-Transformatoren. Für die Praxis bearbeitet. 2 Teile. gr. 8<sup>o</sup>. 480 Seiten. Mit 306 Abbildungen. Brosch. *№* 12.—, gebd. in 1 Band *№* 13.—.

Inhalt: Das magnetische Feld und die Grundgesetze der Induktion. Selbstinduktion und Kapazität im Wechselstromkreise. Wirkungsweise und Wirkungsgrad der Wechselstromtransformatoren. Messinstrumente und Messmethoden der Wechselstromtechnik. Ueber die Prüfung des Eisens. Methoden zur Untersuchung von Transformatoren. Ueber die wahre Gestalt der periodischen Kurven der EMK und des Stromes. Berechnung der Transformatoren.

**Heim, Prof. Dr. Carl.** Die Akkumulatoren für stationäre elektrische Beleuchtungs-Anlagen. gr. 8<sup>o</sup>. 2. vermehrte Auflage. 138 Seiten. Mit 83 Abbildungen. Brosch. *M* 3.—, geb. *M* 4.—.

Inhalt: Wirkungsweise und Konstruktion der Akkumulatoren im allgemeinen. Beschreibung ausgeführter Konstruktionen von Akkumulatoren. Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen mittels Akkumulatoren. Schaltungen für Akkumulatoren-Betrieb. Hilfsapparate. Aufstellung und Wartung der Akkumulatoren. Betriebsstörungen und deren Beseitigung. Kosten der Akkumulatoren nebst den Hilfsapparaten.

---

**Heim, Prof. Dr. Carl.** Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungs-Anlagen für Gleichstrombetrieb. 2. umgearb. und vermehrte Aufl. 654 Seiten gr. 8<sup>o</sup>. Mit über 500 Abbildungen.

Brosch. *M* 10.—, geb. *M* 11.50.

Hauptkapitel-Überschriften: Einleitung. Erzeugung des Stromes: Die Dynamomaschine. Konstruktionen verschied. Dynamomaschinen. Betriebsmaschinen. Aufspeicherung der Arbeit: Wirkungsweise der Akkumulatoren. Schaltung für Akkumulatoren im Beleuchtungsbetriebe. Die elektrischen Lampen: Bogenlampen. Glühlampen. Leitung und Verteilung des Stromes: Die reine Hintereinanderschaltung. Die reine Parallelschaltung. Fernspannungsregulierung. Berechnung der Leitungen. Konstruktion und Isolation der Leitungen. Verlegung der Leitungen. Hilfsapparate: Ausschalter. Umschalter. Zellenwechsler. Sicherungen. Fassungen für Glühlampen. Vorschaltwiderstände. Regulierwiderstände. Spannungsmesser. Strommesser. Erdschluss-Anzeiger. Blitzschutz-Vorrichtungen. Tourenzähler. Die Messungen. Das Schaltbrett. Zubehörteile. Der Betrieb. Betriebsstörungen: Der normale Betrieb. Wartung der Dynamomaschinen. Wartung der Akkumulatoren. Bedienung des Schaltbrettes. Betriebsstörungen und deren Beseitigung. Störungen an Dynamomaschinen. Störungen an Akkumulatoren. Störungen im Leitungsnetz. Störungen am Schaltbrette. Besondere Verhältnisse der an Centralstationen angeschlossenen Beleuchtungsanlagen: Hausanschlüsse. Elektrizitätszähler. Projekt. Kosten. Projektierung einer Anlage für elektrische Beleuchtung. Über Beleuchtungsstärke, Verteilung und Anbringung der Lampen. Zeichnungen für die Installation. Ausführung der Arbeiten. Kosten der elektrischen Beleuchtung. Durchschnittspreise der einzelnen Teile elektrischer Beleuchtungsanlagen. Beispiele von Kostenberechnungen.

Es sind schon verschiedene Bücher über die Einrichtung elektrischer Beleuchtungs-Anlagen erschienen, das vorliegende Werk unterscheidet sich aber von denselben durch grössere Gründlichkeit und Ausführlichkeit; wemgleich die Darstellung eine durchaus verständliche ist, so ist sie nichtsdestoweniger auch streng wissenschaftlich. Das Werk enthält alle die Informationen, welche der Installateur elektrischer Beleuchtungsanlagen braucht; es kann aber nicht nur Installateuren, sondern auch Besitzern von elektrischen Beleuchtungsanlagen, Architekten und ähnlichen Interessenten auf das Angelegentlichste empfohlen werden.

---

**Heinke, Docent Dr. C.** Die Grundvorstellungen über Elektrizität und deren technische Verwendung In Form eines Gespräches zwischen Laie und Fachmann. gr. 8<sup>o</sup>. 61 Seiten. Mit 19 Abbild.

Brosch. *M* 1.50.

Das Werkchen hat den Zweck, dem Laien von der Elektrotechnik eine leicht fassliche Anleitung zu geben, wie er sich die einfachen elektrischen Vorgänge im wesentlichen vorzustellen hat. Diesen Zweck erfüllt das Buch ganz; denn es ist so klar und deutlich geschrieben, dass sogar derjenige, welcher nur sehr geringe Vorbildung hat, es versteht. Klare Skizzen erläutern noch den Text des Buches und wünschen wir demselben den verdienten Erfolg und weite Verbreitung.

(Hüder's Zeitschrift für Maschinenbetrieb 1895, No. 15.)

---

**Kapp, Ingen. Gisbert.** Elektrische Wechselströme. Autorisierte deutsche Ausgabe von Hermann Kaufmann. 2. Auflage. Mit zahlr. Figuren. 8<sup>o</sup>. 92 Seiten. Brosch. *M* 2.—, geb. *M* 2.75.

Inhalt: I. Einleitung. II. Messung der Spannung, des Stromes und der Energie. III. Bedingung für Maximalleistung. IV. Wechselstrommaschinen. V. Mechanische Konstruktion der Wechselstrom-Dynamos. VI. Beschreibung einiger Wechselstrommaschinen-Typen. VII. Transformatoren. VIII. Wechselstrom-Centralstationen und Verteilung von Wechselströmen. IX. Beispiele ausgeführter Centralstationen. X. Parallelschalten von Wechselstrommaschinen. XI. Wechselstrommotoren. XII. Von selbst angehende Wechselstrommotoren. XIII. Mehrphasenströme.

**Krämer, Ingenieur Jos.** Wirkungsgrade und Kosten elektrischer und mechanischer Kraft-Transmissionen. Soll bei einer Fabrik-Neuanlage mechanische oder elektrische Transmission eingerichtet werden? Ist es empfehlenswert, bestehende Transmissionen durch elektrische zu ersetzen? Welches elektrische System soll angewendet werden? gr. 8<sup>o</sup>. 88 Seit. Mit 56 Abbild., Schemas u. einer Tafel. Brosch. *M* 3.—, geb. *M* 3.50.

Inhalt: Die verschiedenen Arten der Kraftübertragung. Krafttransmission mittels Gestänge, Riemen, Seile, Wasser, Luft, Drahtseil, Elektrizität. Das Berechnen der Arbeitsleistungen und bezügliche Messungen. Einzel-Antrieb. Gruppen-Antrieb. Transportable Elektromotoren. Schaltung der Elektromotoren. Kosten. Betriebskosten. Systeme elektrischer Krafttransmission. Die Anwendung elektrischer Motoren bei verschiedenen Betrieben.

---

**Krämer, Ingenieur Jos.** Konstruktion und Berechnung für 12 verschiedene Typen von Dynamo-Gleichstrom-Maschinen für Maschinen-Ingenieure und Elektrotechniker. Mit 16 Tafeln, wovon 8 in Farbendruck, als Zeichenvorlagen bei Konstruktionsarbeiten, erläutert. Text u. 36 Fig. Quer-Quart-Format.

Kartonn. *M* 10.—.

Verzeichnis der Tafeln: 1. Schemata. 2. Zwölf verschiedene Eisengerüste. 3. Gramme-Ringanker-Maschine, 65 Volt, 75 Ampère. 4. 5. Flachring-Maschine, 65 Volt-12 Ampère (Farbig). 6. Flachring-Maschine, 1000 Volt, 46 Ampère (Farbig). 7. Siemens-Trommel-Maschine, 110 Volt, 200 Ampère (Farbig). 8. Edison-Trommel-Maschine, 125 Volt, 400 Ampère. 9. 10. Lahmeyer-Trommel-Maschine, 65 Volt, 130 Ampère (Farbig). 11. 12. Schuckert-Flachring-Maschine, 720 Volt, 200 Ampère (Farbig), 13. Manchester-(Hopkinson-)Maschine, 110 Volt, 200 Ampère (Farbig). 14. Schorch; Ringanker-Maschine, 5 Volt, 25 Ampère. 15. Schuckert-Flachring-Compound-Maschine, 110 Volt, 363 Ampère. 16. Naglo-Typen: Trommel-Maschine, 110 Volt, 140 Ampère-Innenpol-Maschine, 100 Volt, 590 Ampère.

---

**Krieg, Dr. Martin.** Taschenbuch der Elektrizität. Ein Nachschlagebuch und Ratgeber für Techniker, Monteure, Industrielle und technische Lehranstalten. 4. vermehrte Aufl. kl. 8<sup>o</sup>. 367 Seit. Mit 261 Abbildungen. Geb. *M* 4.—.

I. Teil: I. Die hauptsächlichsten Wirkungen und Gesetze des Magnetismus, der Reibungselektrizität und des Galvanismus. II. Die gebräuchlichsten elektrischen Messinstrumente und ihre Behandlung. 1. Instrumente zum Messen von Widerständen. 2. Instrumente zum Messen von Stromstärken. 3. Instrumente für Spannungs- und Strommessungen.

II. Teil: I. Haus- und Hoteltelegraphie. II. Elektrische Telegraphie. III. Die Telephonie. IV. Herstellung und Prüfung der Blitzableiter. V. Galvanoplastik. VI. Dynamomaschinen. VII. Elektromotoren und ihre Anwendung. VIII. Elektrische Lampen. IX. Transformatoren. X. Akkumulatoren, ihre Verwertung, Behandlung und Kosten. XI. Installation, die Hilfsapparate und der Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen. XII. Motoren für elektrische Beleuchtungsanlagen und die mechan. Hilfsapparate. XIII. Tabellen. XIV. Litteraturverzeichnis. XV. Alphabetisches Sachregister.

**Krüger, E. A. Die Herstellung der elektrischen Glühlampe.**

Nach in den verschiedensten Glühlampen-Fabriken gesammelten praktischen Erfahrungen gemeinverständlich erörtert. Zum praktischen Gebrauch für Fabrikanten, Ingenieure, Techniker, Installateure, Monteure und Konsumenten. gr. 8<sup>o</sup>. 103 Seit Mit 72 Abbildungen und 5 Tafeln. Brosch. *M* 3.—, geb. *M* 3.50.

Inhalt: Konstruktion. Gestalt der Glühlampen, die bekanntesten Kontakte und Fassungen. Die Fabrikation der Glühlampe. Das Lager. Das Eingipsen der Lampen und Anlöten der Kontakte. Das Färben und Ätzen der Glühlampe. Tabellen.

---

**Le Blanc, Professor Dr. Max. Lehrbuch der Elektrochemie.**  
gr. 8<sup>o</sup>. 226 Seiten. Mit 32 Figuren.

Brosch. *M* 4.80, geb. *M* 5.80.

Hauptkapitel-Überschriften: I. Einführung. Grundbegriffe der Elektrizitätslehre. II. Entwicklung der Elektrochemie bis zur Gegenwart. III. Theorie der elektrolytischen Dissociation von Arrhenius. IV. Wanderung der Ionen. V. Leitfähigkeit der Elektrolyte. VI. Elektromotorische Kräfte. Konzentrationsketten. Flüssigkeitsketten. Allgemeine Betrachtungen über Konzentrations- und Flüssigkeitsketten. Thermoketten. Spannungsgesetze. Chemische Ketten. Bestimmung einzelner Potentialunterschiede. Ketten, bei denen die Ionen liefernden Stoffe nicht Elemente sind. Potentialdifferenz zwischen festem und flüssigem Metall. Polarisation. Anhang. Die gebräuchlichen galvanischen Elemente. Die Akkumulatoren.

---

**Luxenberg, Dr. M. Die Bogenlichtschaltungen und Bogenlicht - Gattungen.** 2. vermehrte Aufl. gr. 8<sup>o</sup>. 51 Seiten mit 4 Figuren - Tafeln.

Brosch. *M* 2.50.

Inhalt: Wesen und Geschichte der drei Lampen-Gattungen. Entwicklungsgeschichte der Schaltungen. Die Abhängigkeit der Regulierung von der Konstruktion. Die Abhängigkeit der Regulierung von der Schaltung. Einzelschaltung. Parallelschaltung. Gruppenschaltung. Reihenschaltung.

---

**Neureiter, Ingen. Ferd. Die Verteilung der elektrischen Energie in Beleuchtungsanlagen.** gr. 8<sup>o</sup>. 257 Seit. Mit 94 Figuren.

Brosch. *M* 6.—. In Halbfranzband geb. *M* 7.50.

Grundbegriffe. Die Glühlampe. Die Bogenlampe. Die Akkumulatoren. Die Wechselstrom-Transformatoren. Die Verteilung der elektrischen Energie in Leitungsnetzen. Die Verteilungssysteme für Gleichstrom- und für Ein- und Mehrphasen-Wechselstrombetrieb. Die Vorausberechnung der elektrischen Leitungen nach den technischen Anforderungen, sowie mit Rücksicht auf die Bedingungen der Sicherheit und Ökonomie.

---

**Paul's Tabellen der Elektrotechnik. Zum praktischen Gebrauch für Techniker, Werkmeister, Werkstattarbeiter, Maschinisten, Monteure.** kl. Quer-Format. XIX u 48 Seit. Geb. *M* —.60.

**Peschel, Ing. A.** Hilfsbuch für die Montage elektrischer Leitungen zu Beleuchtungszwecken. Für Elektrotechniker, Monteure und Installateure zur praktischen Anlage und Behandlung des Leitungsmaterials. gr. 8°. VI und 234 Seiten. Mit 321 Abbildungen. Brosch. *M* 5.—, geb. *M* 6.—.

---

**Prasch, Adolf u. Hugo Wietz.** Die elektrotechnischen Masse. Lehrbuch zum Selbststudium. Dargestellt und durch zahlreiche Beispiele und 38 in den Text gedruckte Figuren erläutert. gr. 8°. 153 Seiten. Brosch. *M* 3.—, geb. *M* 3.50.

Inhalt: Die mechanischen Masse. Die magnetischen Masse. Die elektrostatischen Masse. Die elektromagnetischen Masse. Die internationalen Masseinheiten. Anhang: Magnetismus, Elektrizität.

---

**Pfitzner, Hugo.** Die elektrischen Starkströme, ihre Erzeugung und Anwendung. In leicht fasslicher Weise dargestellt. 2. Aufl. gr. 8°. 69 Seiten mit 44 Fig. Brosch. *M* 1.50.

Inhalt: Starkstromerzeuger (Dynamomaschinen). Starkstrom-Leitungen. Elektrische Motoren. Transformatoren. Akkumulatoren. Messinstrumente. Elektrische Beleuchtung. Elektrische Kraftübertragung. Elektrische Strassenbahnen. Galvanoplastik. Galvanostegie und Elektrochemie.

---

**Praktische Anleitung zur Anlage von Blitzableitern.** Mit 26 Abbildungen. Dritte Auflage. 8°. 44 Seiten. Geh. *M* —.60.

Inhalt: Die elektrischen Erscheinungen. Zweck der Blitzableiter. Die Erdleitung. Material, Form und Querschnitt der Zwischenleitung. Anordnung des Blitzableiters. Fangstangen. Ausführung der einzelnen Teile. Prüfung des Blitzableiters.

---

**Rühlmann, Prof. Dr. Richard.** Grundzüge der Elektrotechnik. Eine gemeinfassliche Darstellung der Grundlagen der Starkstrom-Elektrotechnik für Ingenieure, Architekten, Industrielle, Militärs, Techniker und Studierende an technischen Mittelschulen. gr. 8°. 450 Seiten. Mit 226 Abbildungen. Brosch. *M* 12.—, geb. *M* 13.—.

Inhalt: I. Teil. Die elektrotechnisch wichtigen Erscheinungen und deren Messung: Grundbegriffe und Grundgesetze der Elektrizität. Wärmewirkungen des elektrischen Stromes. Chemische Wirkungen des elektrischen Stromes. Magnetische Erscheinungen. Elektromagnetische Erscheinungen. Elektrodynamische Wirkungen der Ströme. Induktionserscheinungen. Absolutes Masssystem. Messung der Stromstärke. Spannungsmessungen. Messung der elektrischen Arbeit und Leistung. Elektrizitätszähler. Widerstandsmessungen. Messung der Lichtstärke. Messung der Stärke von Magnetfeldern. Messung der Induktionskoeffizienten. Messung der mechanischen Leistung.

II. Teil. Die Elektrizitätsquellen: Galvanische Elemente. Schaltungen an dynamoelektrischen Maschinen. Theorie der Gleichstrommaschinen. Berechnung von Gleichstrommaschinen, die als Stromerzeuger dienen. Gleichstrommaschinen als Motoren. Einzelheiten des Baues von Dynamomaschinen. Gleichstrommaschinen mit offenem Anker. Akkumulatoren.

**Rühlmann, Prof. Dr. Richard.** Grundzüge der Wechselstrom-Technik. Eine gemeinfassliche Darstellung der Grundlagen der Elektrotechnik der Wechsel- u. Mehrphasenströme für Ingenieure, Architekten, Industrielle, Militärs, Techniker und Studierende an technischen Mittelschulen. Zugleich Ergänzungsband zu: Grundzüge der Elektrotechnik der Starkströme. gr. 8<sup>o</sup>. 359 Seit. Mit 261 Abbildungen und 1 Tafel.

Brosch. *M* 11.50, geb *M* 13.—

Hauptkapitel-Überschriften: Allgemeine Bemerkungen über den Wechselstrom. Wechselstromkreise mit Widerstand, Selbstinduktion und Kapazität. Besondere Wirkungen der Wechselströme. Allgemeines über Wechselstrommaschinen. Die Einrichtungen einiger gebräuchlicher Wechselstrommaschinen. Wechselstrommaschinen für Mehrphasenströme. Transformatoren. Wechselstrommotoren und Zweiphasenmotoren. Die Drehstrommotoren, Messungen an Wechselströmen und Wechselstromapparaten. Regelung und Verteilung der Wechselströme.

---

**Sack, J.,** Telegr.-Direktor. Elektrotechnisches Wörterbuch. Englisch-Deutsch; Französisch-Deutsch; Deutsch-Englisch-Französisch, mit Zusätzen versehen von Ing. Arthur Wilke. gr. 8<sup>o</sup>. 123 Seiten.

Brosch. *M* 4.50, geb. *M* 5.—

Ueber die Bedürfnisfrage eines solchen Lexikons kann kein Zweifel bestehen, da man die Terminologie auf dem Gebiete der Elektrotechnik vergebens in den derzeit bestehenden allgemeinen Wörterbüchern annähernd vollständig suchen wird. Freilich wird bei der starken Wortbildung, welche in der Elektrotechnik stattfindet, eine periodische Ergänzung des Werkes unentbehrlich werden, indess bleibt der hohe Wert des Werkchens, das ja eine sicher schon für viele recht fühlbare Lücke ausfüllt, dadurch unberührt. Die Zahl der aufgenommenen Ausdrücke beträgt im Mittel für jede Sprache etwa 1400, was für die weitaus meisten Fälle, in denen das Wörterbuch benutzt werden soll, ausreichend ist. Das treffliche Buch kann nur aufs wärmste empfohlen werden.

(*Technische Revue* 1895.)

---

**Schiemann, Ingen. M.** Bau und Betrieb elektrischer Bahnen. Anleitung zu deren Projektierung, Bau und Betriebsführung. Strassenbahnen. gr. 8<sup>o</sup>. 400 Seiten. Mit 364 Abbildungen, 2 photolithographischen Tafeln und 3 Tafeln Diagramme. 2. vermehrte Auflage.

Brosch. *M* 12.—, geb. *M* 13.50.

Inhalt: Allgemeines. Die ersten elektrischen Bahnen und Einteilung der neueren Bahnsysteme. Dampfkessel-Anlagen und -Feuerungen. Dampfmaschinen- und Kühlanlagen. Gasmotoren und Kraftgas-Anlagen. Wind- und Wassermotoren. Stromerzeuger. Schaltanlagen Licht- und Kraftbetriebe. Stationäre Akkumulatoren-Anlagen. Berechnung der Kraftstation. Speiseleitungen und Berechnung der Leitungsquerschnitte. Das oberirdische Stromzuführungssystem Die Schienenleitung. Erdstrom- und Induktionsstörungen sowie elektrolytische Einflüsse auf metallische Erdrohre. Dreileitersystem. Schutzvorrichtungen für Schwachstromleitungen. Das unterirdische Stromzuführungssystem. Wagenmotoren. Das rollende Material. Der Fahrkontakt. Das Gleis. Berechnung der Motorwagen. Stationswiderstand. Fahrpläne. Verhältnis des Energieverbrauchs zu den Betriebskosten. Betriebskosten. Technische Betriebsüberwachung. Technische Betriebsvorschriften. Wagenführer. Wagenhalle. Werkstatt. Einrichtung und Werkzeuge. Baukosten-Aufstellung. Behördliche Bestimmungen. Namen- und Sachregister.

**Schiemann, Ingen. Max.** Elektrische Fernschnellbahnen der Zukunft. Populäre volkswirtschaftliche Eisenbahnskizze. gr. 8<sup>o</sup>. 55 Seiten. Mit 6 Holzschn. und 1 lithograph. Tafel. *M* 1.50.

Inhalt: I. Das heutige System. a) Dampfbetrieb, lange Züge, geringe Zugfolge. b) Umständliches Reise- und Transportverfahren. — II. Das Übergangssystem zum elektrischen Betriebe. a) Personenverkehr. b) Güterverkehr. — III. Der rein elektrische Betrieb. a) Der allgemeine Verkehr und Transport. b) Fahrkarten. c) Ausstattung der Züge. d) Reisegepäck. e) Reiseauskünfte. f) Betriebsleitung und Überwachung sowie Sicherheitsvorrichtungen. g) Schlussbemerkungen.

---

**Schmidt-Ulm, Ingen. Georg.** Die Wirkungsweise, Berechnung und Konstruktion der Gleichstrom-Dynamomaschinen und Motoren. Praktisches Handbuch für Elektrotechniker, Konstrukteure und Studierende an technischen Mittel- und Hochschulen. 272 Seiten. 8<sup>o</sup>. Mit 204 Abbildungen, 33 Tafeln Konstruktionsskizzen und 1 Diagrammtafel.

Brosch. *M* 8.50, gebd. *M* 9.60.

---

**Wietz, Hugo.** Die isolierten Leitungsdrähte und Kabel. Ihre Erzeugung, Verlegung und Unterhaltung. gr. 8<sup>o</sup>. 236 Seiten. Mit 159 Abbildungen.

Brosch. *M* 7.—, geb. *M* 8.20.

Inhalt: Historischer Überblick. Der metallische Leiter. Die Isolierung der Adern. Die Armatur. Die isolierten Leitungsdrähte. Telegraphen-Kabel. Telephon-Kabel. Die Verlegung unterirdischer Kabel. Die Verlegung submariner Kabel. Die elektrischen Erscheinungen. Die elektrischen Messungen.

---

**Wilke, Ingen. Arthur.** Über die gegenseitigen Beeinflussungen der Fernsprechleitungen nach Müller's Theorie. gr. 8<sup>o</sup>. 69 Seiten. Mit 39 Abbildungen.

Brosch. *M* 1.—.

---

**Wilke, Ingen. Arthur.** Der elektrotechnische Beruf. Eine kurzgefasste Darstellung des Bildungsganges und der Aussichten des Elektrotechnikers, des Elektrochemikers und der elektrotechnischen Gewerbetreibenden. Zweite vermehrte Auflage. gr. 8<sup>o</sup>. 133 Seiten.

Brosch. *M* 2.25.

Inhalt: Was ist Elektrotechnik? Was ist ein Elektrotechniker? Was hat der Elektrotechniker zu leisten? Welche Kenntnisse muss der Elektrotechniker haben? Wie wird man Elektrotechniker? Notwendige Nebenkenntnisse. Welche Aussichten hat der Elektrotechniker? Der Elektrochemiker. Der Galvanotechniker. Kleininstallateur. Der elektrotechnische Monteur. Der Kaufmann in der Elektrotechnik. Nachweis über die Anstalten für Ausbildung der Elektrotechniker.



p. 20





Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294496